



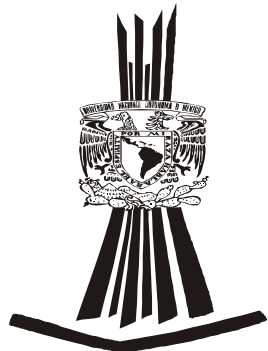
# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
FEZ ARAGON

## “MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PARTES MECÁNICAS DE TROLEBUSES DEL SERVICIO DE TRANSPORTES ELÉCTRICOS”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ÁREA MECÁNICA)  
P R E S E N T A :  
CARRILLO ESCOBAR NERI

ASESOR: DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ



MÉXICO

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS** POR DARME LA VIDA, POR PERMITERME GOSAR DE TANTOS MOMENTOS MARAVILLOSOS Y DARME LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR UNA META MUY IMPORTANTE EN VIDA, PORQUE GRACIAS A ÉL HE LLEGADO A ESTE MOMENTO.

A **MIS PADRES**, POR SUS SACRIFICIOS, POR SUS BUENOS CONSEJOS, POR SU AMOR INCONDICIONAL, POR BRINDARME SIEMPRE TODO EL APOYO, POR ENSEÑARME A SALIR A DELANTE.

A LA **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO** Y EN ESPECIAL A LA **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON** QUE IMPARTE LA **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**, POR HABER COTRIBUIDO DE MANERA IMPORTANTE CON MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

AL **ING. DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ** POR HABERME DIRIGIDO Y ASESORADO EN LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS.

## **GRACIAS**

## **NERI CARRILLO ESCOBAR**

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES **JESÚS CARRILLO SILVA Y MA. NATIVIDAD ESCOBAR DÍAZ** POR DARME EL APOYO PARA FORMARME PROFESIONALMENTE, CON SUS SACRIFICIOS, ESFUERZOS, AMOR, EJEMPLO Y COMPRESIÓN PARA PODER LLEGAR A ESTA META.

A MI HERMANA **SONIA CARRILLO ESCOBAR** POR TODO SU CARIÑO, CONFIANZA, SUS CONSEJOS, APOYO Y POR TODOS ESOS MOMENTOS TAN FELICES QUE HE PASADO A SU LADO.

A MI CUÑADO **JAVIER ORTIGOZA RUFINO** POR HABERME APOYADO EN LOS MOMENTOS QUE LO HE NECESITADO Y NUNCA ME HA FALLADO.

A MI SOBRINO **AZAEEL ORTIGOZA CARRILLO** POR SU ALEGRIA, AMOR Y CARIÑO QUE APORTA A NUESTRA FAMILIA Y HACE QUE EXISTA MÁS UNIÓN ENTRE NOSOTROS.

A MI TÍA **CRISTINA**, A LA **FAM. ESCOBAR HERNÁNDEZ, FAM. RAMÍREZ ESCOBAR, FAM. AYALA ESCOBAR, FAM. CARRILLO HERNÁNDEZ, FAM. ESCOBAR AYALA, FAM. CARRILLO**, POR CONFIAR EN MI Y APOYARME EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES.

A MIS **COMPAÑEROS DE CLASE**, CON QUIEN COMPARTÍ GRANDES EXPERIENCIAS, EN EL SALÓN DE CLASES.

**CON TODO MI AFECTO**

**NERI CARRILLO ESCOBAR**

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	1
Capítulo 1 El Trolebús en la Ciudad de México.....	2
1.1. Breve Historia.....	2
Capítulo 2 Fundamentos del Mantenimiento.....	15
2.1. ¿Qué es el mantenimiento?.....	15
2.2. Definición de Mantenimiento.....	15
2.3. Tipos de Mantenimiento.....	16
Capítulo 3 Mantenimiento preventivo a partes mecánicas de los Trolebuses.....	20
3.1. Mantenimiento preventivo del eje delantero.....	20
3.2. Mantenimiento preventivo de eje tracero y suspensión trasera.....	52
3.3. Inspecciones para mantenimiento preventivo de trolebuses serie 9000.....	104
Conclusiones.....	110
Bibliografía.....	111

## Índice cuadros

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Remaches.....	87
Cuadro 2. Torsión para tuercas.....	90
Cuadro 3. Tuercas de birlos o tornillos de tapa de balero de diferencial (ejes de modelo reciente sin arandelas endurecidas).....	91
Cuadro 4. Tuercas de birlo o tornillo de tapa de balero de diferencial.....	91
Cuadro 5. Especificaciones de torsión.....	91
Cuadro 6. Especificaciones generales.....	94
Cuadro 7. Especificaciones Generales.....	102
Cuadro 8. Periodos de lubricación del eje trasero.....	103
Cuadro 9. Lubricante.....	103

# Índice figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1.	Eje delantero modelo FL 941.....20
Figura 2.	Juego Vertical.....22
Figura 3.	Verificación del Juego Vertical.....22
Figura 4.	Juego axial buje superior.....23
Figura 5.	Juego axial buje inferior.....24
Figura 6.	Revisión de juego en rotulas.....24
Figura 7.	Eje Delantero.....26
Figura 8.	Barra de Mando.....27
Figura 9.	Brazo de Dirección.....27
Figura 10.	Desmontaje de Rotulas y Barra Transversal.....28
Figura 11.	Marcas en la Barra Transversal y Rotulas.....28
Figura 12.	Sujeción de doble tuerca y arandela de seguridad.....29
Figura 13.	Tapa del perno maestro.....30
Figura 14.	Extracción de la cuña.....30
Figura 15.	Extracción del perno maestro.....31
Figura 16.	Quitando el muñón direccional.....31
Figura 17.	Colocación correcta del reten.....32
Figura 18.	Extracción de Bujes.....32
Figura 19.	Ubicación de los bujes.....33
Figura 20.	Medición de los barrenos del Muñón.....36
Figura 21.	Medición de bujes.....36
Figura 22.	Medición de los barrenos de la viga.....37
Figura 23.	Rodillos cojinete.....37
Figura 24.	Inspección del balero.....38
Figura 25.	Marcas en pista y en rodillo.....38
Figura 26.	Ranura en taza y pista del cono.....38
Figura 27.	Marcas brillosas en la jaula.....39
Figura 28.	Colocación del buje superior.....39
Figura 29.	Instalación del buje.....40
Figura 30.	Instalación correcta de bujes.....40
Figura 31.	Rimado del buje superior.....41
Figura 32.	Rimado del buje inferior.....41
Figura 33.	Colocación correcta del reten.....42
Figura 34.	Instalación del reten.....42
Figura 35.	Reten de buje de fácil dirección.....43
Figura 36.	Tipos de retenes.....44
Figura 37.	Colocación del rodamiento y reten.....44
Figura 38.	Colocación de laines.....45
Figura 39.	Instalación del perno.....45
Figura 40.	Instalación de las cuñas.....46
Figura 41.	Acomodamiento de piezas.....46
Figura 42.	Colocación del micrómetro.....47

Figura 43.	Medición del juego método I.....	47
Figura 44.	Medición del juego método II.....	48
Figura 45.	Apriete de la cuña.....	48
Figura 46.	Colocación de la tapa.....	49
Figura 47.	Instalación del brazo barra.....	49
Figura 48.	Marcas de aliniamiento.....	50
Figura 49.	Ubicación del brazo direccional.....	51
Figura 50.	Ubicación de la barra de mando.....	51
Figura 51.	Ángulo de giro radial o ángulo ackerman.....	53
Figura 52.	Inclinación del perno maestro.....	54
Figura 53.	Ángulo camber.....	54
Figura 54.	Ángulo caster.....	55
Figura 55.	Ajuste de ángulo caster.....	55
Figura 56.	Colocación de los punteros.....	56
Figura 57.	Obtención de medida de convergencia.....	57
Figura 58.	Lubricación de pernos maestros.....	58
Figura 59.	Lubricación de rotulas.....	58
Figura 60.	Lubricación de rodamientos.....	59
Figura 61.	Eje trasero con unidad de mando de doble reducción.....	60
Figura 62.	Zonas para torretas de seguridad.....	62
Figura 63.	Sacando las guías cónicas.....	63
Figura 64.	Desconectando la flecha cardan.....	63
Figura 65.	Unidad de mando de doble reducción.....	65
Figura 66.	Vista explotada de la unidad de mando.....	66
Figura 67.	Soporte para carrier.....	67
Figura 68.	Marca de identificación.....	68
Figura 69.	Sacando el conjunto diferencial.....	68
Figura 70.	Tipo 1, Unión por medio de tornillos largos y cortos.....	69
Figura 71.	Marcas de identificación.....	69
Figura 72.	Tipo 2, Unión por medio de tornillos cortos y remaches.....	70
Figura 73.	Extracción de remaches.....	70
Figura 74.	Agujeros de la caja abocardados.....	71
Figura 75.	Afrojando la jaula del piñón.....	71
Figura 76.	Sujetador de yugos.....	72
Figura 77.	Extracción del eje del piñón.....	72
Figura 78.	Palanqueando el cojunto.....	73
Figura 79.	Sacando la flecha transversal.....	73
Figura 80.	Extracción de la flecha.....	74
Figura 81.	Ensamble de la flecha transversal.....	76
Figura 82.	Instalación de balero de la flecha transversal.....	77
Figura 83.	Instalación del balero.....	77
Figura 84.	Medición de precarga de baleros.....	78
Figura 85.	Ensamble del piñón y jaula de baleros.....	78
Figura 86.	Instalación del balero trasero del piñón.....	79
Figura 87.	Midiendo precarga de baleros.....	79
Figura 88.	Alineación de agujeros para aceite.....	80
Figura 89.	Apretando la tuerca del piñón.....	80



Figura 90.	Sección del diente gastada.....	81
Figura 91.	Uso del micrómetro para medir juego entre dientes.....	81
Figura 92.	Aplicación de azul de prusia o equivalente.....	82
Figura 93.	Engranés con carga (impulso) .....	83
Figura 94.	Engranés sin carga (inercia) .....	83
Figura 95.	Contacto alto.....	84
Figura 96.	Contacto bajo.....	84
Figura 97.	Conjunto diferencial y corona.....	85
Figura 98.	Componentes del diferencial.....	85
Figura 99.	Corona y diferencial armados.....	86
Figura 100.	Ajuste de tazas en carrier.....	87
Figura 101.	Ensamble de tuercas de ajuste y tapas.....	88
Figura 102.	Medición de juego longitudinal.....	88
Figura 103.	Partes del eje trasero.....	92
Figura 104.	Movimiento en la flecha cardan.....	94
Figura 105.	Vibración transversal.....	95
Figura 106.	Vibración torsional.....	96
Figura 107.	Lecturas de variación radial.....	97
Figura 108.	Purga de los sellos.....	98
Figura 109.	Movimiento de la flecha para purgar.....	98
Figura 110.	Afrojando la taza para purgar.....	99
Figura 111.	Aplicación de grasa.....	99
Figura 112.	Tapando el orificio de alivio.....	100
Figura 113.	Alineamiento de yugos.....	101
Figura 114.	Ángulos de funcionamiento.....	101
Figura 115.	Tapones y respiradero del diferencial.....	103
Figura 116.	Ubicación de graseras.....	104

# Índice de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Primer corrida, saliendo del depósito de indianillas.....	2
Gráfico 2. Wester en operación comercial, CA. 1951.....	3
Gráfico 3. Trolebús Alfa Romeo, CA. 1952.....	3
Gráfico 4. Trolebús Casaro, CA. 1952.....	3
Gráfico 5. Trolebús Marmon Herrington 1958.....	4
Gráfico 6. Trolebús Brill Canadiense.....	4
Gráfico 7. Trolebús Pullman Standard.....	4
Gráfico 8. Trolebús Saint Louis.....	5
Gráfico 9. Trolebús Brill Americano (Conocido como chemisse) .....	5
Gráfico 10. Trolebús Brill Americano.....	6
Gráfico 11. Trolebús Marmon Herrington (Denominados equipajeros) .....	6
Gráfico 12. Trolebús Marmon Herrington.....	6
Gráfico 13. Trolebús Brill Canadiense.....	7
Gráfico 14. Trolebús New Flyer.....	7
Gráfico 15. Trolebús Marmon Herrington (Reconstruido) .....	7
Gráfico 16. Derecha Trolebús 6079, a La Izquierda Trolebús 4241.....	8
Gráfico 17. Trolebús Masa-Somex.....	8
Gráfico 18. Trolebús Articulado.....	8
Gráfico 19. Trolebús Masa Kiepe 7023.....	9
Gráfico 20. Trolebús Prototipo 4206.....	9
Gráfico 21. Trolebús New Flyer 3244.....	10
Gráfico 22. Trolebús Masa-Mitsubishi 9852.....	10
Gráfico 23. Trolebús de la Serie 3200.....	11
Gráfico 24. Trolebús de la Serie 4200.....	11
Gráfico 25. Trolebús de la Serie 4300.....	11
Gráfico 26. Trolebús de la Serie 4400.....	12
Gráfico 27. Trolebús de la Serie 4700.....	12
Gráfico 28. Trolebús de la Serie 5500.....	12
Gráfico 29. Trolebús de la Serie 5700.....	13
Gráfico 30. Trolebús de la Serie 7000.....	13
Gráfico 31. Trolebús de la Serie 9700.....	13
Gráfico 32. Trolebús de la Serie 9800.....	13

# Introducción

En la actualidad, el mantenimiento representa una preocupación constante para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los trolebuses del transporte eléctrico de la Cd. de México, y evitar en gran medida dejar fuera de servicio las unidades que cubren las diferentes rutas, a un bajo costo y de alta protección al medio ambiente.

Considerando que las ventajas tan amplias que nos proporciona el mantenimiento preventivo en dichas unidades y que no se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente para llevarlo a cabo, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

Por lo antes expuesto, en este documento se plasmarán las ideas centrales sobre el **Mantenimiento Preventivo en Partes Mecánicas de Trolebuses del Servicio de Transportes Eléctricos**, contemplado en tres capítulos básicos, cuya estructura es la siguiente.

En el primer capítulo se presenta una breve historia del trolebús en la Ciudad de México, con las características de los vehículos que se han ido renovando a través del tiempo, por lo que esto ha beneficiado en una mejoría en su operación y mayor comodidad para el usuario.

En el segundo capítulo se establecen las bases generales del mantenimiento tanto preventivo como correctivo y su clasificación, así como una breve descripción de los mismos.

Finalmente, en el capítulo tercero, se aborda ampliamente la forma de desarrollar el Mantenimiento Preventivo en Partes Mecánicas de Trolebuses del Servicio de Transportes Eléctricos, en particular de los ejes delantero y trasero, así como la suspensión trasera.

Espero que el presente trabajo sea de utilidad para aquellas personas interesadas en el mantenimiento mecánico.

# CAPÍTULO I

## EL TROLEBÚS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

### 1.1. Breve Historia

Una vez creado el servicio de transportes eléctricos se iniciaron los planes para reestructurar y renovar el servicio. La gran mayoría del material rodante había rebasado su vida útil y era necesario reemplazarlo. Las necesidades de una urbe en constante crecimiento como la ciudad de México exigían que los nuevos carros cubrieran los niveles óptimos de capacidad, velocidad, economía de mantenimiento, servicio rápido y eficiencia.

Un primer esfuerzo para poner a tono el nivel de transportes de tracción eléctrica fue la adquisición de un nuevo tipo de tranvía denominado PCC, construido en los Estados Unidos. El vehículo ofrecía un diseño moderno y aerodinámico, adaptado para el servicio urbano de transporte eléctrico para pasajeros.

Contaba con un sistema de puertas automáticas, podría llevar hasta 100 personas y era notablemente más cómodo y silencioso que los tranvías convencionales. El tranvía PCC dio servicio hasta la década de los ochenta y fue el antecedente inmediato del tren ligero.

Sin embargo, la base de la renovación del STE, y que constituiría el símbolo característico de esta institución, fue el trolebús. Las primeras veinte unidades con las que contó la ciudad de México fueron del modelo Westram, compradas en 1945 a una empresa de Nueva York y armadas en los talleres de indianillas durante 1946.

Para las primeras pruebas se levantó un circuito experimental entre la calle de Villalongin y Sullivan. Sin embargo, fue hasta el viernes 9 de marzo de 1951 cuando se inauguró el servicio formal en la línea Tacaba-Calzada de Tlalpan.



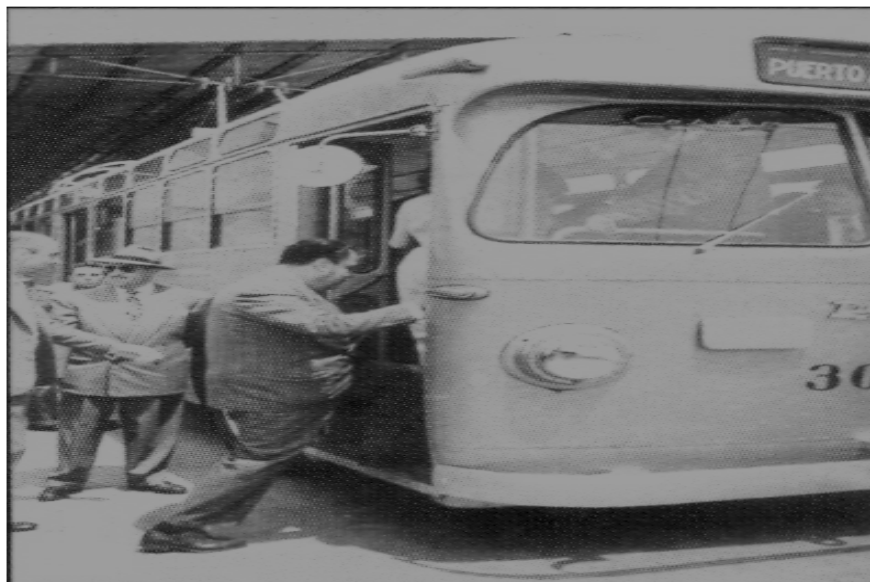
**Gráfico 1. Primer corrida, saliendo del depósito de indianillas**



**Gráfico 2. Wester en operación comercial, CA. 1951.**



**Gráfico 3. Trolebús Alfa Romeo, CA. 1952**



**Gráfico 4. Trolebús Casaro, CA. 1952**



**Gráfico 5. Trolebús Marmon Herrington 1958**

En poco tiempo, el trolebús demostró sus múltiples ventajas: mayor libertad de movimiento, ya que prescindía de las vías férreas; sus neumáticos lo hacían un vehículo silencioso, rápido y confiable. Durante los años 50's y 60's se adquirieron diversos tipos de trolebuses. De Italia se compraron trolebuses Alfa Romeo y Casaro; de Estados Unidos, Marmon Herrington, Brill americano, Pullman Standard y Saint Louis; de Canadá, Brill Canadienses.



**Gráfico 6. Trolebús Brill Canadiense**



**Gráfico 7. Trolebús Pullman Standard**

En 1965 el Servicio de Transportes Eléctricos del D.F. contaba con un parque vehicular de 173 trolebuses y 170 km. de línea elevada.



**Gráfico 8. Trolebús Saint Louis**



**Gráfico 9. Trolebús Brill Americano  
(Conocido como chemisse)**

Para el año de 1970 el organismo tiene un parque vehicular de 577 trolebuses, de las cuales solo 230 unidades prestaban el servicio. A principio de 1971, fue necesario realizar un programa de rehabilitación y mantenimiento de 550 trolebuses. Para diciembre de 1972: se pusieron en operación 311 unidades restauradas, cifra que ascendió para fines del año siguiente a 505 unidades.

En 1974 se rehabilitaron 45 trolebuses más, concluyéndose así el plan funcional de 550 unidades y consolidarse una nueva imagen del transporte urbano para beneficio de miles de usuarios en nuestra ciudad.



**Gráfico 10. Trolebús Brill Americano**



**Gráfico 11. Trolebús Marmon Herrington  
(Denominados equipajeros)**



**Gráfico 12. Trolebús Marmon Herrington**





**Gráfico 13. Trolebús Brill Canadiense**



**Gráfico 14. Trolebús New Flyer**

En los años 80's, se pusieron en servicio en el Eje Vial Lázaro Cárdenas, los 10 primeros trolebuses nuevos fabricados en México por Mexicana de Autobuses, S.A. (MASA) y es altamente satisfactorio para nosotros poderles informar, que están operando con toda eficiencia y seguridad, y que las pequeñas fallas técnicas de esta nueva experiencia, están siendo corregidas sobre la marcha y con prontitud por nuestro equipo de técnicos, apoyados por los técnicos de Mexicana de Autobuses, S.A. y por técnicos japoneses que intervienen en el programa. El 10 de abril del año 1980, constituye ya una fecha histórica en el derrotero de Transportes Eléctricos y de la industria mexicana.



**Gráfico 15. Trolebús Marmon Herrington  
(Reconstruido)**

Durante 1980 se recibieron 100 trolebuses nuevos MASA-Somex. Para ese año se tenía un total de 758 unidades.



**Gráfico 16. Derecha Trolebús 6079,  
a La Izquierda Trolebús 4241**



**Gráfico 17. Trolebús Masa-Somex**

En el periodo de 1980 a 1985 se fabricaron aproximadamente 420 trolebuses MASA-Somex.



**Gráfico 18. Trolebús Articulado**

El 4 de marzo de 1980, se iniciaron los trabajos de restauración de las carrocerías e interiores, así como los componentes mecánicos y eléctricos de 241 trolebuses que faltaban restaurar, en ese momento la imagen cambió a trolebuses de color blanco.

En 1985 se acoplaron dos unidades MASA-Somex, después de la evolución del prototipo, el STE aprueba la conversión de 67 unidades: conocidas como trolebuses articulados.

Para el año de 1986, el STE contaba con un parque vehicular de 1,045 trolebuses, de los cuales 700 estaban en condiciones de operar y 345 detenidos por falta de refacciones.

Al principio de los 90's fue necesario hacer una rehabilitación del parque vehicular adquirido en años anteriores.



**Gráfico 19. Trolebús Masa Kiepe 7023**

En 1991 se pusieron en servicio, en los tres Ejes Viales más importantes de la Ciudad de México, 80 unidades: 50 Marmon Harrington y 30 nuevos trolebuses con equipo Kiepe.

La STE EN 1996 adquirió un equipo de tracción con tecnología de punta (inversor de corriente alterna VVVF) "sirve para controlar la velocidad", instalado en una carrocería nueva: trolebús 4206.



**Gráfico 20. Trolebús Prototipo 4206**

Para el mes de marzo de 1997, se pusieron en operación 5 trolebuses New Flyer serie 3200, adaptados para prestar servicio especial a personas con alguna discapacidad y de la tercera edad.



**Gráfico 21. Trolebús New Flyer 3244**

Llegaron a STE, en el año de 1997, los primeros 50 trolebuses de la serie 9700, entrando en operación en el mes de febrero de 1998. Estas unidades cuentan con equipo de tracción de corriente alterna VVVF, utilizando modelos inteligentes IPM s; únicos en su tipo.

Fue en el mes de diciembre, también de 1998, cuando se pusieron en servicio otros 75 nuevos trolebuses.

Los últimos 75 trolebuses de la serie 9800, comenzaron a opera en el mes de octubre de 1999.

Estos nuevos trolebuses, con avances tecnológicos y diseños vanguardistas tienen un alto grado de confort y seguridad para el usuario, fueron fabricados conjuntamente por la empresa japonesa Mitsubishi Electric Co., fabricante del sistema tracción frenado y Mexicana de Autobuses, S.A., fabricó la carrocería.



**Gráfico 22. Trolebús Masa-Mitsubishi 9852**

En el 2001 el parque vehicular del STE era de 489 trolebuses: 5 Marmon Herrington, serie 5500 y 5700; 9 New Flyer, serie 3200; 53 MASA-Toshiba, serie 4300 y 4400; 45 MASA-Mitsubishi, serie 4700; 30 MASA- Kiepe, serie 7000 y 200 MASA- Mitsubishi, serie 9700 y 9800.



**Gráfico 23. Trolebús de la Serie 3200**



**Gráfico 24. Trolebús de la Serie 4200**



**Gráfico 25. Trolebús de la Serie 4300**



**Gráfico 26. Trolebús de la Serie 4400**



**Gráfico 27. Trolebús de la Serie 4700**



**Gráfico 28. Trolebús de la Serie 5500**

La red de trolebuses esta integrada por 16 líneas con una longitud de operación de 399.75 Km; beneficiando a la población de mas de 380 colonias de 9 delegaciones del distrito federal.

La flota vehicular programada en la red es de 340 trolebuses, los cuales operan a un intervalo de paso promedio de 5 minutos, lo que permite transportar diariamente un volumen superior a los 250 mil usuarios.



**Gráfico 29. Trolebús de la Serie 5700**



**Gráfico 30. Trolebús de la Serie 7000**



**Gráfico 31. Trolebús de la Serie 9700**



**Gráfico 32. Trolebús de la Serie 9800**

El Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal a través de sus 50 años ininterrumpidos de operar trolebuses, se ha preocupado día con día en brindar un servicio eficiente y de calidad, para lo cual ha mejorado sus unidades, ya sea rehabilitando las que como resultado del uso intensivo así lo requerían, o mediante la adquisición de nuevos trolebuses tecnológicos; siempre pensando en el beneficio social.

Podemos estar orgullosos de continuar operando este noble y bondadoso modo de transporte, con el cual contribuimos a bajar los altos índices de contaminación que afectan a nuestra ciudad. Además, el trolebús a lo largo de su historia, ha conquistado la preferencia del público usuario: transportando más de 250,000 pasajeros diariamente.



# CAPÍTULO II

## FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

### 2.1. ¿Qué es el mantenimiento?

#### Historia

A finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX durante la revolución industrial, con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación, el inicio de los conceptos de competitividad de costos, planteó en las grandes empresas, las primeras preocupaciones hacia las fallas o paro que se producían en la producción. Hacia los años 20 ya aparecen las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación.

#### Ventajas

Si el equipo está preparado, la intervención en la falla es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.

Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

#### Desventajas

Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.

Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que, produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación; por lo tanto, será muy difícil romper con esta inercia.

### 2.2. Definición de Mantenimiento

El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia.

Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar la empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.

Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó la empresa a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir

continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.

Sin embargo, sabemos que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se une la filosofía de calidad total, y todas las tendencias que trajo consigo, que no solo evidencian, sino que requiere la integración del compromiso y esfuerzo de todas sus unidades. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento. Ahora bien, ¿cuál es la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa? Por estudios comprobados se sabe que incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto o servicio.
- Seguridad e higiene industrial, y muy ligado a esto.
- Calidad de vida de los colaboradores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

### **2.3. Tipos de Mantenimiento**

Existen muchos tipos de mantenimiento, pero considero que los más importantes son los que a continuación se describen.

#### **Mantenimiento para Usuario**

En este tipo de mantenimiento se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento a los propios operarios de máquinas.

Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta dónde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

#### **Mantenimiento Correctivo**

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido la falla y el paro súbito de la máquina o instalación; es decir, es la eliminación de las fallas a medida que éstas se presentan o se hacen inminentes. Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos contemplar dos tipos de enfoques:

- **Mantenimiento Paliativo o de Campo (de arreglo).** Éste se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.
- **Mantenimiento Curativo (de reparación).** Éste se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla.

Suelen tener un almacén de recambio, sin control, de algunas cosas hay demasiado y de otras quizás de más influencia no hay piezas, por lo tanto, es caro y con un alto riesgo de falla.

Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar, rebajar costos.

En general, se realizan las tareas de mantenimiento correctivo cuando es evidente que se requieren, sin que haya existido un sistema que permitiera detectar la conveniencia de dar un mantenimiento a un en condiciones de funcionamiento adecuado, obteniendo con ello

ventajas conexas, como pudiera ser un mejor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles, manejo óptimo de inventarios, programación de actividades u otras resultantes de una buena administración.

**Organización del servicio:** Su implantación es fácil y barata, ya que no se requiere de análisis, estudios ni trabajos previos. Es decir, no se actúa sino hasta que se presenta la falla. En el desarrollo del mantenimiento correctivo no se tiene más que una simple organización dependiente de un líder, el cual funciona como jefe de mantenimiento y es auxiliado por trabajadores con especialidades definidas por las características de la empresa.

Actividades:

Las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son fundamentalmente la reparación y el reemplazo.

**Formatos de control:** Básicamente se requieren de los siguientes formatos: orden de trabajo y bitácora.

**Ventajas:** Su fácil y económica aplicación, ya que se hace hasta que se presenta la falla.

**Desventajas:** Es que al buscar en el mantenimiento respuestas oportunas, eficientes y económicas, no se tiene el respaldo para su aplicación (baja fiabilidad).

### **Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

**Objetivos:** A través de la aplicación de un mantenimiento preventivo se pretende optimizar los recursos destinados al mantenimiento, mediante una carga de trabajo uniforme, mayor fiabilidad mejor aprovechamiento de los bienes al obtener una mayor disponibilidad y más larga vida.

**Filosofía de aplicación:** La filosofía del mantenimiento preventivo es procurar que no se presenten fallas; como su nombre lo indica, las prevé y busca eliminarlas en el momento oportuno. En el caso del mantenimiento preventivo, se hace todo lo conveniente para que los bienes operen adecuadamente, operando las tareas conforme a una administración determinada.

**Tipos:** En el mantenimiento preventivo existen diferentes formas de llevarlo a cabo como pueden ser:

- **Mantenimiento Programado o Sistemático (MS):** Esta forma de mantenimiento fue el punto de partida del mantenimiento preventivo, organizando las tareas en tiempos predeterminados, calculados con base en la información estadística de la vida de los bienes, así como en la operación prevista para ellos.
- **Mantenimiento Planeado:** Es el que establece las tareas por ejecutar dentro de un horizonte de planeación definido por el tipo de bienes y su importancia relativa. Si se cumple la operación de los bienes en cuanto al tiempo y calidad, y no se presentan

desviaciones importantes en estos parámetros, se tiene un mantenimiento planeado muy próximo a las expectativas.

- **Mantenimiento Controlado:** En este deberá vigilarse que las tareas planeadas se cumplan y que las desviaciones se originen durante la operación real del bien, en cuanto al tiempo y calidad, así como por falta de precisión en los planes, sean ajustadas para su mejor aplicación. La dinamicidad en el mantenimiento es necesaria, ya que al programar las tareas se toman como referencia la información general de fabricantes y proveedores, así como la experiencia mantenimiento o análisis de ingeniería.
- **Mantenimiento de Mejora (MM):** En este se desarrolla la ingeniería necesaria para reducir el mantenimiento requerido, modificando el diseño original; frecuentemente se emplea la "ingeniería inversa" para realizar el MM, esto es, a partir del estudio y análisis del elemento (operación, material, dimensiones, fabricación) se deduce su ingeniería básica.
- **Mantenimiento Creativo o Inventivo (MI):** En este mantenimiento se determinan las bases para la inventiva, creatividad e investigación. Se trasciende más allá de la modificación del diseño original. La tarea de modificación es prácticamente la forma de mantenimiento preventivo creativo o de mejora, que se ha efectuado desde los árboles de la humanidad y el que le ha permitido evolucionar.
- **Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)-** Es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema Japonés de mantenimiento industrial, la letra M representa acciones de MANAGEMENT y Mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra "Productivo" o "Productividad" de equipos pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "Perfeccionamiento", la letra T de la palabra "Total" se interpreta como "Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa". Este mantenimiento es conocido mundialmente, y esta dirigido al desarrollo del mantenimiento a través de la participación activa del operador.
- **Mantenimiento Predictivo.-** Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ésta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. Es la detección de las posibles fallas y su corrección antes de que éstas se presenten, o bien, en su fase inicial. La detección de las fallas se obtiene a partir de la tarea de inspección y/o gracias a la estadística (análisis y estudio de información). Es la determinación del desarrollo de las diferentes tareas de mantenimiento previas a la falla, con base en el empleo de sensores que reemplazan los sentidos del hombre. Así se tienen ojos electrónicos, termómetros, acelerómetros, cromatógrafos, palpadores y otros. El reemplazo efectuado oportunamente puede ser hecho como medida preventiva.
- **Mantenimiento Total (MT):** Es el desarrollo del mantenimiento a través de todo el personal de la empresa y la mejora de bienes como consecuencia de su aplicación.

Se le ha denominado así por simplicidad y por tener su fundamento en la participación de todos, al igual que en la calidad total.

- **Mantenimiento Rutinario (MR):** Es el conjunto de tareas repetitivas de servicio dentro del mantenimiento aplicadas a un bien. Generalmente este mantenimiento es efectuado por el personal de operación y/o producción.

## CAPÍTULO III

# MANTENIMIENTO PREVENTIVO A PARTES MECÁNICAS DE LOS TROLEBUSES

### 3.1. Mantenimiento preventivo del eje delantero

#### Generalidades

El eje delantero es del tipo de viga "I", para trabajo pesado. La selección central está construida de acero templado sin costura con acero forjado en los extremos para los pernos de las rotulas direccionales.

Los rótulos direccionales (muñones) están ajustados al eje por medio de bujes de bronce y pernos de acero sellados con tapas, tanto en su parte superior como en su parte inferior. Así mismo se instala una gracera en cada tapa para facilitar la lubricación del conjunto.

La barra transversal es recta con una rotula en cada extremo. Estos conjuntos son roscados opuestamente uno del otro para facilitar el ajuste de la convergencia y el centrado de la dirección.

El eje cuenta con frenos de la serie FQ 16.5" X6" en los cuales la araña se ajusta al muñón direccional por medio de guías y tornillos. Figura 1.

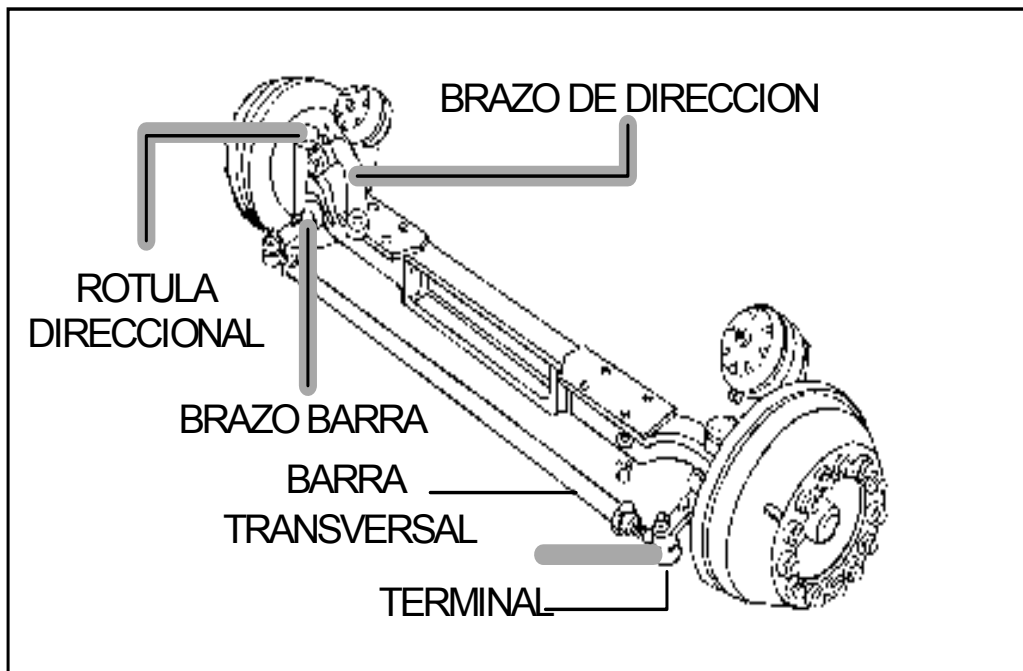


Figura 1. Eje delantero modelo FL 941

#### Brazo Barra

El brazo barra derecho es similar al brazo barra izquierdo y convierte la fuerza terminal de la barra de mando en movimiento giratorio para hacer girar las rotulas direccionales,

ruedas y llantas, alrededor del perno maestro. El ensamble rotula direccional, perno maestro derecho es similar al izquierdo, excepto que no tiene un brazo de dirección agregado.

### **Brazo de Dirección**

Este brazo es usualmente de hierro forjado, convierte la fuerza de la barra de mando en movimiento giratorio por medio del perno maestro izquierdo a través del muñón.

### **Rotula Dirección (Muñón)**

Estas piezas se evalúan de acuerdo a la capacidad del eje, todos los modelos usan pernos rectos. Los tipos de bujes usados son tres:

- Bujes de muñón de nylon.
- Bujes de bronce.
- Bujes de fácil dirección.

La inspección se realiza a los primeros 10,000 Km. (6,250 millas); después cada 60,000 Km. (37,500 millas). Además se debe realizar lo siguiente:

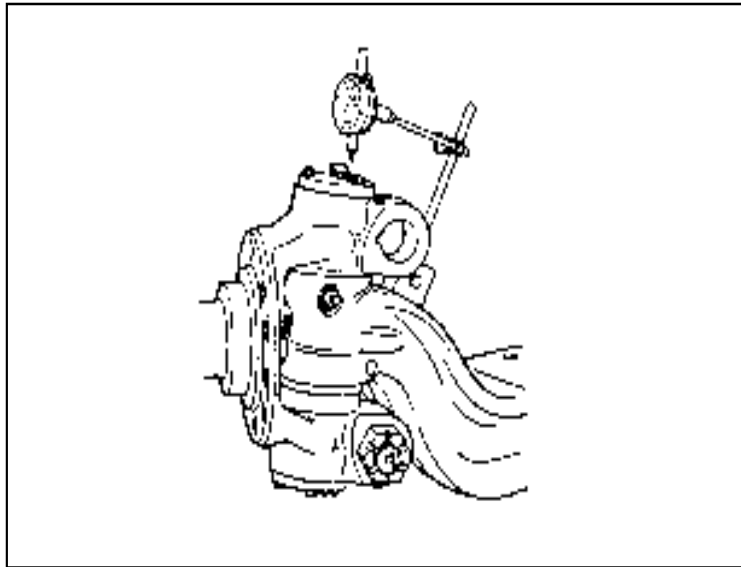
- Asegurarse que todos los tornillos y tuercas estén apretados a la torsión especificada. Usar un torquímetro adecuado para verificar el apriete. Tan pronto como los tornillos y tuercas empiecen a girar, tome nota del apriete y corrija si es necesario. Reponga cualquier tornillo dañado o desgastado.
- Inspeccionar las partes del eje por desgaste o daños. Buscar cuarteaduras, rupturas o dobleces. Reponga todas las partes con estas fallas.
- Asegurarse de que no exista juego excesivo en los puntos de giro y de que estén bien lubricados.
- Asegurarse de que todas las piezas giren y se muevan libremente en todo el radio de giro.
- Inspeccionar las llantas por patrones de desgaste que indique daños o mala alineación en el eje.

No se debe realizar la reparación o rehabilitación de los componentes principales del eje frontal. DIRONA (empresa presa que fabrica piezas para camiones) recomienda reponer los componentes dañados o fuera de especificaciones. Todos los componentes principales son tratados a altas temperaturas y templados. Los componentes no pueden doblarse, soldarse, calentarse o repararse de ninguna forma sin que se reduzca la fuerza o vida de los componentes, invalidando, además, la garantía. Podría ocurrir un accidente vehicular y causar daños personales.

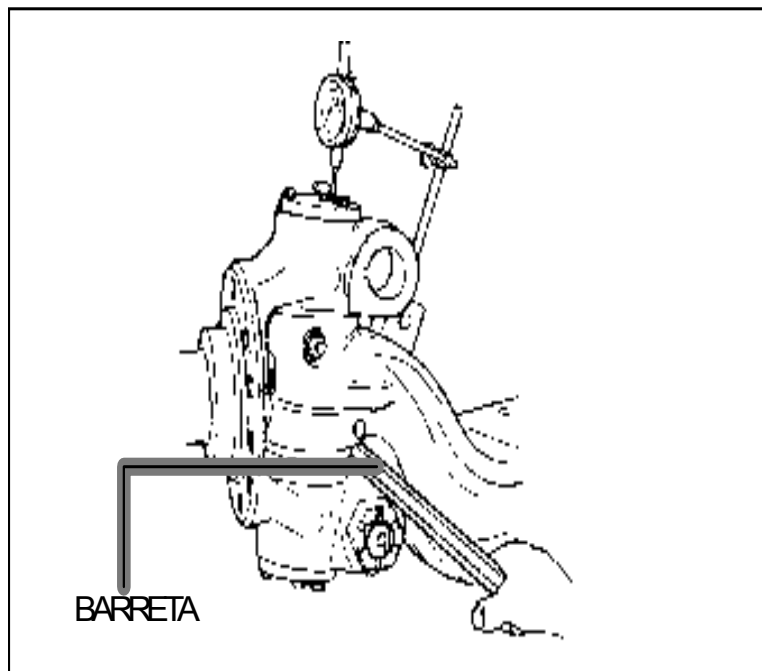
La verificación del juego vertical de la rotula direccional se debe realizar de la siguiente manera:

1. Poner calzas en frente y detrás de las ruedas traseras para evitar que el vehículo se mueva. No debe trabajarse debajo de un vehículo sostenido solamente por gatos, pueden resbalar o caerse y causar serios daños.
2. Usar un gato para elevar el vehículo hasta que las llantas delanteras se separen del piso. Apoyar el eje frontal en torretas de seguridad.
3. Instalar un micrómetro de carátula de tal forma que la base quede sobre la "I" de la viga y que la punta de contacto quede sobre la tapa superior de la rotula. Figura 2.

4. Ponga una barreta entre el hombro para el brazo barra y la viga. Empuje el muñón hacia abajo, hasta el final de la carrera vertical. Figura 3
5. Ajustar el micrómetro a "cero" (0).
6. Usar la barra para empujar el muñón hacia arriba. Tome nota de la lectura del micrómetro.



**Figura 2. Juego Vertical**



**Figura 3. Verificación del Juego Vertical**

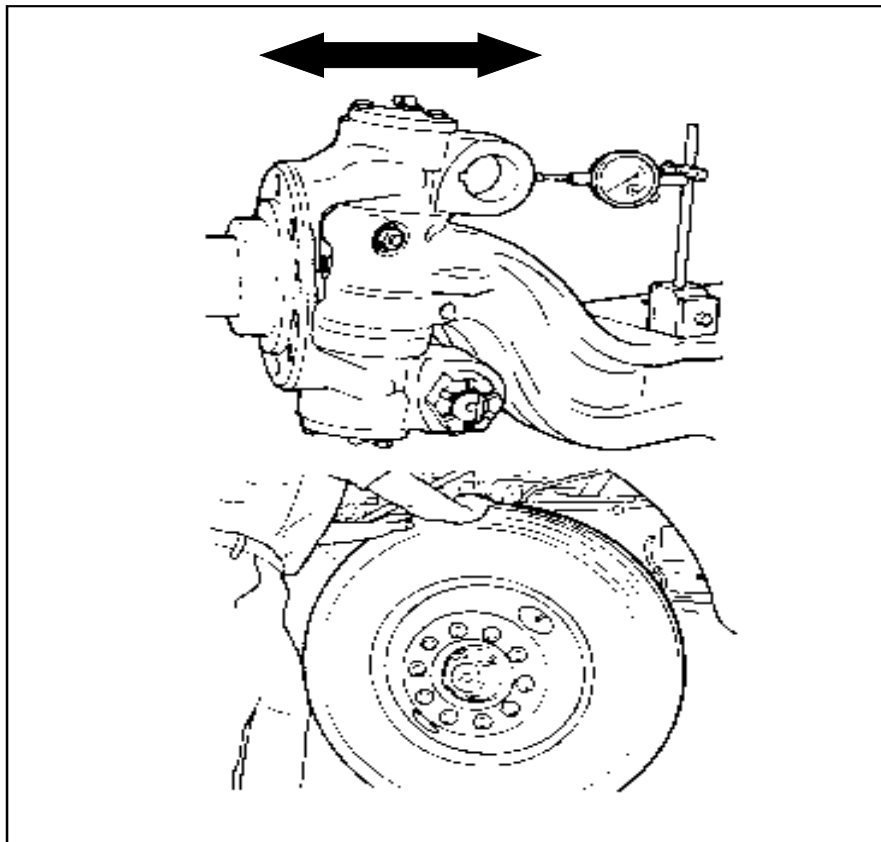
Para ejes nuevos o reconstruidos la lectura es de 0.025-0.635 mm. (0.001"-0.025") y de 0.025-1.650 mm. (0.001"-0.065") para ejes en servicio.



Si la lectura es de (0), quite el muñón y retire las lanas; si es mayor, agregué lanas al conjunto.

Para realizar la revisión de desgaste de los bujes del muñón, se deben llevar a cabo el siguiente procedimiento:

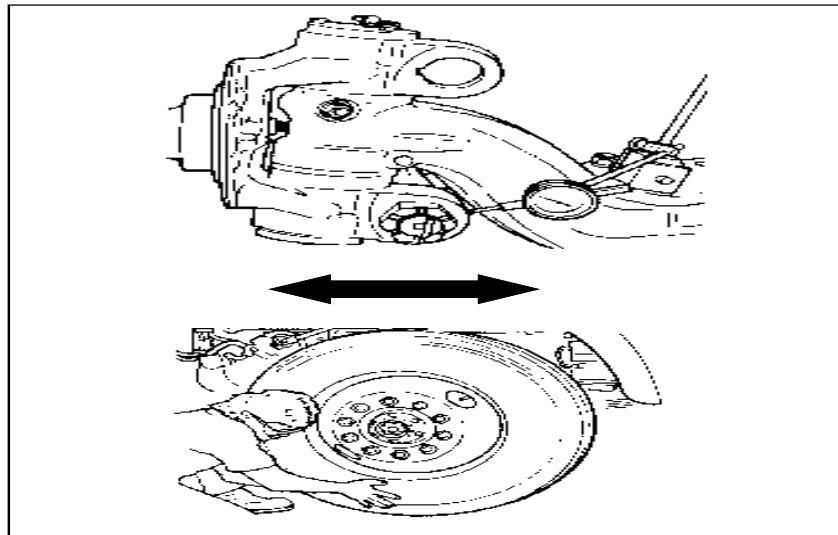
1. Poner calzas enfrente y detrás de las llantas traseras para evitar que el vehículo se mueva.
2. Usar un gato para elevar el vehículo hasta que las ruedas delanteras estén separadas del piso. Apoye el vehículo en torretas de seguridad.
3. Revisar el buje superior del muñón por desgaste. Instale un micrómetro de carátula de tal forma que la base quede sobre la viga y la punta de contacto contra el lado de la parte alta del muñón. Figura 4.
4. Ajustar el micrómetro a cero (0). Si hubiese que reponer uno de los bujes se tendrá que reponer ambos.
5. Mover la parte superior de la llanta de lado a lado del vehículo. Si el micrómetro marca un total de 0.254 mm. (0.010"), el buje superior está desgastado o dañado. Cambie ambos bujes. Figura 4.



**Figura 4. Juego axial buje superior**

6. Revisar el buje inferior del muñón e instalar un micrómetro de carátula de tal forma que la base se apoye en la viga y la punta de contacto en la protuberancia del muñón. Figura 5
7. Ajustar el micrómetro a cero (0).

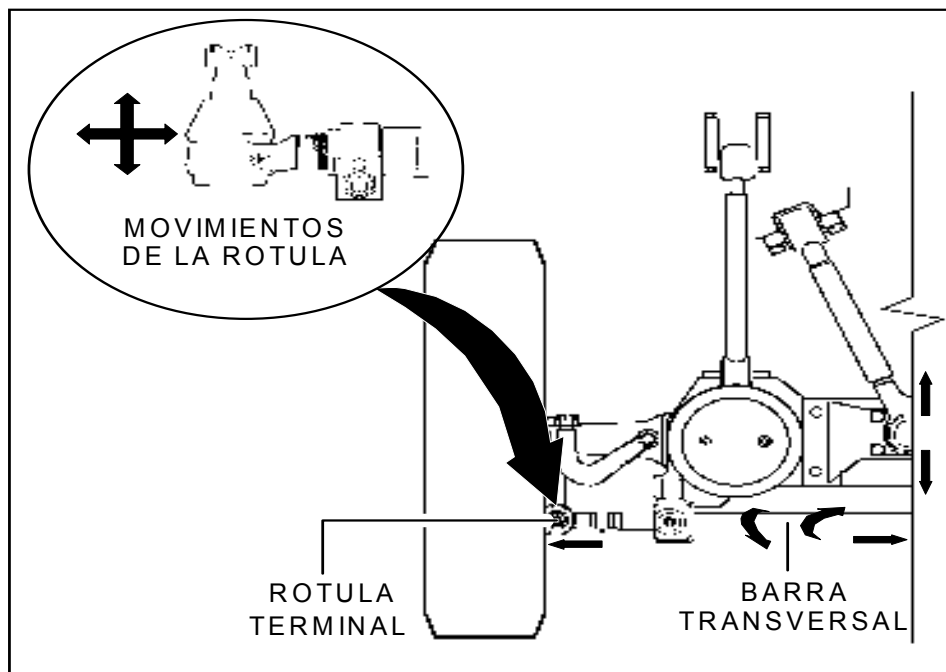
8. Mover la parte inferior de la llanta de lado a lado contra el vehículo. Si el micrómetro indica un total de 1.27 mm. (0.050"), el buje inferior está desgastado o dañado se deben cambiar ambos bujes. Figura 5



**Figura 5. Juego axial buje inferior**

Para la revisión de rotulas de la barra transversal se realiza el siguiente procedimiento:

1. Con la llanta sobre el piso, sujetar la barra transversal con las manos y tratar de moverla en cualquier dirección. Si siente algún movimiento o juego entre las ruedas y los brazos barra, quite y cambie las rotulas. Figura 6.



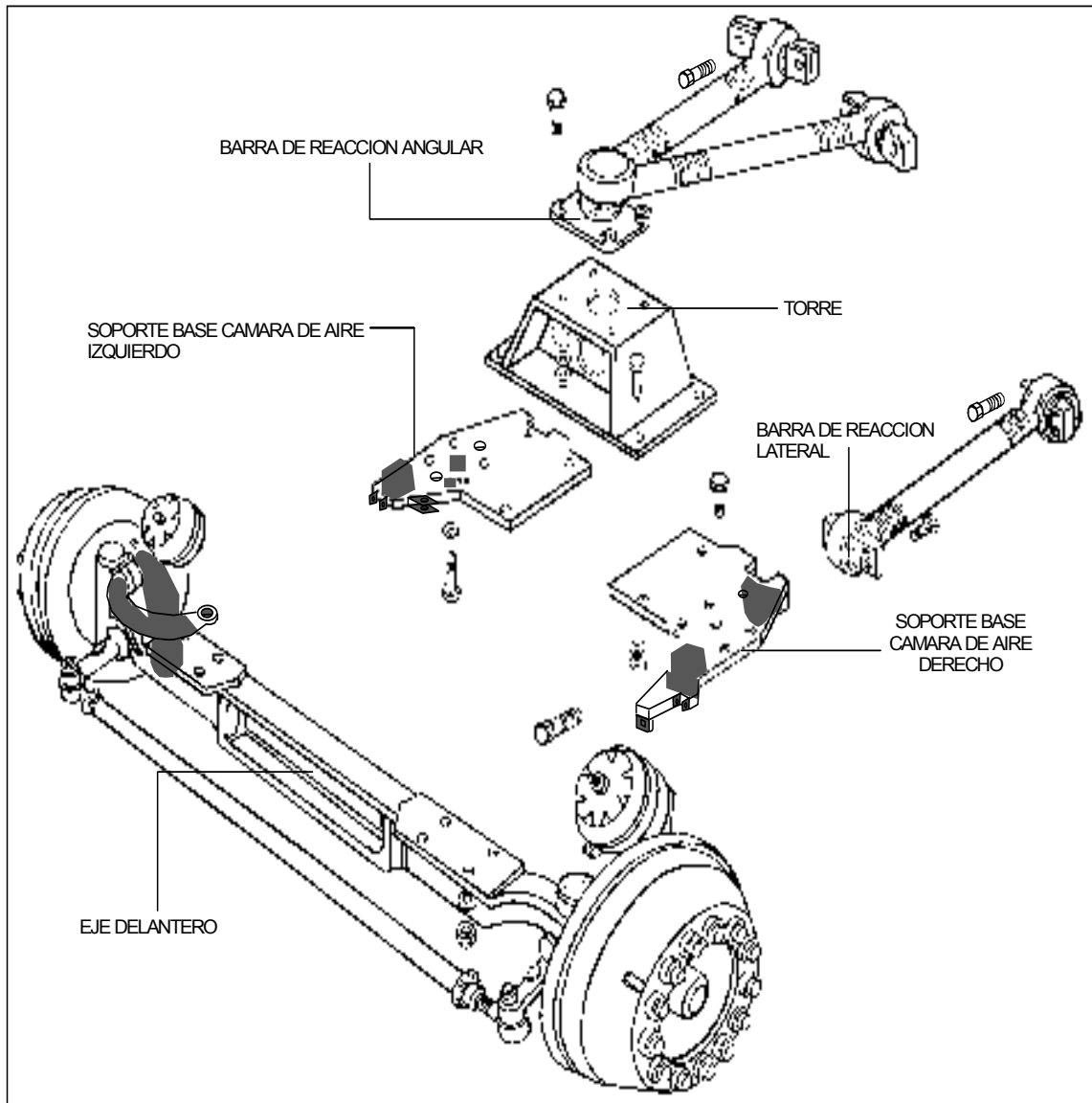
**Figura 6. Revisión de juego en rotulas**

## **Desmontaje e Instalación del Eje**

Para el desmontaje o montaje del eje, se debe colocar la unidad en un lugar plano y liso, se tienen que tomar en cuenta todas las medidas de seguridad, colocando taquetes en las ruedas traseras, realizando el siguiente procedimiento:

1. Levantar la unidad con un gato de patín colocándolo al centro del eje, de manera que las ruedas queden separadas del piso.
2. Colocar torretas de seguridad a la unidad en los puntos de apoyo de la parte delantera de la carrocería para después poder quitar las ruedas y desmontar el eje.
3. Soportar el eje con el dispositivo y levantarlo para evitar que cuelgue y así poder quitar los demás componentes.
4. Quitar las ruedas.
5. Verificar que el sistema neumático del trolebús esté descargado y desconectar las mangueras de los frenos y las de la asistencia a la dirección.
6. Desconectar los amortiguadores.
7. Desacoplar las cámaras de aire de la suspensión, quitando los tornillos por la parte inferior de las mismas.
8. Desconectar la barra de mando desde el brazo de dirección.
9. Desconectar la varilla de la válvula de control de altura.
10. Quitar las barras de reacción laterales.
11. Desacoplar la abrazadera unión del cilindro de la barra transversal.
12. Desacoplar la abrazadera unión del amortiguador de la barra transversal.
13. Desconectar el amortiguador de la base.
14. Desconectar con cuidado la barra de reacción angular, pues el paso de la misma puede hacer girar el eje y hacerlo caer ocasionándole lesiones.
15. Colocar con cuidado el eje sobre el piso ayudándose con los gatos de patín y al tiempo que lo desliza con los gatos hacia fuera. Figura 7
16. Después que el eje está afuera, colocarlo sobre torretas en un lugar adecuado para poder trabajar en él.

Para instalar el eje, proceda a la inversa de como se desmontó.



**Figura 7. Eje Delantero**

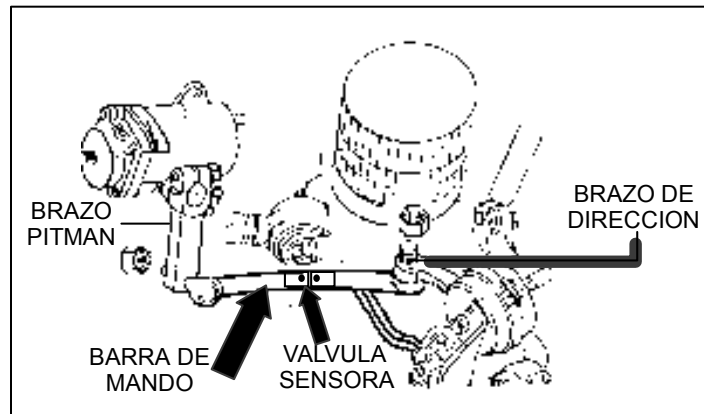
### **Desensamble del Eje**

El desensamble del eje está conformado por los siguientes componentes:

#### **a. Barra de Mando**

La Barra de mando para desmontarla, se realiza el siguiente procedimiento:

1. Desconectar las mangueras de la válvula sensora.
2. Sacar las chavetas de las tuercas de las rotulas.
3. Quitar las tuercas de las rotulas.
4. Desconectar la barra de mando del brazo pitman y del brazo de dirección.
5. Inspección de la barra de mando. Figura 8

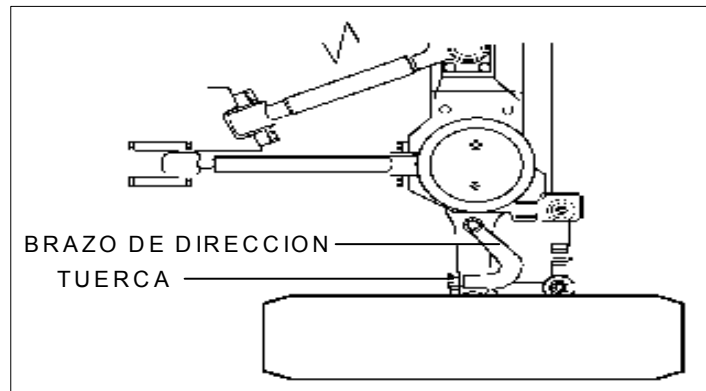


**Figura 8. Barra de Mando**

**b. Brazo de Dirección**

El procedimiento para el montaje y/o desmontaje del Brazo de Dirección es el siguiente:

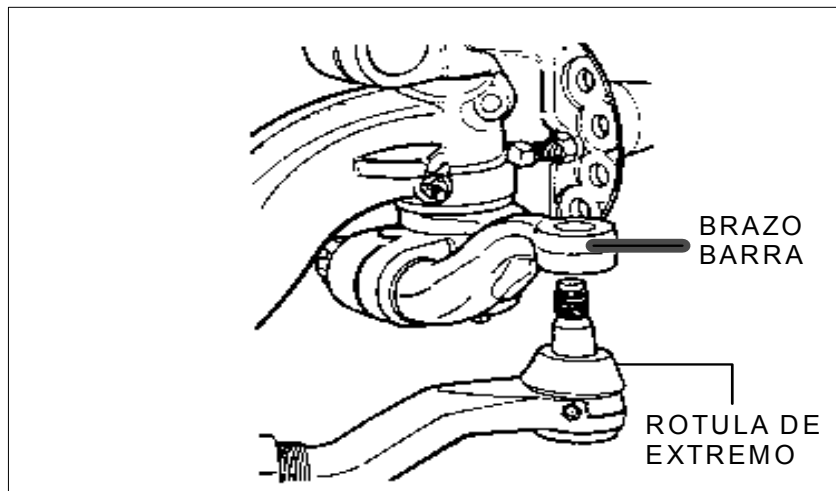
1. Quitar la chaveta y la tuerca que sujeta el brazo de dirección al muñón. Figura 9
2. Separar el brazo de dirección del muñón. Si es necesario golpear ligeramente sobre el extremo del brazo con un mazo de plástico o de piel.



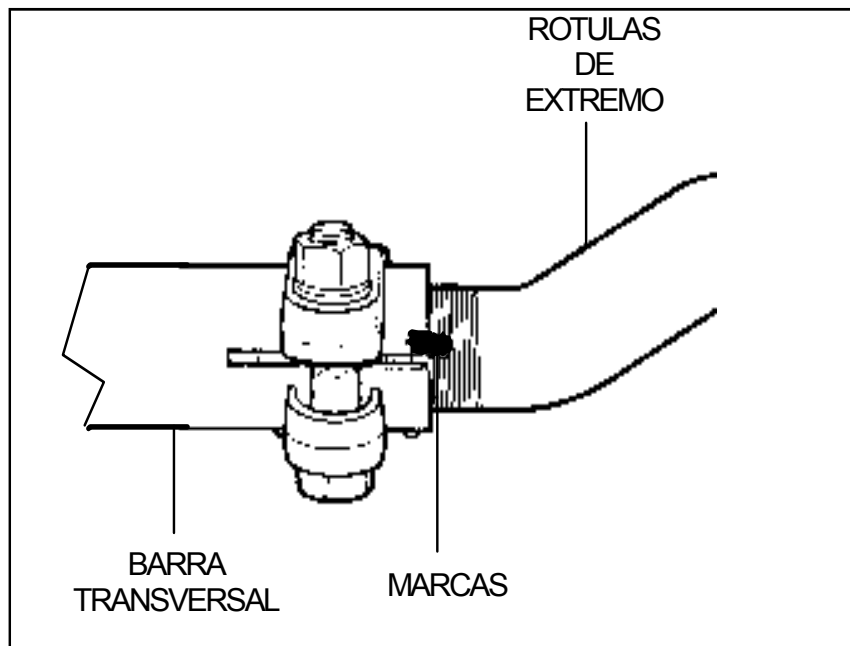
**Figura 9. Brazo de Dirección**

**c. Brazo Barra, Rotulas y Barra Transversal**

1. Quitar las chavetas y tuercas que sujetan cada rotula de extremo a los brazos.
2. Desconectar el ensamble de la barra transversal de los brazos de barra. Si fuera necesario use un extractor para separar las rotulas de extremo, de los brazos barra.
3. Quitar las chavetas y las tuercas que sujetan los brazos de los muñones.
4. Desmontar los brazos barra de los muñones. Si fuera necesario, golpee suavemente sobre el extremo de la barra con un mazo de plástico o piel. Figura 10
5. Si fuera necesario, sacar las rótulas de la barra transversal. Siga el procedimiento que se indica a continuación:
  - a. Marcar la posición de cada rotula de extremo en la barra transversal. Figura 11
  - b. Quitar los tornillos y tuercas de la abrazadera de la barra transversal.
  - c. Quitar las rotulas de la barra transversal.
6. Inspeccione las piezas.



**Figura 10. Desmontaje de Rotulas y Barra Transversal**



**Figura 11. Marcas en la Barra Transversal y Rotulas**

#### **d. Ruedas**

Para el montaje y/o desmontaje de las ruedas no se debe trabajar de bajo de un vehículo soportado únicamente por gatos, ya que pueden resbalarse o caerse y causar accidentes. Además se debe seguir el siguiente procedimiento:

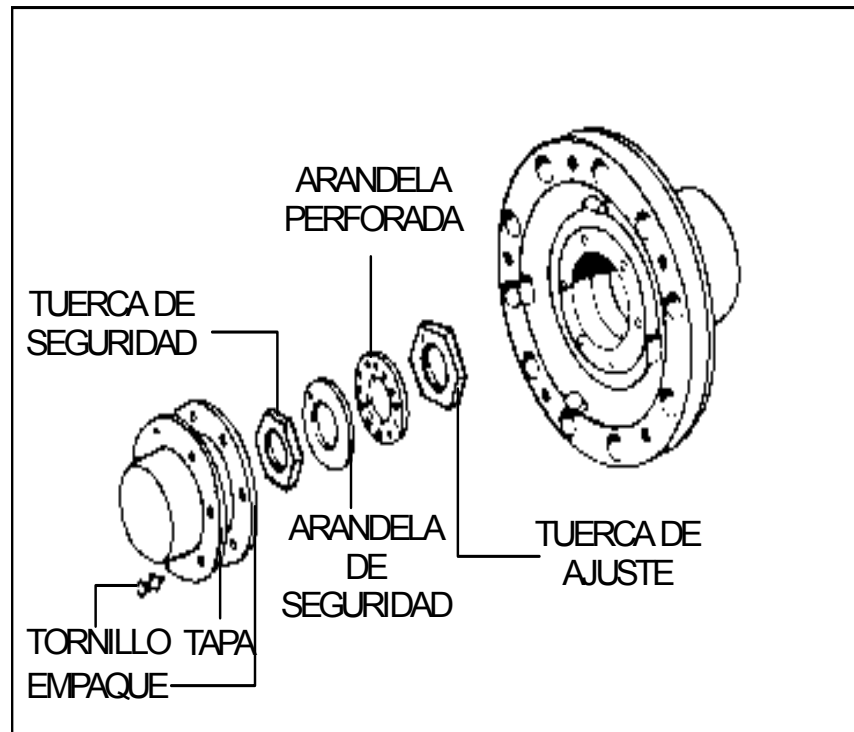
1. Levantar el vehículo hasta que las ruedas queden separadas del piso. Apoye el vehículo en los puntos indicados con torretas de seguridad.
2. Quitar los tornillos que sujetan la tapa a la maza. Quite la tapa y el empaque. Cuando afloje o apriete las tuercas de sujeción de los rodamientos, use siempre el dado de la medida correcta para no dañar las tuercas.

3. Quitar las tuercas de los rodamientos (baleros) de las ruedas.

### Sistema de doble tuerca y seguro

El procedimiento es el siguiente:

- Enderece las porciones de la arandela de seguridad que están sobre la tuerca de seguridad y la de ajuste.
  - Quite la tuerca y la arandela de seguridad, la arandela perforada y la tuerca de ajuste.
- Figura 12



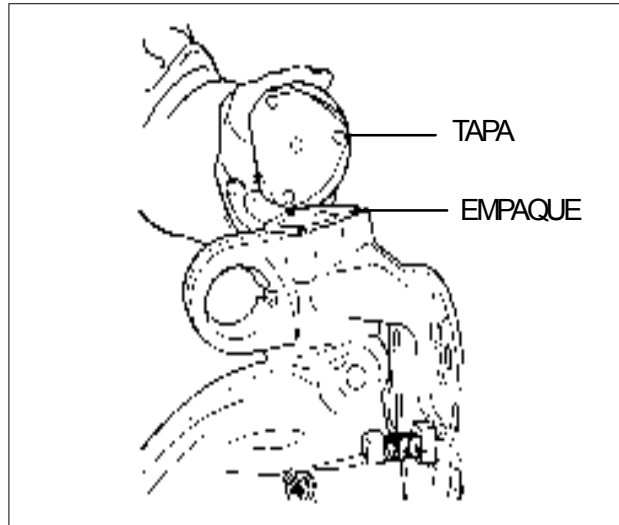
**Figura 12. Sujeción de doble tuerca y arandela de seguridad**

4. Quite la rueda, el cubo (maza) y el tambor como un ensamble.

### e. Desmontaje de pernos maestros y muñones de Dirección

En este paso se debe realizar lo siguiente:

1. Quitar la rueda como se indico en el procedimiento anterior.
2. Desmontar el conjunto de frenos del eje.
3. Quitar los tornillos que sujetan las tapas en la parte inferior y superior del eje. Quite las tapas y los empaques. Figura 13
4. Quitar las cuñas superior e inferior, se debe realizar con lentes de seguridad para los ojos. No golpear las piezas o herramientas aceradas con martillo acerado ya que podrían romperse y causar graves daños.

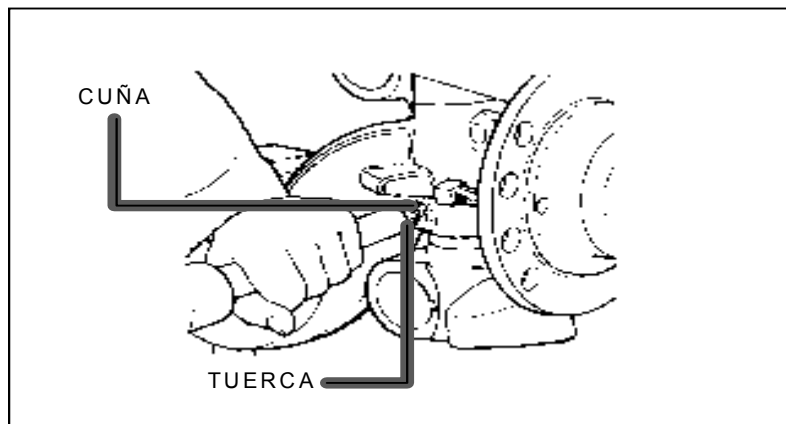


**Figura 13. Tapa del perno maestro**

Para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

**Cuñas con rosca**

- a. Afloje la tuerca-candado hasta que el extremo de la tuerca quede al mismo nivel con el extremo de la cuña. La fuerza deberá aplicarse directamente al extremo de la tuerca y al extremo de la cuña. Si la fuerza no es aplicada directamente, la cuña se dañará.
- b. Use un punzón de bronce y martillo para golpear el extremo de la tuerca y aflojar la cuña. Figura 14
- c. Saque la tuerca de la cuña y saque la cuña fuera del muñón.



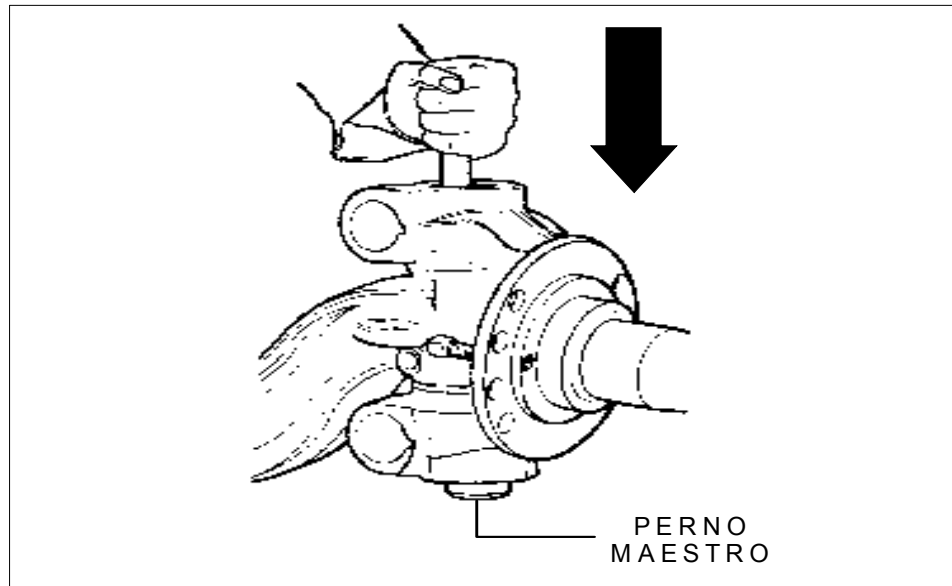
**Figura 14. Extracción de la cuña**

El desgaste de neumáticos óptimo sobre superficies pavimentadas, los barrenos para los pernos maestros derecho y izquierdo son maquinados ligeramente a diferentes ángulos. El frente de la viga debe ser instalado hacia el frente del vehículo. El frente es el que se está marcando por la placa de identificación o con una tira de pintura blanca sobre el lado izquierdo de la viga (lado del conductor). Si falta la placa de identificación o la tira de pintura, marque el frente de la viga para una correcta instalación.



5. Use punzón de bronce y martillo para extraer los pernos maestros se encuentren fuera del muñón. Figura 15.

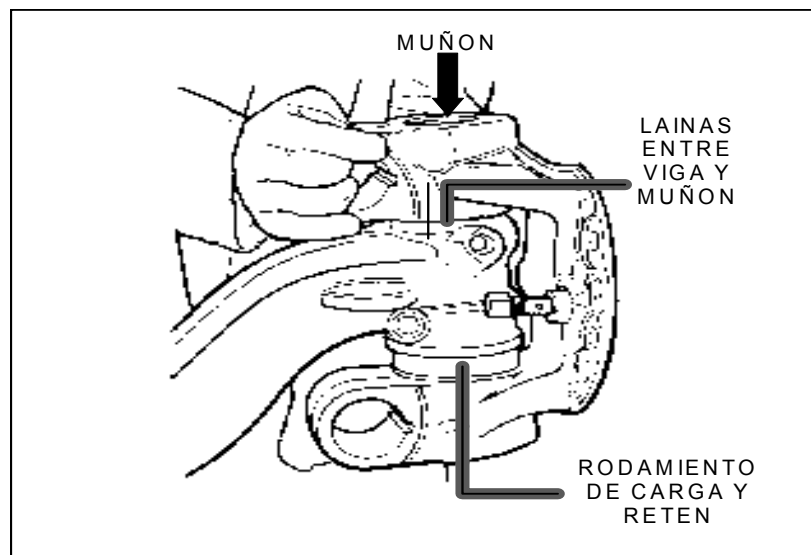
Si se dificulta este trabajo, desensamble el perno maestro con una prensa hidráulica.



**Figura 15. Extracción del perno maestro**

Para extraer las lanas deben usarse guantes ya que tienen extremos filosos.

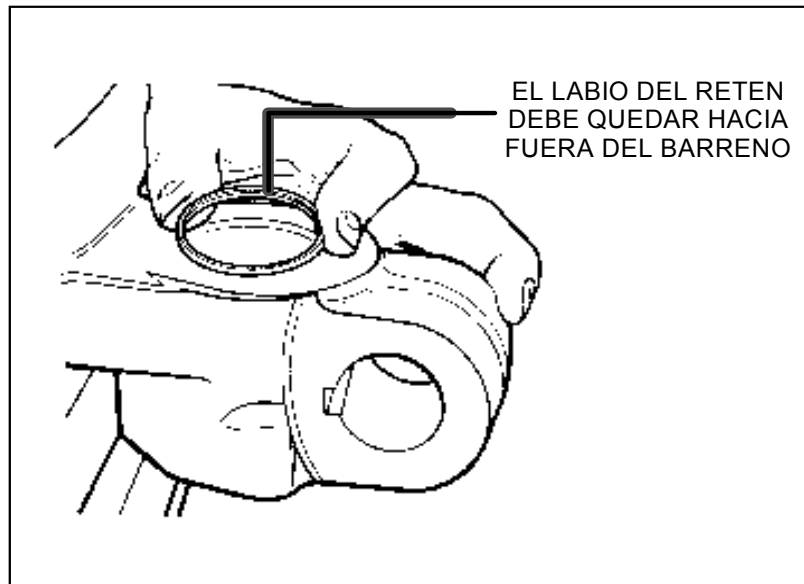
6. Separe el muñón de la viga. Quite las lanas, el rodamiento de carga y el reten de entre la viga y el muñón. Figura 16
7. Inspeccione las piezas.



**Figura 16. Quitando el muñón direccional**

**Bujes del Muñón**

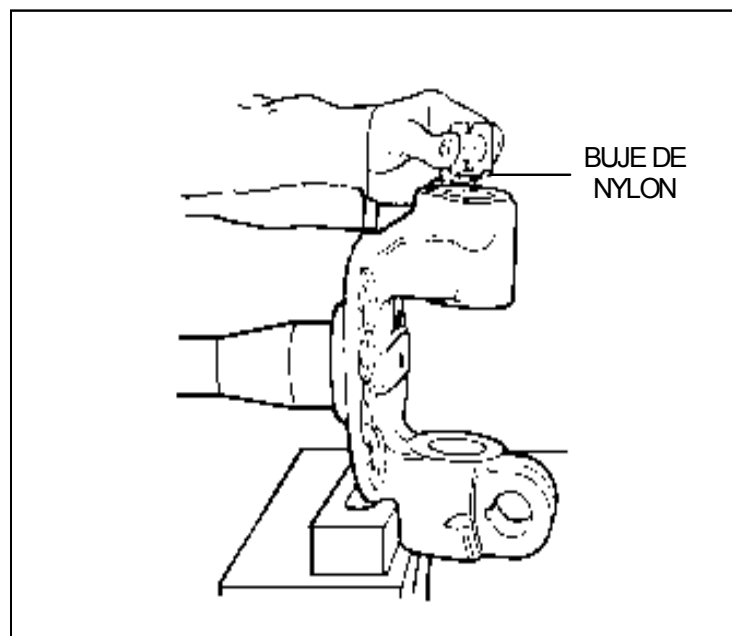
1. Quitar y desechar el reten que esta sobre el buje. Figura 17
2. Sacar el buje de la siguiente manera:



**Figura 17. Colocación correcta del reten**

### **Bujes de Nylon**

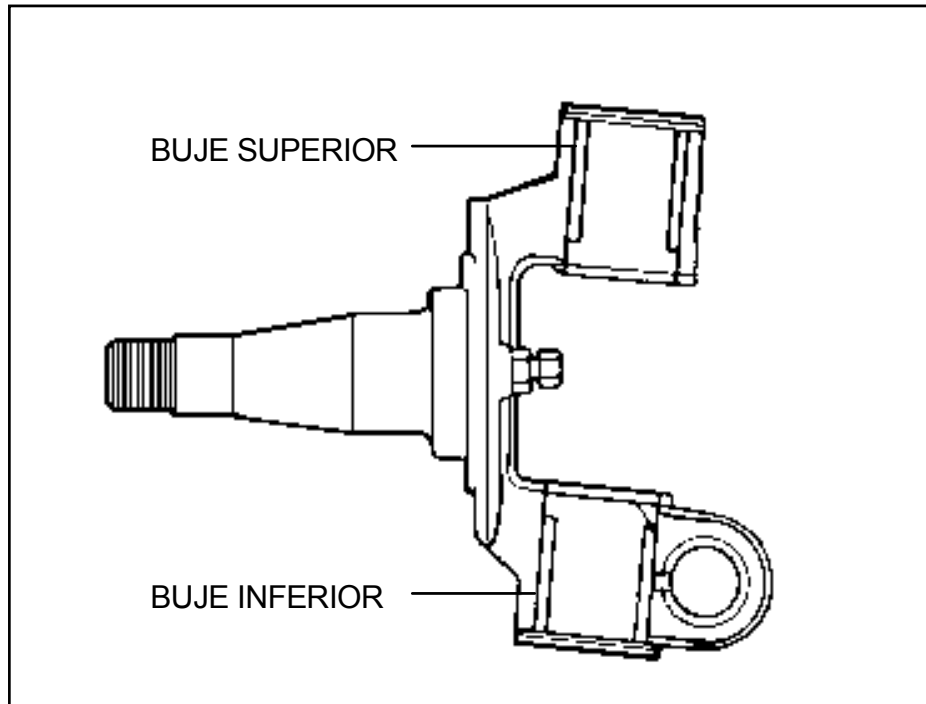
- a. Saque los bujes superior e inferior de los barrenos del muñón. Figura 18



**Figura 18. Extracción de Bujes**

### Bujes de bronce y de fácil Dirección

- a. Fabrique una herramienta con las dimensiones indicadas, para extraer los bujes.
- b. Coloque el muñón en una prensa hidráulica de 5 toneladas de capacidad. El muñón no se mueva al extraer los bujes.
- c. Instale la herramienta en el buje superior. Aplique presión sobre el buje del muñón.



**Figura 19. Ubicación de los bujes**

Los bujes no van a reemplazarse, para evitar dañarlos al extraer el perno maestro haga lo siguiente:

- Elimine cualquier rebaba que pudiera tocar a los bujes.
- Enrede cinta a un espesor de 1.5mm (0.062") sobre el extremo del punzón.

No debe permitirse la reparación o el reacoplamiento de los componentes principales del eje delantero. DIRONA recomienda reemplazar los componentes dañados o fuera de especificaciones. Todos los componentes mayores son tratados a altas temperaturas y templados. Los componentes no pueden ser doblados, soldados, calentados o reparados de ninguna forma sin que se reduzca su fuerza y duración, nulificando la garantía.

Las siguientes operaciones están prohibidas en componentes de ejes delanteros.

1. Soldar en brazo de dirección, brazo barra, pernos maestros, viga rotulas, cubos, tambores o partes de frenos.
2. Doblado en frío o en caliente de muñones, brazo de dirección, brazo barra, rotulas, viga de eje o ensamble barra.
3. Taladrar en los barrenos de la viga para pernos maestros.

4. Taladrar en los barrenos de las cuñas en el muñón.
5. Aplicar soldadura en aerosol a los barrenos para rodamientos en el muñón o en los demás barrenos maquinados.
6. Fresado o maquinado de cualquier componente.

Sí se usan disolventes para limpieza, tanques en solución en caliente o soluciones alcalinas incorrectamente, pueden resultar daños personales, siga las instrucciones del fabricante. No debe usarse gasolina para limpiar piezas, puede incendiarse.

Para la limpieza de piezas pulidas o abrillantadas usar un disolvente como: keroseno o diesel, pero no se use gasolina. No limpie este tipo de piezas en soluciones calientes, agua o vapor, soluciones alcalinas, ya que acusarían la corrosión de las piezas.

La limpieza de piezas no pulidas pueden limpiarse junto con las pulidas o abrillantadas, o bien ser limpiadas en tanques con soluciones calientes con un poco de solución alcalina, las piezas deben de permanecer en el tanque hasta que estén completamente limpias.

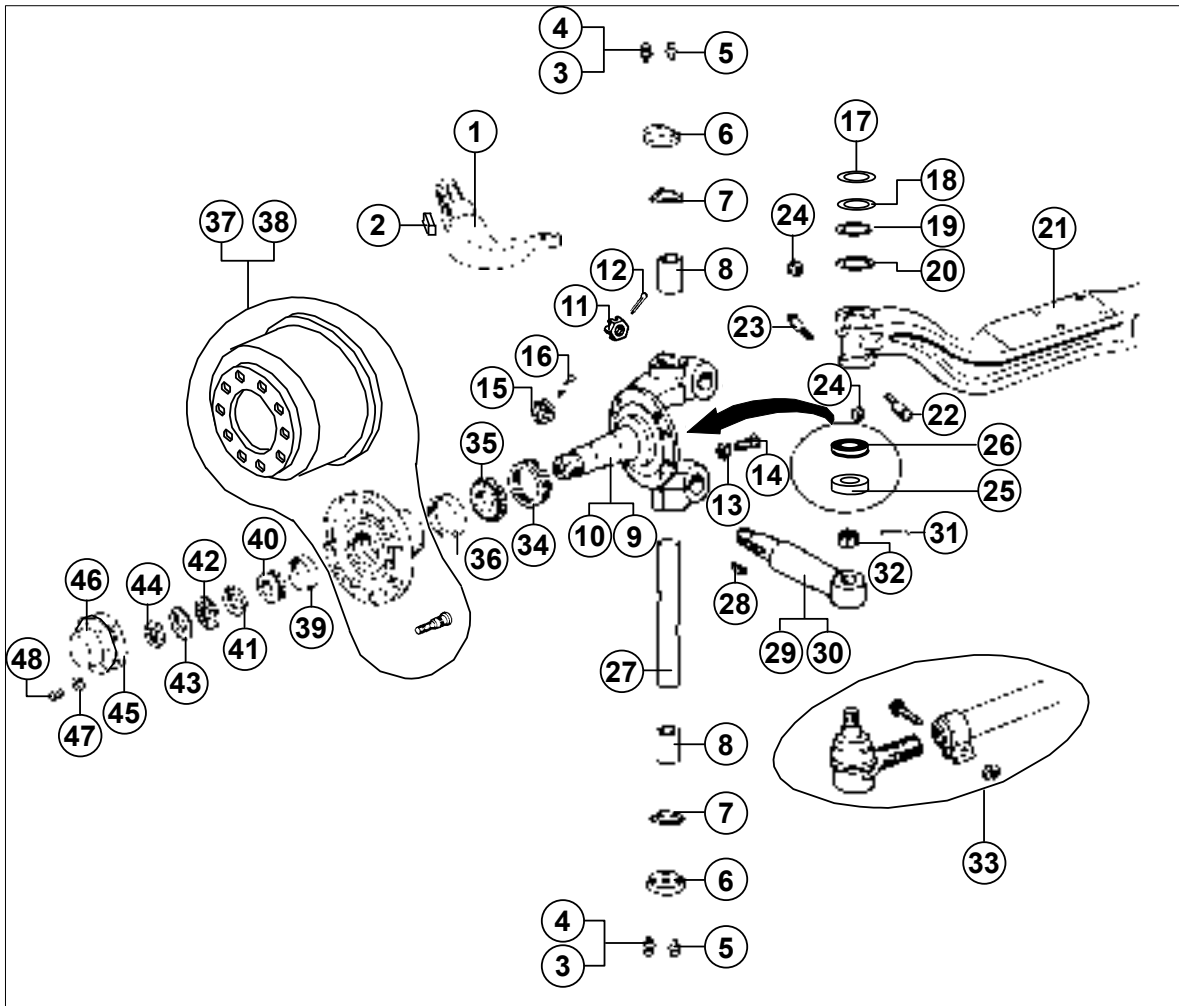
Las piezas deberán secarse inmediatamente después de haber sido lavadas. Seque con papel, trapo o aire comprimido. No seque los rodamientos haciéndolos girar con aire comprimido.

Se debe evitar la corrosión y oxidación en piezas ya limpias, aplicando aceite ligero en las piezas ya limpias y secas que no estén dañadas y que vayan a ser ensambladas inmediatamente. No aplique aceite a balatas o tambores de frenos.

Si las piezas van a ser almacenadas, aplique un buen preservante contra oxidación a todas las superficies. No aplicar este material a balatas o tambores de frenos. Cubra las piezas con papel especial u otro material que prevenga la corrosión.

La Inspección se debe realizar cuidadosamente todas las piezas que vayan a ser instaladas. Observe lo siguiente:

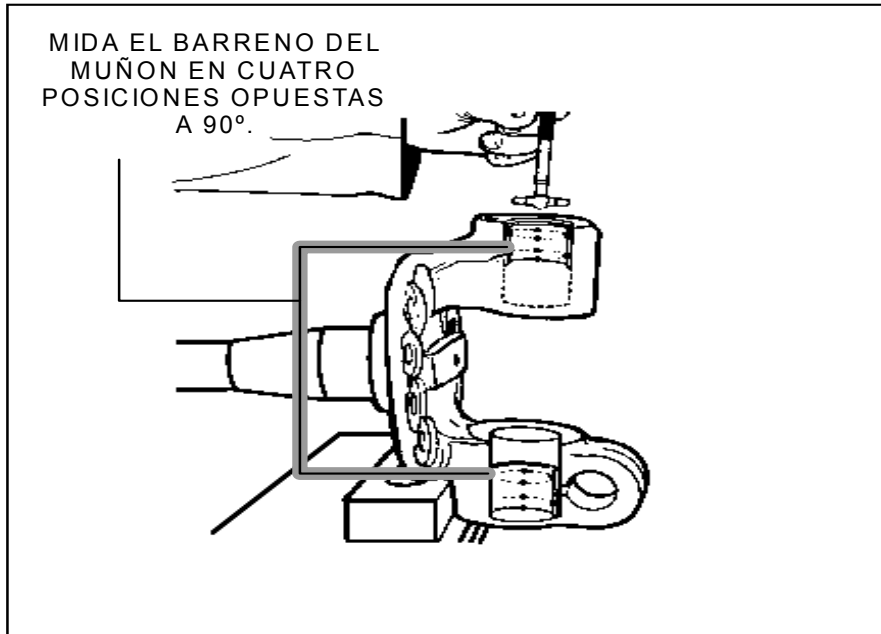
- a. Inspeccionar y reemplace todas las piezas rotas o dañadas, busque grietas con inspección fluorescente o magnética.
- b. Usar un micrómetro y un calibrador telescopio para medir los barrenos del muñón. Un rodamiento en la orilla superior y en la inferior es aceptable.
- c. Asegurarse de que el buje haya sido extraído del muñón. Mida el barreno en dos posiciones sobre la línea central lateralmente al muñón.



1.- Brazo Direccional	17.- Laina	32.- Tuerca De Rotula
2.- Cuña	18.- Laina	33.- Ensamble Barra Transversal
3.- Tornillo	19.- Laina	34.- Reten De Aceite
4.- Arandela (B)	20.- Laina	35.- Cono Balero Interior De Rueda
5.- Grasera	21.- Viga	36.- Taza Balero Interior De Rueda
6.- Tapa Muñon	22.- Cuña Inferior	37.- Maza Derecha Con Birlos Y Tambor
7.- Empaque Cubierta	23.- Cuña Superior	38.- Maza Izquierda Con Birlos Y Tambor
8.- Bujes Muñon	24.- Tuerca De Cuña	39.- Taza Balero Exterior De Rueda
9.- Muñon Derecho Con Bujes	25.- Balero De Carga	40.- Cono Balero Exterior De Rueda
10.- Muñon Izquierdo Con Bujes	26.- Reten	41.- Tuerca De Ajuste Balñero Interior
11.- Tuerca (Brazo Direccional)	27.- Perno Maestro	42.- Aro De Ajuste Perforado
12.- Chaveta	28.- Cuña	43.- Arandela De Seguridad (Candado)
13.- Tuerca De Seguridad	29.- Brazo De Barra Derecho	44.- Tuerca De Seguridad (Cotratuerca)
14.- Tornillo De Tope	30.- Brazo De Barra Izquierdo	45.- Empaque Copa Maza
15.- Tuerca (Brazo Barra Muñon)	31.- Chaveta	46.- Copa De Maza
16.- Chaveta		47.- Arandela Sejecion Copa

Si la medida promedio es mayor a la especificación máxima, será necesario cambiar el muñón. Figura 20.

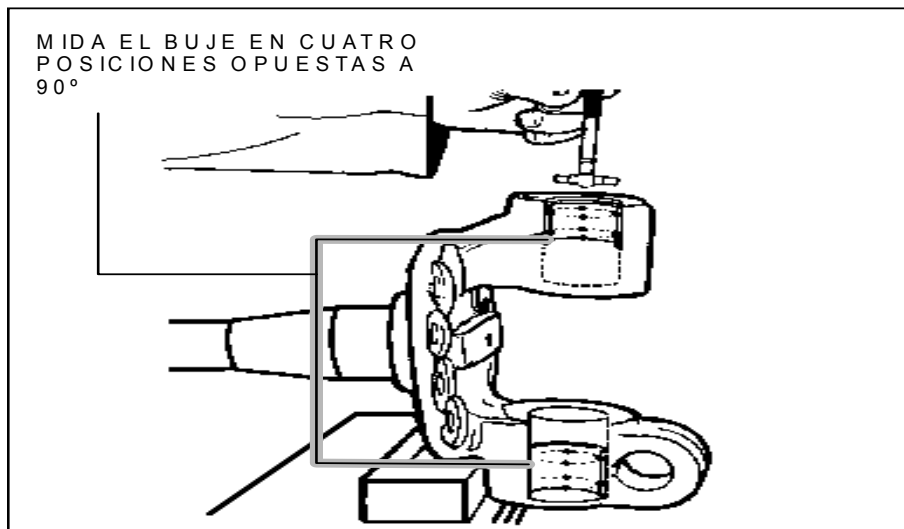
Repita la medición en otras dos posiciones sobre las línea central de frente al muñón Si la medición promedio sobrepasa la especificación máxima, cambie el muñón.



**Figura 20. Medición de los barrenos del Muñón**

- d. Usar el micrómetro y un calibrador telescópico para medir el diámetro interior del buje del muñón.

Se debe medir el diámetro interior de buje en dos posiciones en la línea central del muñón. Si la medición promedio es mayor que la máxima especificada, cambie el buje. Figura 21.

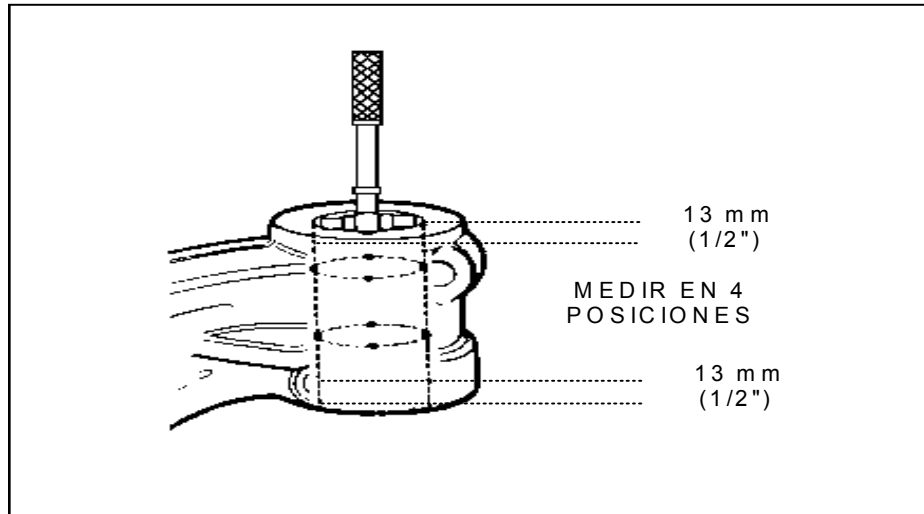


**Figura 21. Medición de bujes**

Repita la medición en otras dos posiciones sobre la línea central de frente el muñón. Si la medición promedio es mayor al máximo especificado, cambie el buje.

- e. Usar el micrómetro y un calibrador telescópico para medir el barreno de la viga. Un redondeamiento en las orillas superior e inferior, es aceptable. Mida el barreno en dos

posiciones en la línea central del lado de la viga entre 13 mm. (1/2") desde la parte superior del barreno y 13 mm. (1/2") desde la parte inferior del barreno. Si la medición promedio sobrepasa la máxima especificada habrá que cambiar la viga. Figura 22.

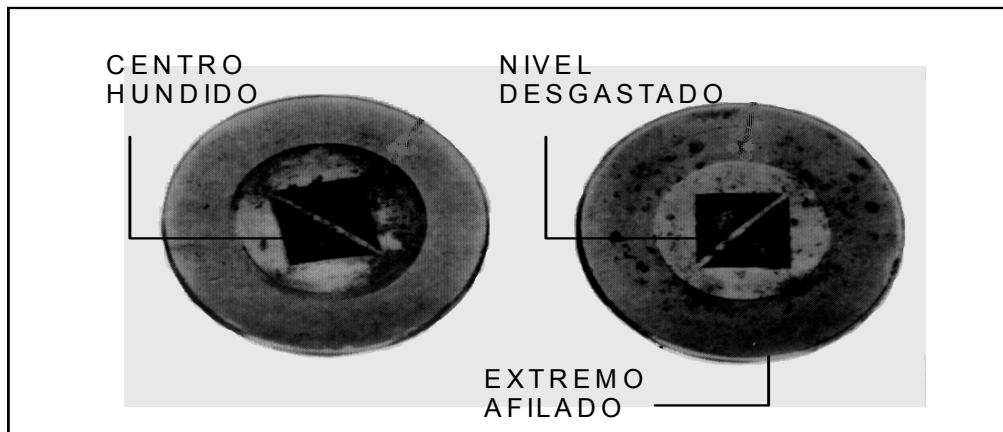


**Figura 22. Medición de los barrenos de la viga**

Cuando se realice la Inspección de rodamientos de rueda, se deben revisar los rodamientos de las ruedas al inspeccionar o repara el muñón, quitar toda la grasa que tengan los rodamientos, muñones, cubos y tapas de cubos e inspeccionar la taza, el cono, los rodillos y la jaula de todos los rodamientos. Si existiera cualquiera de las siguientes situaciones, el rodamiento debe cambiarse.

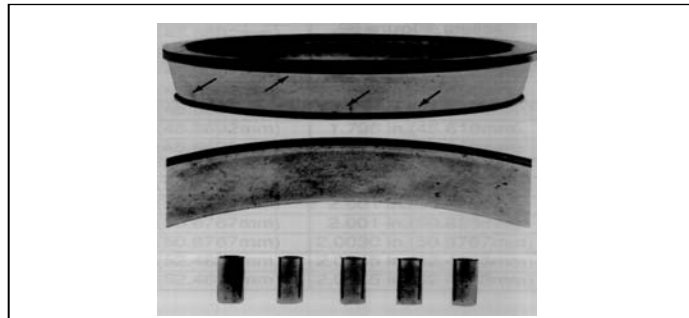
Y llevar a cabo el siguiente procedimiento:

1. La orilla de los extremos con diámetro mayor de los rodillos se desgasta igual que el centro hundido.
2. Los radios en el extremo del diámetro mayor de los rodillos se desgasta en forma de filo. Figura 23

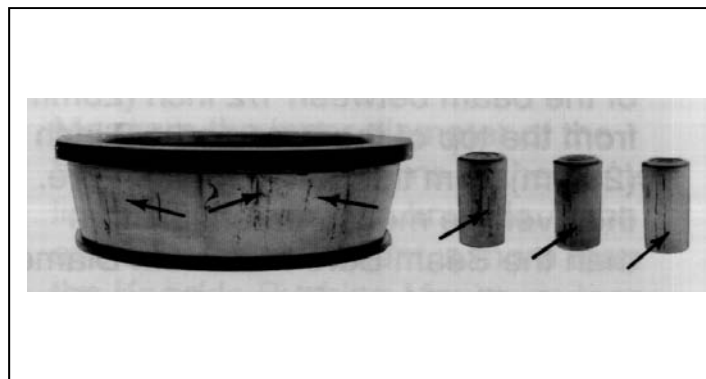


**Figura 23. Rodillos cojinete**

3. Se aprecian marcas (ranuras) en la taza o en la superficie de la pista interior del cono, causadas por los rodillos. Las ranuras pueden apreciarse en los extremos de los diámetros mayor y menor de ambas partes. Figura 24 y 25.

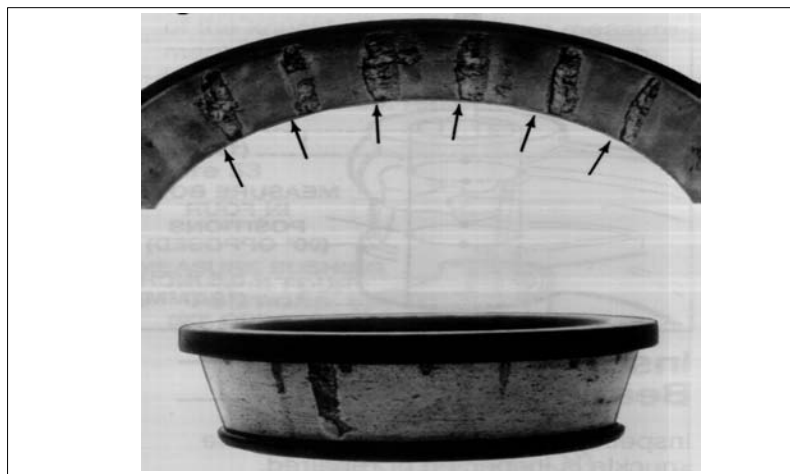


**Figura 24. Inspección del balero**



**Figura 25. Marcas en pista y en rodillo**

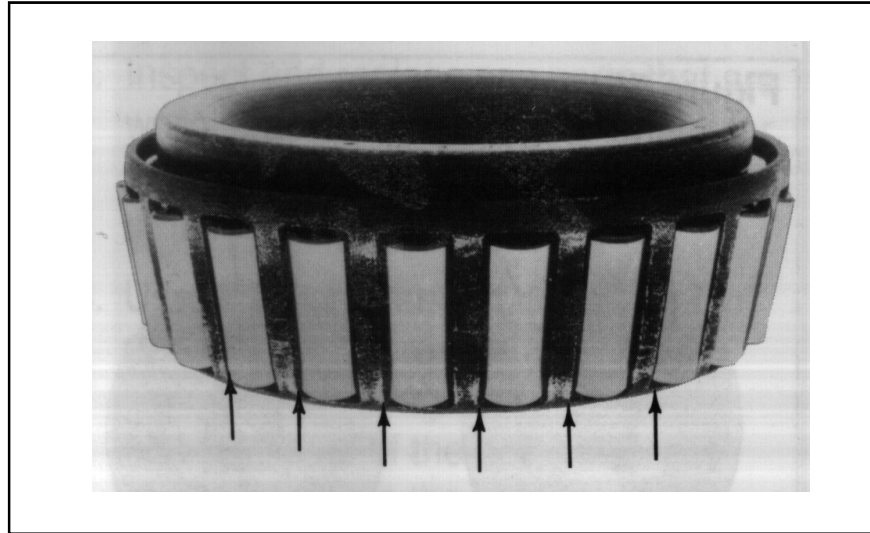
4. Se aprecian grietas profundas o roturas en la taza, la pista interior del cono o en los rodillos. Figura 26.



**Figura 26. Ranura en taza y pista del cono**



5. Existen marcas brillosas en la superficie exterior de la jaula para rodillos. Figura 27.

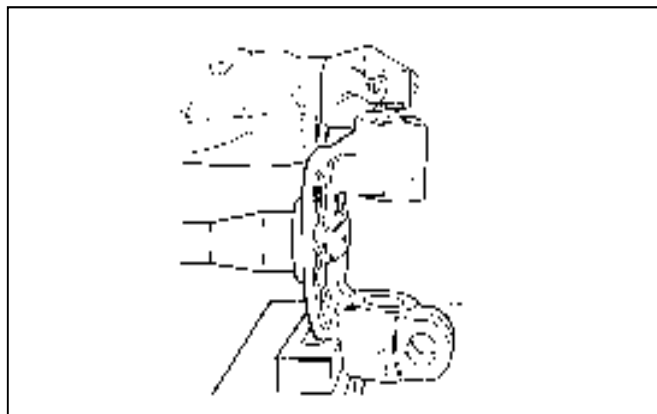


**Figura 27. Marcas brillosas en la jaula**

### **Ensamble**

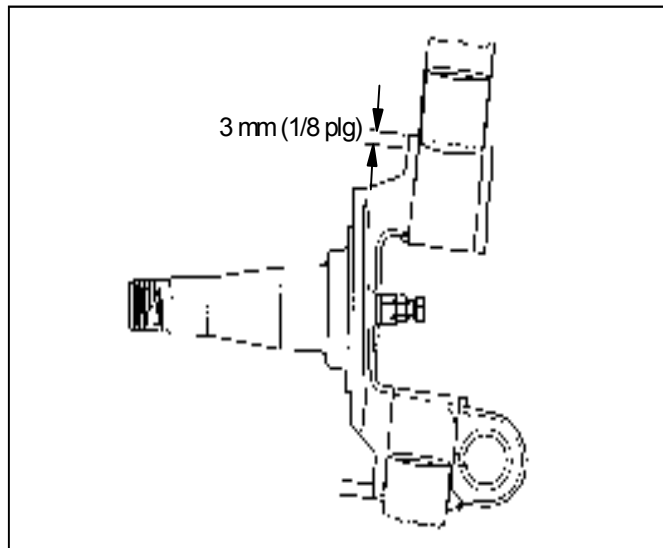
Para la instalación de bujes de fácil dirección en el muñón se debe usar la herramienta para instalar los bujes y una prensa con capacidad mínima de 5 toneladas y asegurarse de que el muñón no se mueva al instalar los bujes. Es necesario rimar los bujes de fácil dirección después de instalarlos. Se debe hacer lo siguiente:

1. Instale primero el buje superior.
2. Coloque el muñón en una prensa en forma tal que la parte superior del muñón quede hacia la parte superior de la prensa. Asegúrese de que la parte superior de los barrenos quede paralela con la con la prensa.
3. Coloque el buje en el barreno del muñón. Figura 28.



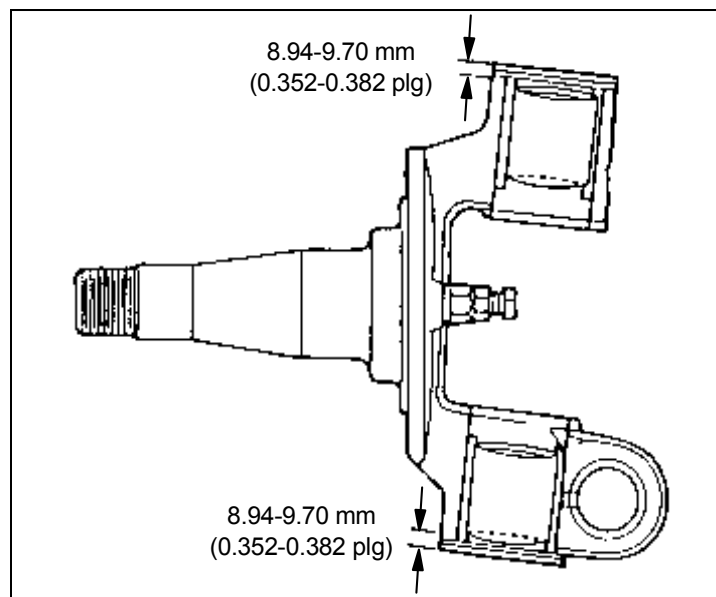
**Figura 28. Colocación del buje superior**

4. Use la herramienta para instalación e introduzca el buje 3 mm. (1/8") dentro del barreno. No aplique más presión. Asegúrese de que el buje quede recto. Figura 29.



**Figura 29. Instalación del buje**

5. Introduzca el buje hasta que haya una distancia de 8.94-9.70 mm. (0.352 - 0.382 plg.) entre la parte superior del buje y la superior del barreno. Figura 30.
6. Invierta la posición del muñón para que su parte inferior quede hacia la parte superior de la prensa. Asegúrese de que el barreno para el buje quede paralelo con la prensa.
7. Ponga el buje inferior en el barreno del muñón.
8. Use la herramienta adecuada e introduzca el buje 3 mm. (1/8") dentro del barreno. Suspenda la presión. Asegúrese de que el buje entre derecho.
9. Aplique presión al buje hasta que existan de 8.94-9.70 mm. (0.352 - 0.382plg) entre la parte superior del buje y la superior del barreno. Figura 30.
10. Rime los bujes. Vea el siguiente procedimiento.

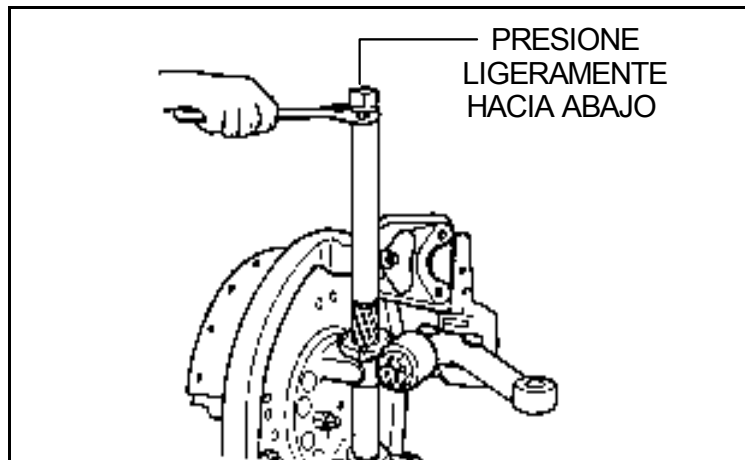


**Figura 30. Instalación correcta de bujes**

### Rimado de bujes de fácil dirección

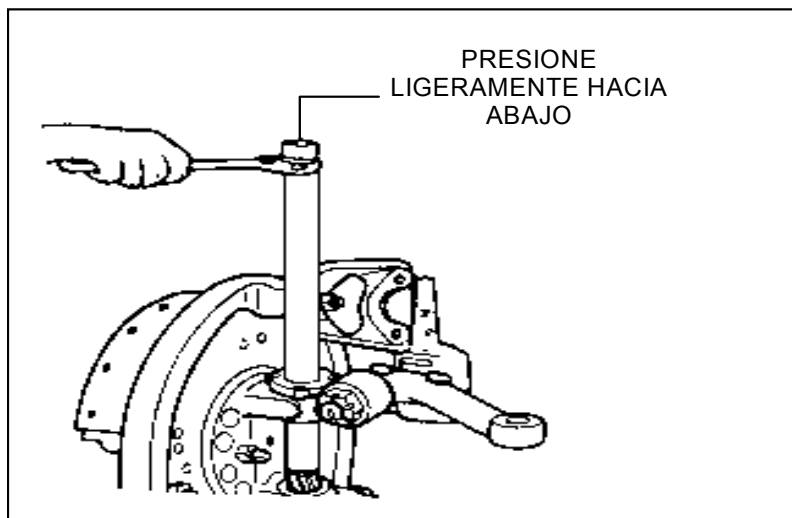
Cuando se realice este procedimiento los bujes no deben bruñirse ni lijarse.

1. Coloque el muñón en un tornillo de banco que tenga mordazas de bronce (blandas).
2. Deslice la guía de la rima a través del buje superior hasta que las cuchillas toquen el buje.
3. Haga girar la rima con una ligera presión hacia abajo. No aplique demasiada fuerza. Gire suavemente en el sentido de corte de las cuchillas. Figura 31.



**Figura 31. Rimado del buje superior**

4. Después de rimar la mayor parte del buje superior, asegúrese de que la rima no caiga sobre el buje inferior.
5. Después de haber rimado el buje superior. Repita los pasos 2 a 4 en el buje inferior, pasando la rima por el buje superior. Figura 32.



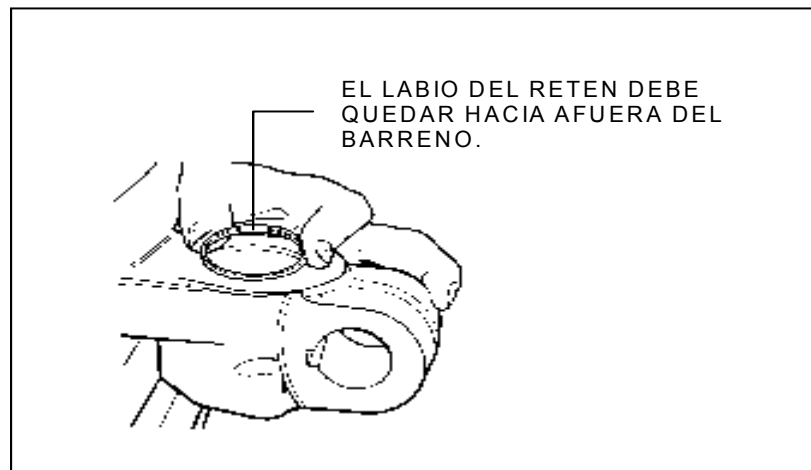
**Figura 32. Rimado del buje inferior**

6. Deslice la rima fuera del buje inferior. Si es necesario sacarla a través del buje superior, hágala girar en dirección opuesta al corte.

7. Quite toda la rebaba del muñón.

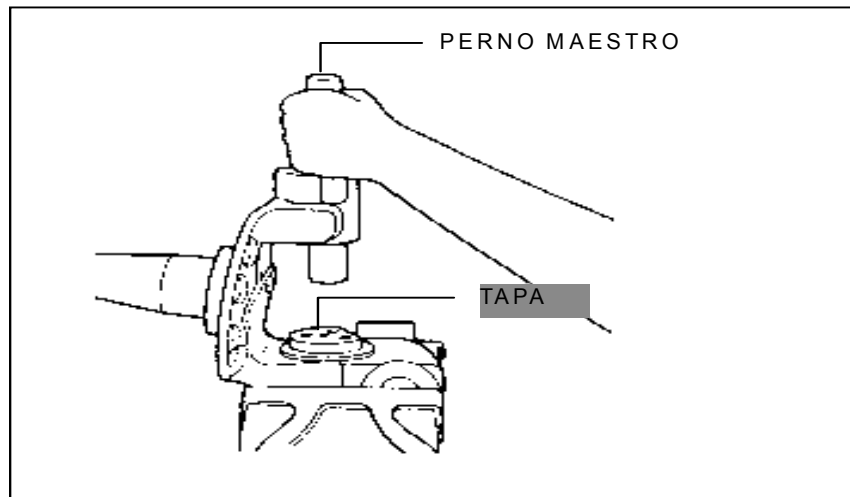
### Instalación de retenes para bujes del muñón

1. Coloque la parte superior del muñón en un tornillo de banco que tenga mordazas de bronce. La parte inferior del muñón debe de quedar hacia usted.
2. Ponga el reten en la base del barreno superior. El labio del reten debe de quedar hacia fuera del agujero. Figura 33.



**Figura 33. Colocación correcta del reten**

3. Ponga la tapa del muñón sobre el reten. Deslice el perno maestro a través del agujero opuesto. Use el perno maestro para instalar el reten. Figura 34.

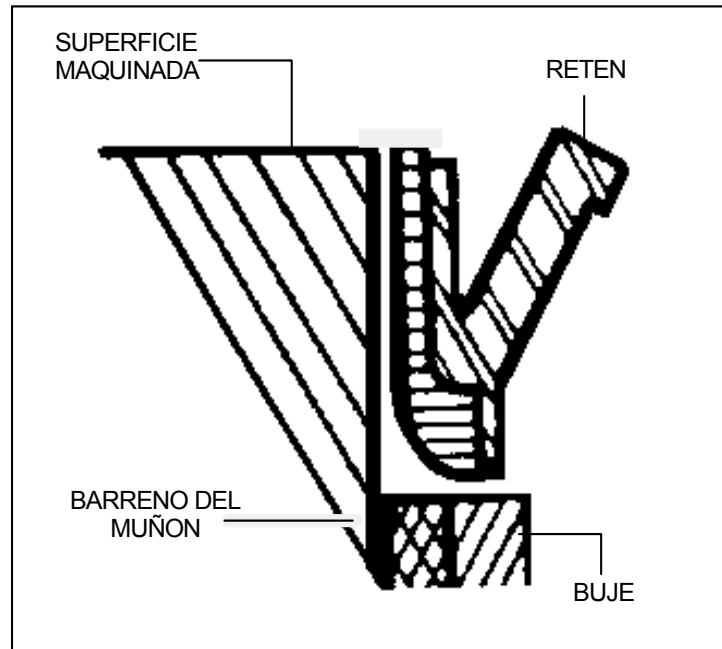


**Figura 34. Instalación del reten**

Para bujes de bronce, asegúrese de que la base del reten toque el buje.

Para bujes de fácil dirección, asegúrese de que la parte superior del reten quede al ras con la parte superior del muñón. Figura 35.

4. Invierta la posición del muñón en el tornillo de banco. Las mordazas deben sujetar la parte inferior del muñón y la parte superior debe de quedar hacia usted.
5. Ponga el reten en la parte superior del barreno inferior. El labio del reten debe de quedar hacia fuera del barreno. Repita el paso 3 de este procedimiento.



**Figura 35. Reten de buje de fácil dirección**

### **Instalación del muñón**

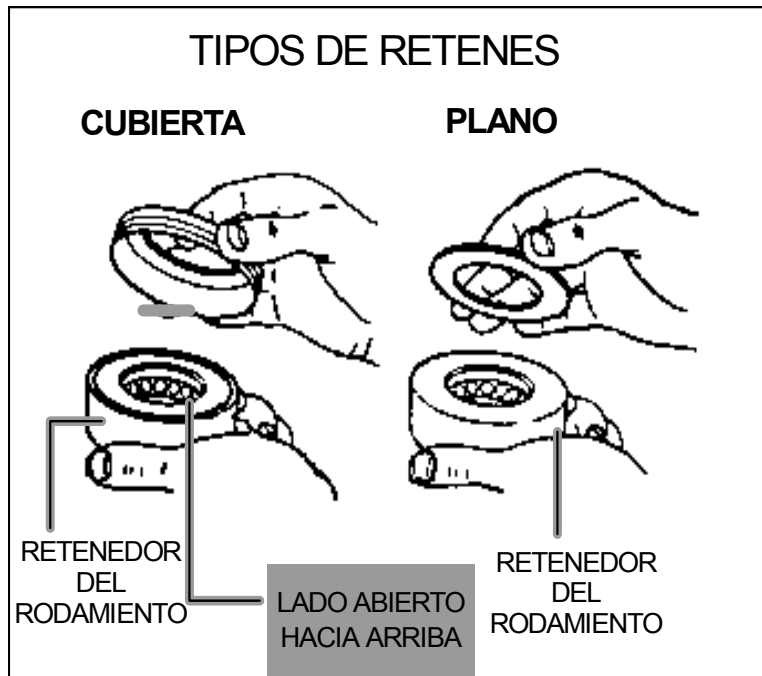
Para obtener un desgaste óptimo de neumáticos sobre superficies pavimentadas, los barrenos en los muñones derecho e izquierdo y en la biga están maquinados a diferentes ángulos. El frente de la viga debe ser instalado hacia el frente del vehículo, esta marcado por la placa de identificación y/o una tira de pintura blanca sobre el lado del operador. Si la tira de pintura o la placa de identificación no existe, marque el frente de la viga para su instalación correcta.

Su instalación es de la siguiente manera:

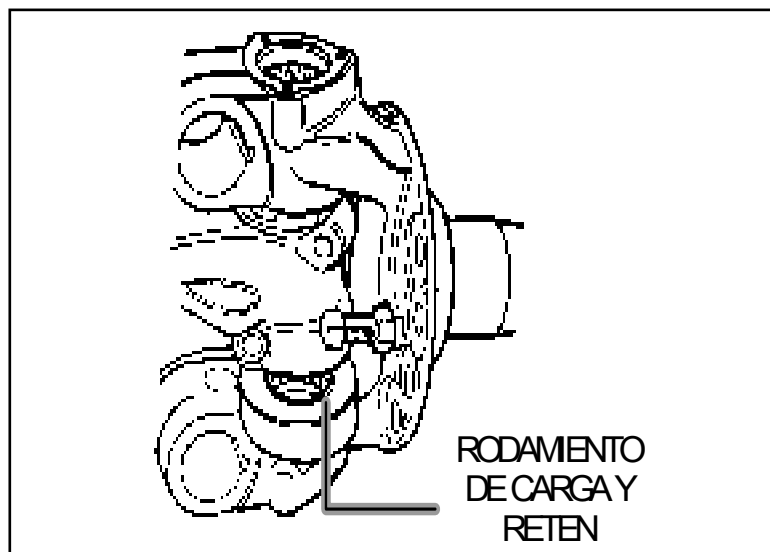
1. Limpie los barrenos, los bordes del muñón y los de la viga.
2. Coloque el muñón sobre la viga.
3. Instale el reten sobre el rodamiento de carga.

En retenes tipo “cubierta”, instale éste sobre el extremo abierto del rodamiento. En retenes de tipo plano, instale este sobre el extremo cerrado del rodamiento. Figura 36.

4. Deslice el ensamble rodamiento de carga y reten entre la parte inferior de la viga y el muñón. Asegúrese de que el reten quede hacia la viga. Figura 37.
5. Instale las laines de acero, usar guantes al instalar las laines, pues tienen extremos filosos y siguiendo el siguiente procedimiento:

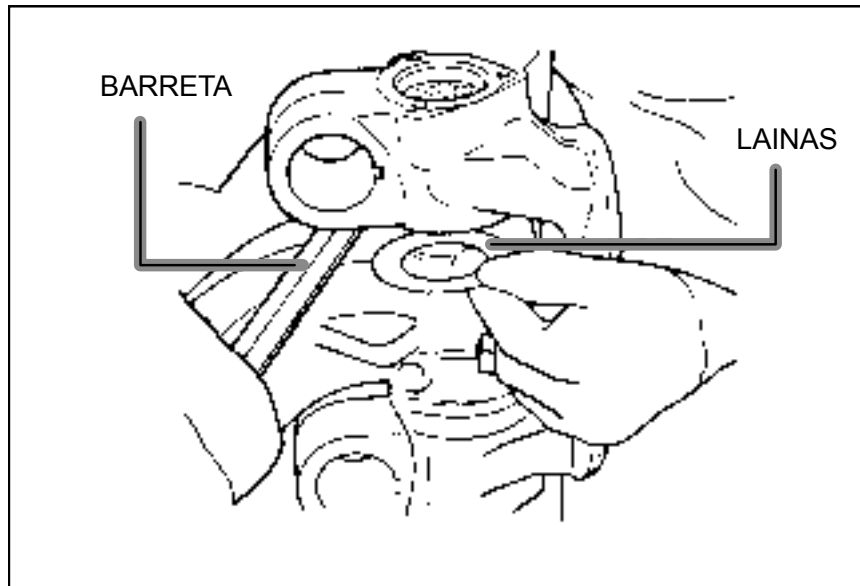


**Figura 36. Tipos de retenes**



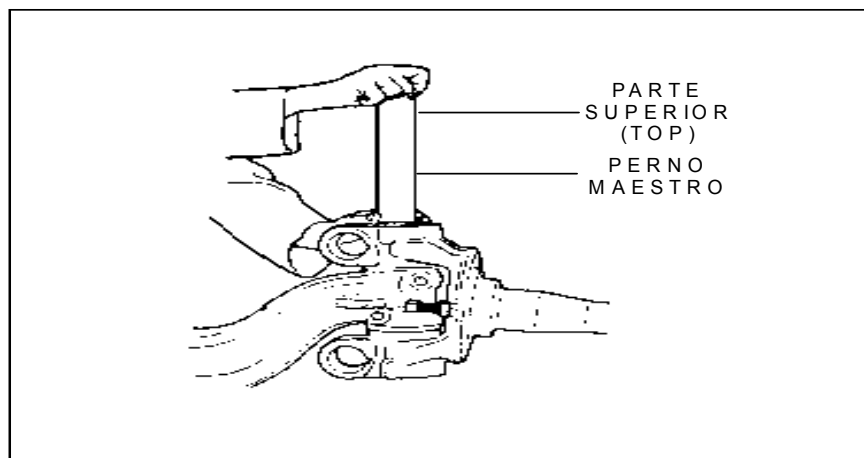
**Figura 37. Colocación del rodamiento y reten**

- a. Inspeccione las laines. Cambie las que estén dañadas.
- b. Si hay que conformar un nuevo paquete de laines, seleccione la cantidad de ellas que proporcione el mejor juego vertical de acuerdo a especificaciones.
- c. Coloque una barreta entre la joroba del muñón y la viga. Levante el muñón y deslice el paquete de laines entre la parte superior de la viga y el muñón. Figura 38.
- d. Asegúrese de que todos los agujeros de las laines, los barrenos del muñón y el de la viga están alimentados. Si no es así, las presas sufrirán daños cuando se instale el perno maestro.



**Figura 38. Colocación de lanas**

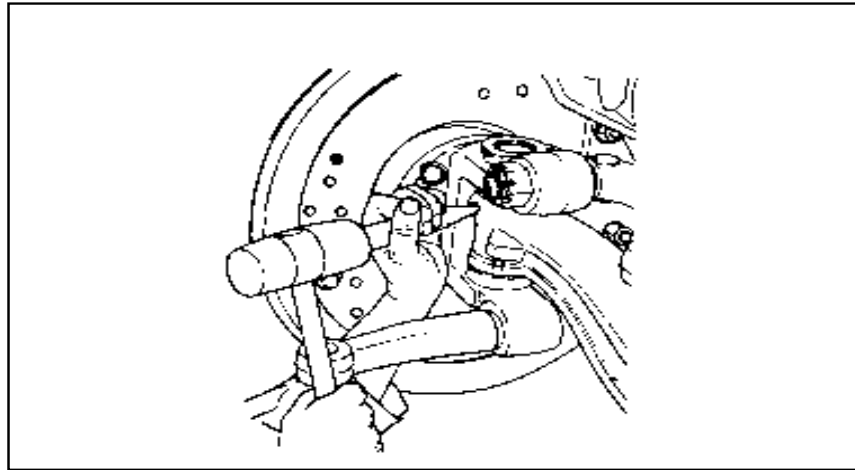
- e. Retirar la barreta.
- 6. Instalar el perno maestro con el siguiente procedimiento. Figura 39.
  - a. Aplique el lubricante específico a la mitad inferior del perno maestro.
  - b. Instale el perno maestro en la parte superior del muñón. Asegúrese de que la palabra "TOP" quede hacia arriba.
  - c. Gire el perno maestro para alinear las ranuras de este con los barrenos para las cuñas de la viga.



**Figura 39. Instalación del perno**

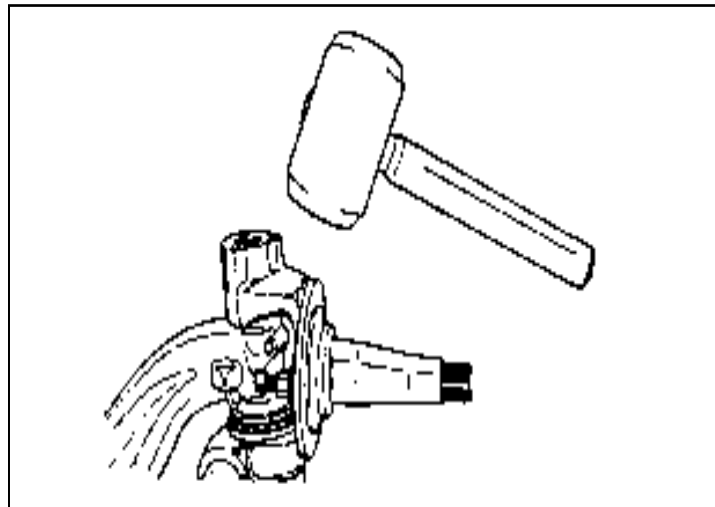
- d. Empuje el perno maestro a través del buje superior, el reten y el paquete de lanas. Si el perno no entra fácilmente, asegúrese de alinear las piezas. Se debe usar gafas protectoras. No deben golpearse piezas aceradas con martillos acerados. Las piezas podrían romperse y causar lesiones.

- e. Empuje el perno maestro dentro del buje inferior. Si fuera necesario, use un martillo de bronce para conducir el perno dentro del buje. Asegúrese de que todas las piezas estén alineadas.
  - f. Asegurarse de que las ranuras del perno queden alineadas con los barrenos de la viga. No debe asentarse totalmente, ni apriete las cuñas en la viga hasta que el juego vertical haya sido revisado y ajustado.
7. Instale la cuña superior en el frente de la vida y la inferior en la parte trasera de la misma. Asegúrese de que las cuñas entren en las ranuras del perno maestro. Figura 40.
8. Revise el juego vertical del muñón de acuerdo con el siguiente procedimiento.



**Figura 40. Instalación de las cuñas**

- a. Golpee la joroba del muñón con un mazo de hule para que las piezas se acomoden en su lugar. Figura 41.

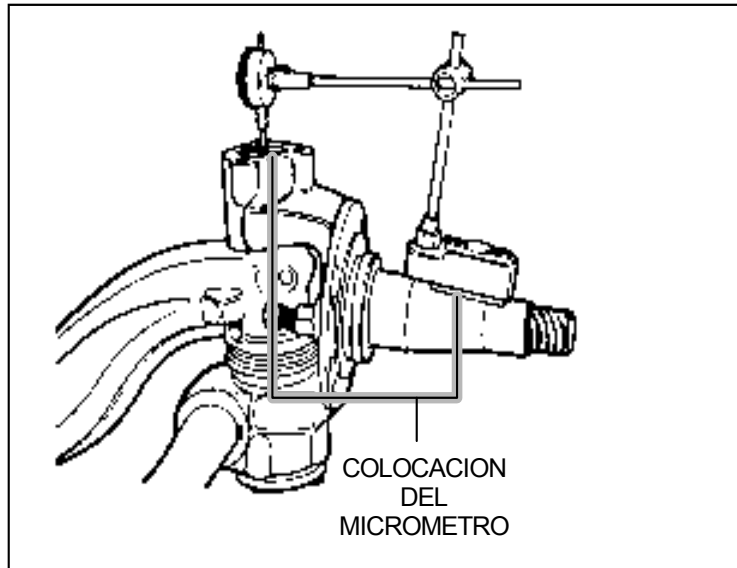


**Figura 41. Acomodamiento de piezas**

- b. Gire el muñón hasta dejarlo en línea con la viga del eje.



- c. Instale un micrómetro de carátula. Ponga la base sobre el muñón y la punta de contacto sobre el centro del perno maestro. Ajuste el micrómetro a “cero” (0). Figura 42.

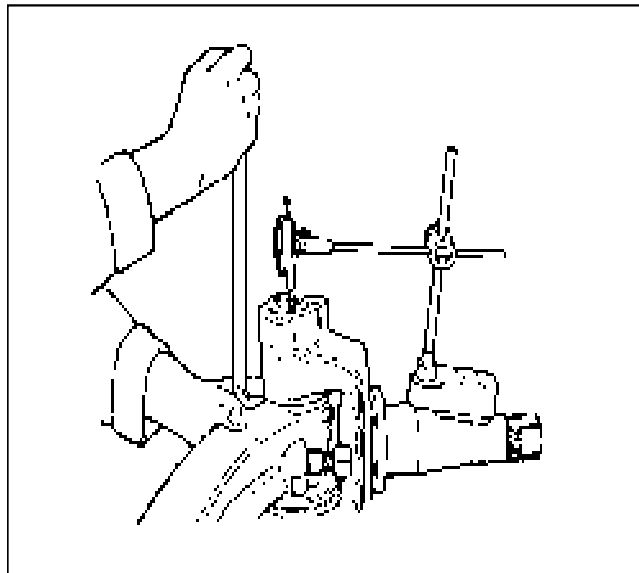


**Figura 42. Colocación del micrómetro**

- d. Use uno de los siguientes métodos para medir el juego longitudinal:

**Método I**

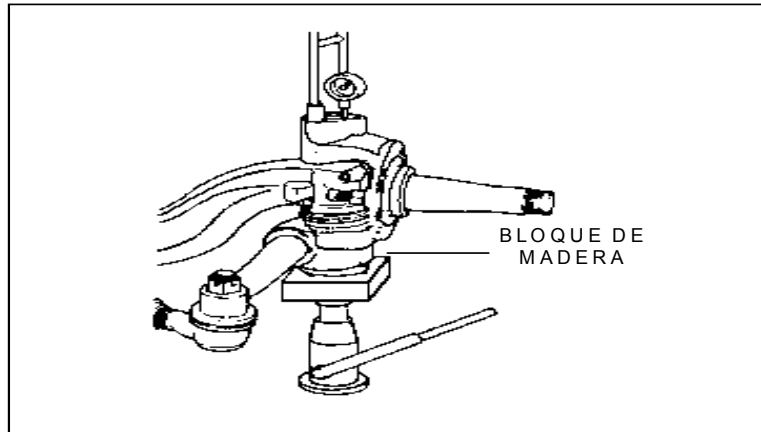
Colocar una palanca entre el muñón y la parte superior de la viga. Empuje el muñón hacia arriba y mida el juego. Figura 43. Si usa un gato de botella para medir el juego, use dos torres de seguridad para cargar el eje. Si no usa torretas, el eje podría caerse y lesionarlo.



**Figura 43. Medición del juego método I**

## Método II

Colocar el bloque de madera y un gato de botella de bajo del muñón. Levante el muñón hasta que la punta de contacto del micrómetro se detenga. Figura 44.



**Figura 44. Medición del juego método II**

- e. Repita los pasos C y D con el muñón en las posiciones de giro completo a la derecha y giro completo a la izquierda.
- f. El juego debe de ser de 0.025-0.635 mm. (0.001"-0.025") en todas las posiciones.

Si el muñón se aprieta o se obtiene una lectura cero (0), saque laines del conjunto.

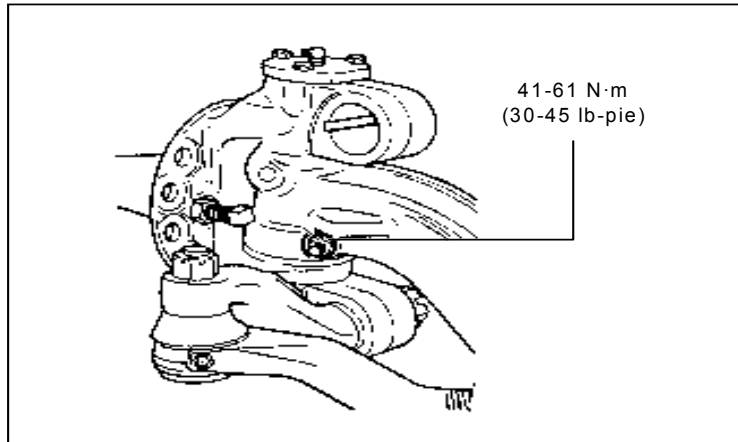
Si se obtiene una medición mayor a 0.635 mm. (0.025"), agregue laines al conjunto.

Se deben usar gafas protectoras. No golpee partes aceradas con un martillo acerado. Las piezas podrían romperse y lesionarlos. Además debe asegurarse que la cuña este instalada completamente y que de la tuerca – seguro este apretada a la torsión especificada. Si no fue instalada correctamente, tanto el perno como el muñón y la viga sufrirán daños.

- 9. Aceite y apriete las cuñas. Para realizar está actividad se tiene que realizar el siguiente procedimiento:

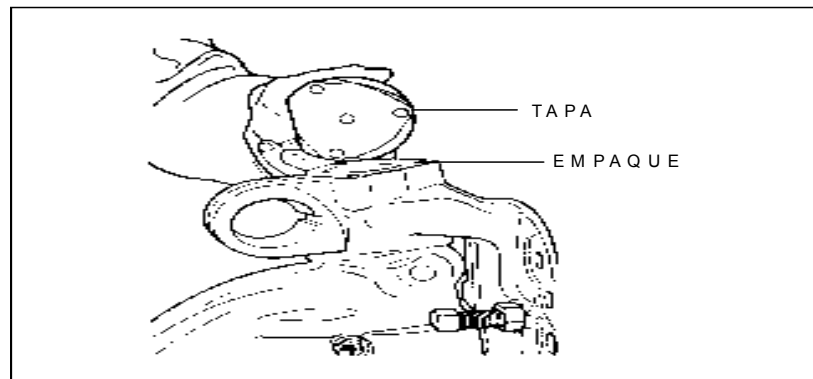
### **Cuñas con rosca**

En cuñas con rosca, instale la tuerca de seguridad y apriete a 41-61 N.m (30 – 45 lb.-pie).  
Figura 45.



**Figura 45. Apriete de la cuña**

- 10.** Instale empaques nuevos y las tapas superior e inferior del muñón. Instale los tornillos y apriételos a 27 - 41 N.m (20 – 30 lb-pie). Figura 46.



**Figura 46. Colocación de la tapa**

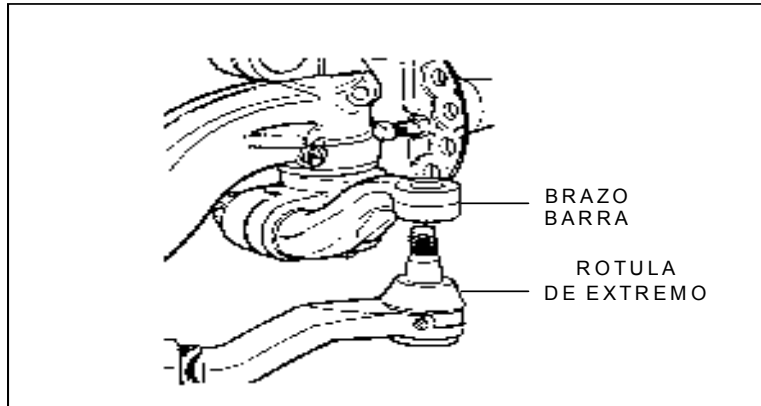
- 11.** Instale el brazo barra en el muñón. Vea el procedimiento.  
**12.** Instale el conjunto de frenos en el muñón.  
**13.** Lubrique los rodamientos de las ruedas.  
**14.** Instale el ensamble tambor, rueda y llanta.  
**15.** Instale el rodamiento exterior de la rueda en el cubo. Instale la tuerca de ajuste.  
**16.** Ajuste los rodamientos de las ruedas.  
**17.** Instale el empaque y la tapa del cubo. Instale los tornillos y apriételos de 27-41 N.m (20–30 lb- pie).  
**18.** Baje el vehículo al piso. Revise que la operación sea adecuada.  
**19.** Revise y ajuste la convergencia.

### **Instalación de brazos barra, rotulas y barra transversal**

Si se instala un brazo barra distinto al especificado (como por ejemplo uno que aumente el ángulo de giro), la geometría direccional cambiaría ocasionando desgaste normal de llantas. Es por ello que debe de instalarse el correcto, realizando el siguiente procedimiento:

- 1.** Instale la cuña en la ranura del brazo.

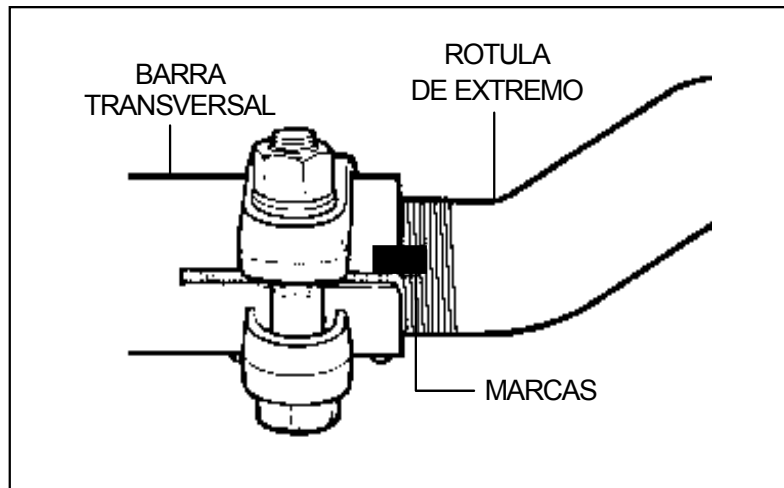
2. Instale el brazo barra en el muñón. Figura 47.



**Figura 47. Instalación del brazo barra**

3. Instale la tuerca del brazo.
4. Instale las chavetas. Si fuese necesario, apriete adicionalmente hasta alinear los agujeros. No afloje la tuerca para instalar la chaveta. La barra transversal tiene rosca derecha en un extremo e izquierda en el otro.
5. Si se quitaron las rotulas de extremo, instélaslas en la barra en la posición marcada cuando se desarmo. Figura 48.

Si son instaladas rotulas de extremo nuevas, gírelas sobre las roscas de la barra transversal para obtener el largo deseado.



**Figura 48. Marcas de aliniamiento**

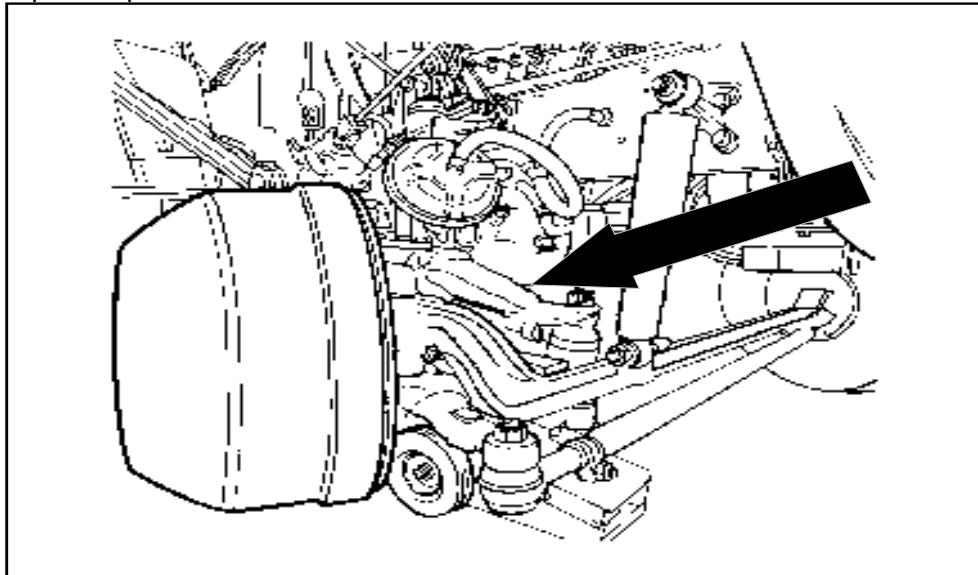
6. Instale los tornillos y las tuercas en las abrazaderas apretando estas a la tensión especificada.
7. Conecte los brazos y las rotulas de extremo.
8. Instale las tuercas de las rotulas. Apriételas a la torsión especificada.
9. Instale las chavetas. Si fuese necesario, apriete la tuerca adicionalmente para alinear los agujeros. Nunca afloje para alinear e instalar la chaveta.
10. Revise la convergencia y, si fuera necesario, ajústela.

### Instalación del brazo direccional

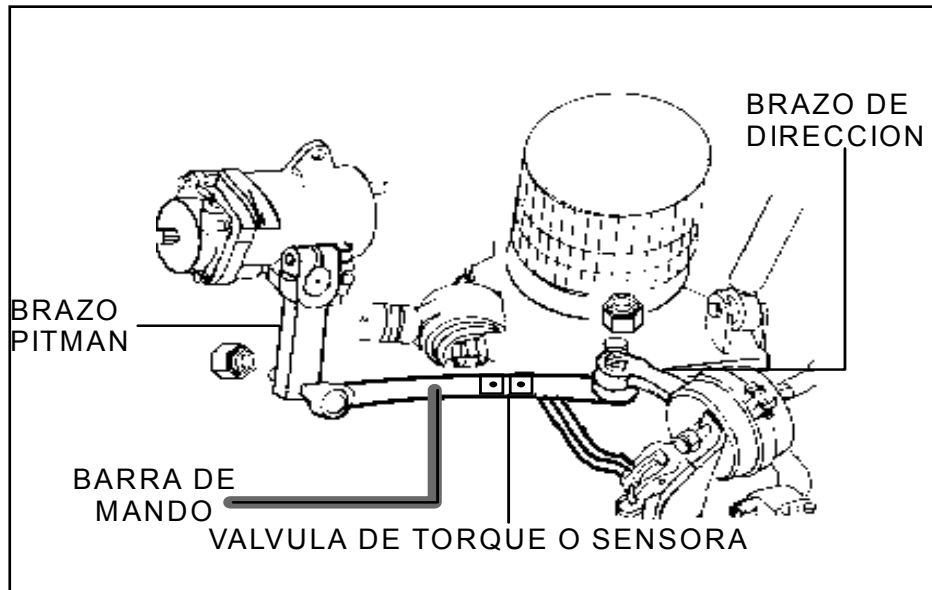
1. Instale la cuña en la ranura del brazo direccional.
2. Instale el brazo en el muñón. Instale la tuerca de sujeción, apriétela a la torsión especificada y luego instale la chaveta. Figura 49.
3. Verifique la operación correcta del brazo direccional.

### Instalación de la barra de mando

1. Conecte la barra de mando al brazo direccional.
2. Conecte la barra de mando al brazo pitman. Figura 50.
3. Instale las tuercas y apriete según las especificaciones.
4. Instale las chavetas. Si es necesario alinear los agujeros, apriete adicionalmente la tuerca, no la afloje.
5. Lubrique las rotulas.
6. Verifique la operación correcta del sistema de dirección.



**Figura 49. Ubicación del brazo direccional**



**Figura 50. Ubicación de la barra de mando**

### **Inspección antes de alinear**

Antes de efectuar una alineación de ruedas delanteras se debe verificar lo siguiente

En ruedas y neumáticos (llantas):

- Asegurarse que los neumáticos tengan de aire especificadas, sean del mismo tamaño y tipo.
- Las tuercas de las ruedas tengan el apriete especificado.
- Las ruedas estén balanceadas.

En suspensión delantera, los tornillos y tuercas deben estar apretados a la tensión especificada, se deben inspeccionar los amortiguadores por desgaste y daños, así como el ajuste y la alineación del eje en la unidad.

### **3.2. Mantenimiento preventivo de eje trasero y suspensión trasera**

Los neumáticos delanteros pueden desgastarse por causa del eje trasero. Si la orilla exterior de una llanta delantera esta desgastada y la orilla interior de la otra también lo esta, revise lo siguiente que los tornillos y tuercas estén apretados a la torsión especificada, la barra de torsión este instalada correctamente, las cámaras de aire estén a la misma altura y que el eje trasero este alineado correctamente.

Para realizar la alineación de ruedas delanteras, se debe revisar cuando se dificulte la operación de la dirección del vehículo y cuando el desgaste sea disperejo en los neumáticos.

Existen dos tipos de alineación delantera: la alineación menor y mayor.

- a. Alineación menor (cada 5,000 Km. o 3,125 millas).

Afectuella para mantenimiento normal. Siga esta secuencia:

1. Inspeccione todos los sistemas que efectúan la alineación.
2. Revise y ajuste los rodamientos de las ruedas.
3. Revise y ajuste la convergencia "Toe-In".

b. Alineación mayor (Cada 10,000 Km. o 6,250 millas).

La alineación mayor debe efectuarse para corrección de fallas en la dirección y cuando exista desgaste desigual en los neumáticos, para lo cual debe seguirse esta secuencia:

1. Inspeccione todos los sistemas que efectúan la alineación.
2. Verifique y ajuste los rodamientos de las ruedas.
3. Revise y ajuste el ángulo de giro (Toe – Out en vueltas o ángulo Ackerman).
4. Revise la inclinación del perno maestro (o eje direccional).
5. Revise el ángulo de inclinación "Camber".
6. Revise y ajuste el ángulo de verticalidad "Caster".
7. Revise y ajuste la convergencia. (Toe – in).

El ajuste del ángulo máximo de giro se hace solo si es absolutamente indispensable. **No debe aumentar** el ángulo de giro. Si se aumenta, los brazos de dirección, la barra transversal y las rotulas se dañaran.

Además se debe revisar el ángulo de las llantas delanteras si éstas rozan con la estructura o si se ha dado servicio a la caja de dirección, para lo cual se debe utilizar un equipo de alineación confiable para revisar el ángulo.

El tornillo de tope en la parte trasera del muñón controla el ángulo máximo de giro.

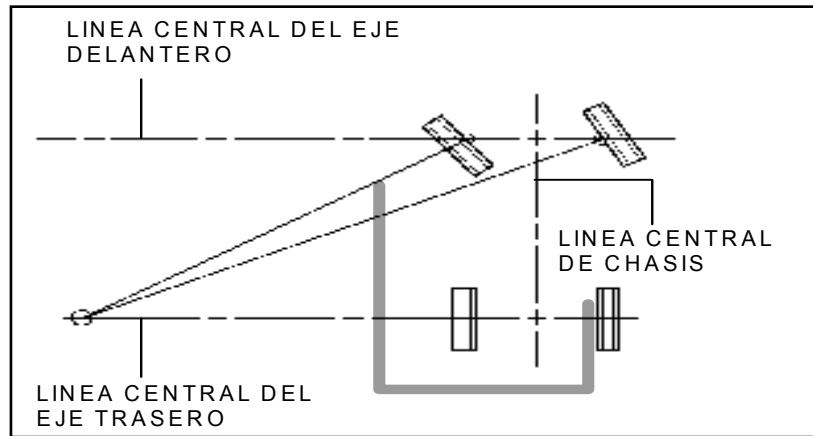
## **Alineación de ruedas**

Para realizar la alineación de ruedas debe poner atención en: ángulo de giro radial, inclinación del perno maestro, ángulo camber, ángulo de caster, ajuste de convergencia (TOE IN) y Lubricación

### **1. Ángulo de giro radial**

Al dar vuelta en cualquier dirección, la rueda interior debe girar un ángulo mayor al de la rueda exterior. Ese es el ángulo de giro radial (a menudo llamado "ángulo de ackerman"). Figura 51. El ángulo es construido como parte del diseño de los brazos, las rotulas y la barra transversal (juntos en un ensamble), para proporcionar el mejor contacto posible al piso y para minimizar el desgaste de los neumáticos durante las vueltas.

Hay que revisar el ángulo con las placas radiales del equipo de alineación. Siga el procedimiento que da el fabricante del equipo.



**Figura 51. Ángulo de giro radial o ángulo ackerman**

Si el ángulo no se haya dentro de especificaciones ( $35^\circ$  máximo), el resultado será el desgaste anormal de los neumáticos. Inspeccione por desgaste o daños en el muñón, los brazos barra, las rotulas y la barra transversal. Repare según se requiera.

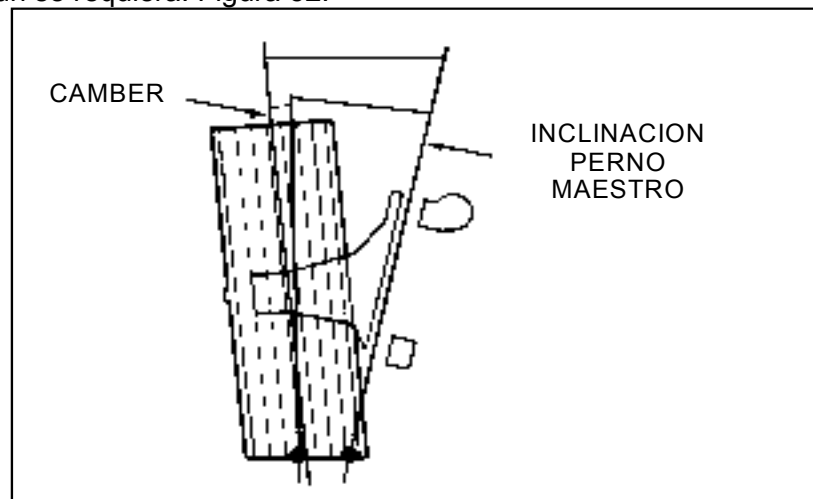
## 2. Inclinación del perno maestro

La inclinación del perno maestro (o eje direccional), es el ángulo medido entre la línea central del perno maestro y la posición vertical (visto desde el frente del vehículo).

La inclinación del perno maestro y el ángulo "camber", ponen el centro aproximado del piso del neumático en contacto con el camino.

Esto reduce los esfuerzos para dirigir el vehículo y mejorar la estabilidad direccional.

Para verificar el ángulo de inclinación del perno debe usarse un equipo de alineación. Además debe verificar el procedimiento del fabricante del equipo. La inclinación del perno maestro no es ajustable. Si no es la especificada, revise la viga y el muñón por daños. Proceda según se requiera. Figura 52.



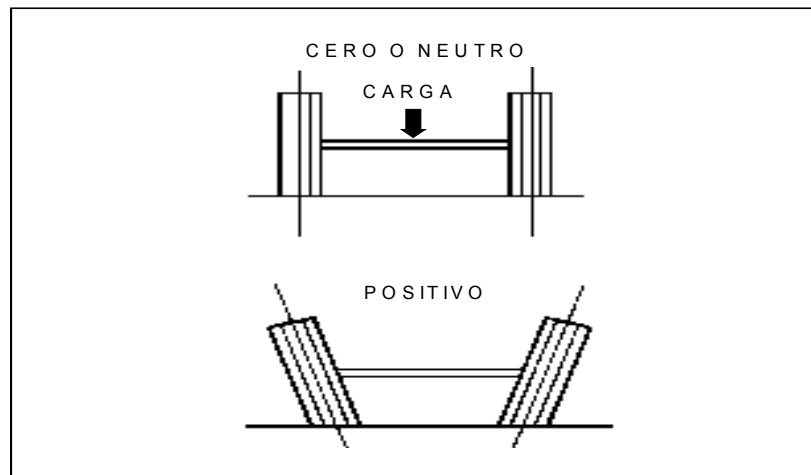
**Figura 52. Inclinación del perno maestro**



### 3. Ángulo Camber

El Ángulo Camber no es ajustable, DIRONA no recomienda cambiarlo ni doblar la viga del eje. Si se hiciera, se debilita su fuerza y la garantía quedaría sin efecto. El eje podría dañarse y ocasionar un accidente.

Camber es el ángulo de la llanta con respecto al piso. Es positivo cuando la distancia entre la parte superior de las ruedas es mayor que la distancia de las mismas en el piso. Una pequeña cantidad de este ángulo (positivo) esta contenido en el muñón, puesto que cambia con la carga. Esto nos da un ángulo cero (0) cuando el vehículo es operado con carga normal. Figura 53.



**Figura 53. Ángulo camber**

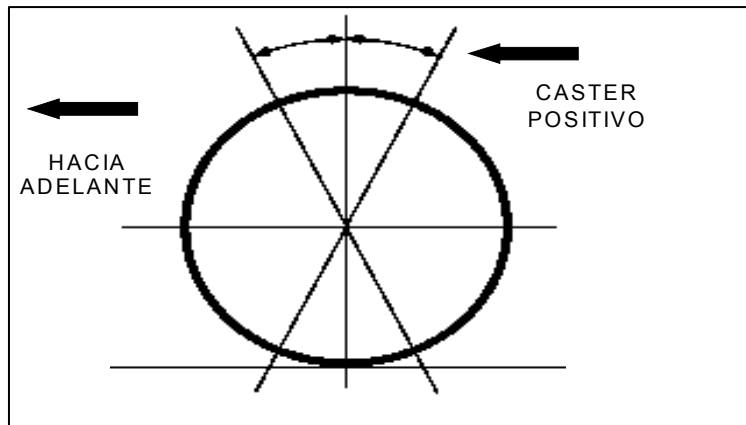
Si el ángulo estuviera fuera de especificación por más de  $1/2^\circ$ , los neumáticos se desgastarían anormalmente. Los neumáticos convencionales mostrarían mayor desgaste que los radiales si hay excesivo ángulo camber.

El ángulo camber no es ajustable pues forma parte del maquinado de la viga del eje. Si no se estuviese dentro de especificaciones, revise la viga del eje y el muñón por daños. Debe usarse un equipo de alineación para su medición y seguir el procedimiento que indique el fabricante del equipo.

### 4. Ángulo de caster

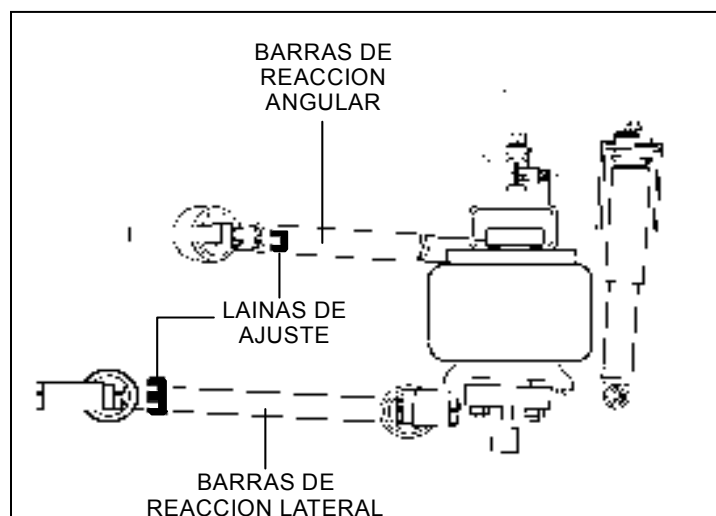
El ángulo de caster es el ángulo desde la posición vertical a la línea del centro del perno maestro cuando se ve desde un costado del vehículo. Si la parte superior del perno estuviese hacia la parte trasera del vehículo, el ángulo de caster es positivo. Esto causa un movimiento de auto ajuste para estabilizar el vehículo cuando se maneja en línea recta hacia adelante. Si el ángulo de convergencia es demasiado, la dificultad al conducir será mayor o bien podría resultar un bamboleo excesivo (shimmy) en las ruedas. Figura 54.

El ángulo de caster se ajusta en el proceso de fabricación. No obstante, si fuese necesario reajustarlo en operaciones de servicio, el control se logra poniendo o quitando laminas en la barra de reacción angular o en las barras de reacción lateral, según el caso.



**Figura 54. Ángulo caster**

Si desea aumentar el ángulo coloque laines tipo "C" en los tornillos que sujetan la barra angular a los soportes soldados a la estructura, si desea disminuirlo, quite laines de los tornillos antes mencionados o bien coloque laines tipo "E" en los tornillos que sujetan las barras de reacción lateral a los soportes soldados a la estructura. Figura 55.



**Figura 55. Ajuste de ángulo caster**

## **5. Ajuste de convergencia (TOE IN)**

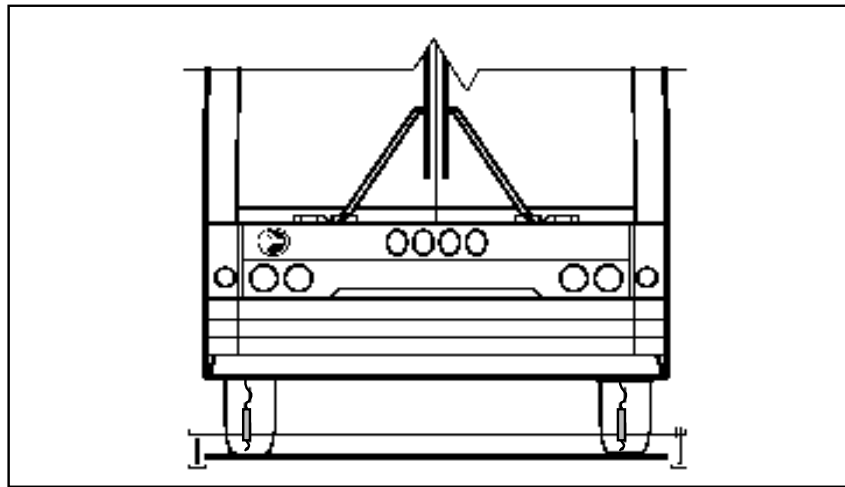
Convergencia es la relación de la distancia entre la parte anterior de las llantas delanteras y la parte posterior de las mismas. Cuando la distancia interior es menor que la posterior se dice que las llantas están en convergencia.

Esta convergencia en las llantas del vehículo tiene la finalidad de contrarrestar la tendencia de aquellas a abrirse en la parte interior (divergencia) cuando el vehículo este en marcha. El ajuste incorrecto en la convergencia ocasionara desgaste rápido en las llantas.

La mayor parte del desgaste de las llantas se debe al ajuste de convergencia incorrecto. No hay necesidad de cambiar los ajustes camber y costos para corregir estos problemas.

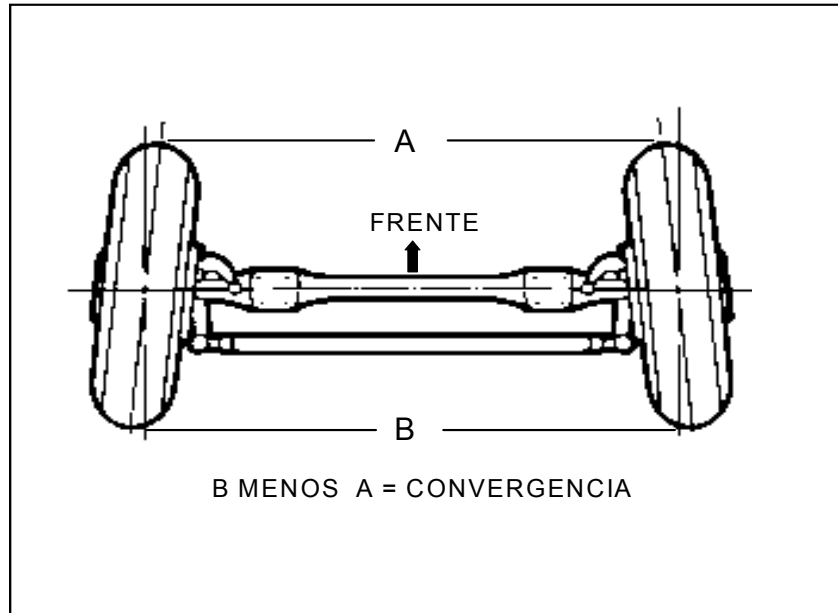
Si el eje fuera doblando para cambiar los ajustes antes mencionados, su fuerza se reduce y la garantía quedara sin efecto. Un eje dañado al doblado puede causar un accidente al vehículo y a los pasajeros.

- a. Asegúrese de que el vehículo este sobre una superficie plana. Coloque calzas detrás y al frente y al frente de las ruedas traseras para evitar que el vehículo se mueva. Levante el vehículo hasta que las ruedas delanteras queden separadas del piso. Levante el vehículo hasta que las ruedas delanteras queden separadas del piso.
- b. Use pintura o gis para marcar el área central de ambas llantas delanteras en el piso o dibujo de las mismas.
- c. Ponga los señaladotes punteros de una barra de trabas en las marcas de cada llanta. Haga girar las ruedas. Asegúrese de que una línea de centro sea marcada sobre el área central de cada llanta. No mida la convergencia (Toe-in) con el eje delantero levantado. El peso del vehículo debe descansar sobre el eje al medir la convergencia (Toe-in).
- d. Baje el vehículo al piso. Mueva hacia delante y hacia atrás aproximadamente 3 metros (10 pies).
- e. Ponga la barra de trabas en la parte posterior de las llantas. Levante los punteros de tal forma que queden a nivel con el eje. Alinee los punteros con las líneas de centro de las llantas, mida y anote la distancia entre los punteros.
- f. Ponga la barra de trabas al frente de las llantas. Levante los punteros para que queden a nivel con eje. Alinee los puntos con las líneas de centro de las llantas. Mida y anote la distancia entre los punteros. Figura 56.



**Figura 56. Colocación de los punteros**

- g. Para obtener la medida de la convergencia, reste la lectura del frente de las llantas de la lectura de la parte posterior de las mismas. Figura 57.



**Figura 57. Obtención de medida de convergencia**

- h. Si la medida de la convergencia esta fuera de especificaciones, siga este procedimiento para ajustarla:
- Afloje la abrazadera en cada extremo de la barra transversal.
  - Haga girar la barra hasta obtener la convergencia especificada.
  - Apriete tuerca y tornillo en cada extremo de la barra a la torsión especificada.
- i. Repita los pasos 5,6 y 7 para revisar la dimensión de la convergencia (Toe – in).

## 6. Lubricación

Deben lubricarse los pernos maestros con grasa a base de litio NLGI 1 y las rotulas de extremo, rotula de brazo direccional y los rodamientos de las ruedas con grasa a base de litio NLGI 2.

### a. Lubricación de pernos maestros

Este procedimiento es aplicado en los ejes de la serie FL941. Vea la placa de identificación sobre la viga.

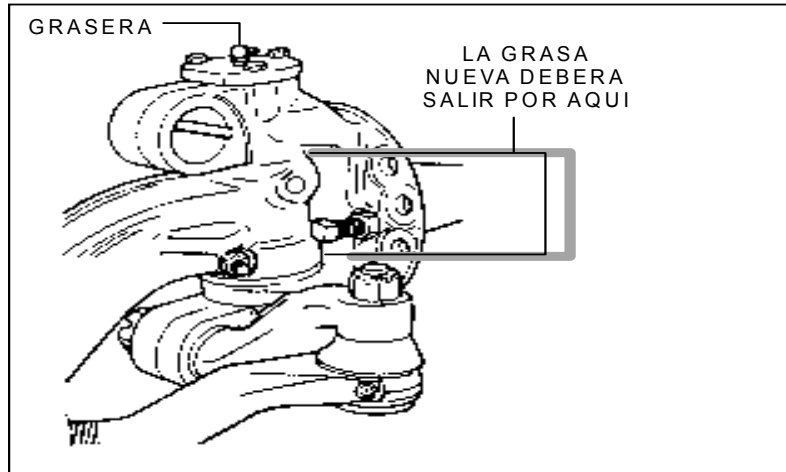
No trabaje de bajo de un vehículo soportado solamente por gatos, ya que estos pueden caerse o resbalarse y causar lesiones de gravedad.

Los ejes frontales de fácil dirección, las agraceras están en las tapas, superior e inferior, de los pernos maestros en el muñón.

El eje debe lubricarse antes de ponerlo en servicio y después de los primeros 6500 Km. (4000 millas) de operación.

Para lo cual se debe realizar lo siguiente:

1. Levante el vehículo hasta que las llantas delanteras se separen del piso. Apoye el vehículo sobre torretas de seguridad. Ponga calzas adelante y atrás de las ruedas traseras para evitar que el vehículo se desplace.
2. Lubrique los pernos maestros a través de las graseras en la parte superior e inferior de los muñones. Figura 58.
3. Aplique lubricante hasta que salga grasa nueva entre el reten del rodamiento de carga y paquete superior de lanas.

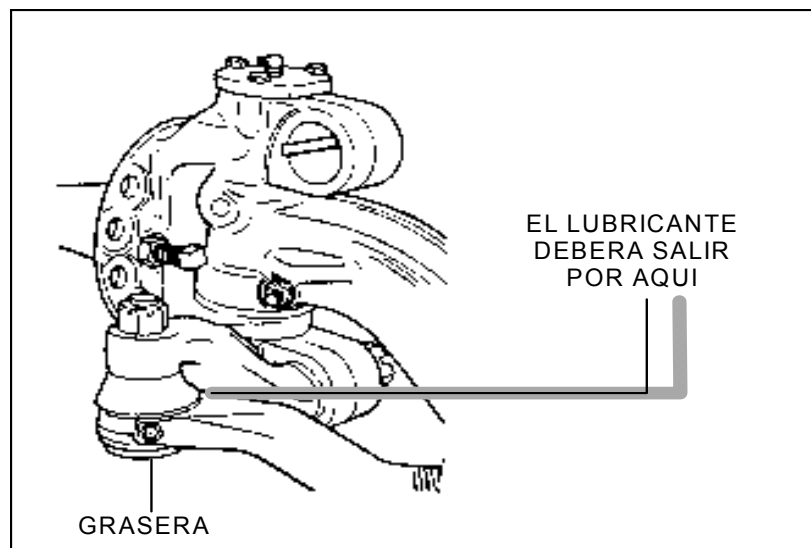


**Figura 58. Lubricación de pernos maestros**

#### **b. Lubricación de rotulas**

Son las rotulas de extremo y las rotulas de barras de mando, se hace lo siguiente:

1. Asegúrese de que las llantas toquen el piso.
2. Aplique lubricante hasta que salga grasa nueva por el cubre polvo. Figura 59.



**Figura 59. Lubricación de rotulas**

### c. Lubricación de rodamientos (baleros) de rueda

1. Quite la rueda. Quite y desarme el cubo.
2. Quite el lubricante viejo a todas las piezas. Deseche los retenes. Inspeccione los rodamientos por desgaste o daños. Reemplace los que estén dañados o desgastados.
3. Fuerce lubricante especificado desde el extremo grande de los conos hasta las cavidades entre los rodillos y la jaula. Empaque entre los tazas de los rodamientos con lubricante hasta el nivel del diámetro mas pequeño de estas.
4. Instale el rodamiento interior en la taza del cubo. Las tazas deben de entrar a presión contra el hombro en el cubo.
5. Instale retenes nuevos en el cubo.
6. Instale el conjunto cubo- llanta. Instale el rodamiento exterior en el cubo. Instale la tuerca de ajuste.
7. Ajuste los rodamientos.
8. Ponga grasa dentro de la tapa del cubo e instálela con su empaque. Figura 60.

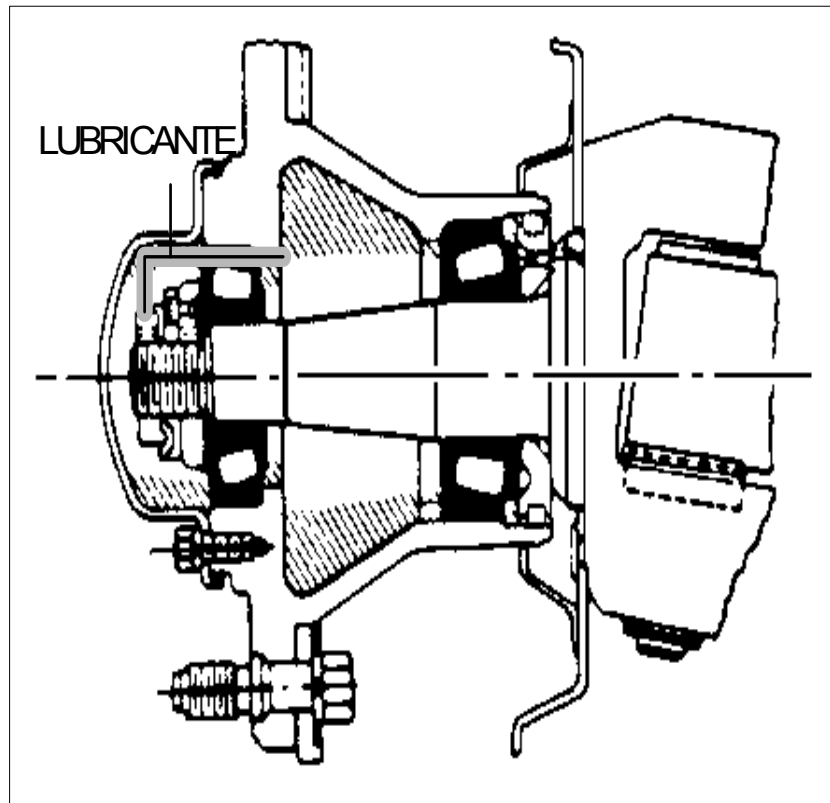
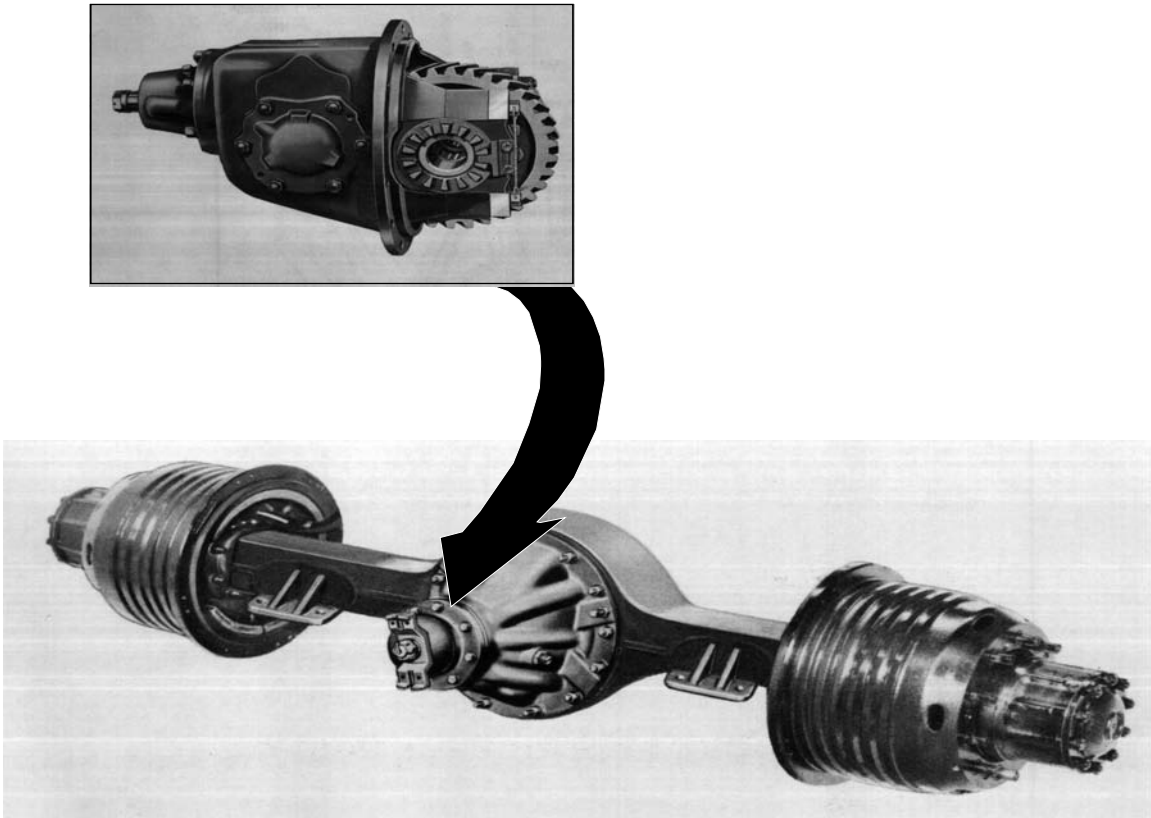


Figura 60. Lubricación de rodamientos

### Mantenimiento del eje trasero

El trolebús tiene instalado un eje trasero motriz de tipo flotante con unidad de mando de doble reducción que incorpora engranes con dientes hipoidales curvos en la reducción primaria y engranes con dientes helicoidales rectos en la reducción secundaria. Figura 61.



**Figura 61. Eje trasero con unidad de mando de doble reducción**

### **Diagnóstico de ruidos**

Cuando se diagnostique un ruido en el eje, es conveniente obtener información completa del ruido y de las condiciones en las cuales ocurre. Es recomendable efectuar una prueba preliminar en ruta.

La acción de transmitir la torsión del motor a las ruedas producirá ruido con cualquier eje. Los ruidos ligeros limitados a un breve rango de velocidad o a un periodo específico son considerados normales.

Los ruidos producidos por el motor, llantas, baleros de rueda, flecha propulsora o la acción del viento sobre la carrocería pueden ser incorrectamente diagnosticados como ruido de eje. Es importante probar el vehículo cuidadosamente para aislar el componente del problema y evitar reparaciones innecesarias.

Antes de efectuar la prueba en ruta, verifique y corrija la presión de inflado (100 PSI) de las llantas y el nivel de lubricación en el eje.

### **Diagnóstico de ruido en llantas**

Dado que ciertos tipos de patrón de desgaste o de dibujo en las llantas puede producir ruidos inconvenientes, conduzca el vehículo sobre diferentes tipos de superficies y escuche si hay algún cambio en el ruido. Si el ruido varía con el tipo de superficie, las llantas pueden ser la causa.

## **Diagnóstico de baleros de rueda**

Los baleros de rueda gastados, flojos o dañados pueden ser confundidos con ruidos del eje. El ruido de baleros de rueda es generalmente mas notable cuando se conduce en rueda libre a bajas velocidades del vehículo. Aplicando ligeramente los frenos mientras el vehículo esta en movimiento generalmente el ruido de baleros cambia.

Otra prueba consiste en variar alternativamente el vehículo de izquierda a derecha mientras se conduce en línea recta, relativamente a baja velocidad. Esta maniobra aplica cargas laterales a los baleros haciendo que el problema de ruido en los baleros sea más acentuado.

## **Prueba y diagnóstico del eje**

Antes de probar el eje, conduzca el vehículo una distancia suficiente para calentar las partes del eje y el lubricante.

Los ruidos del eje están generalmente relacionados a la velocidad del vehículo, más bien a las r/min. del motor.

Los ruidos del eje pueden ser clasificados dentro de dos tipos: ruido de engranes y ruido de baleros. El ruido de engranes es a menudo es descrito como un gemido o sonido resonante de tono alto. Es generalmente mas pronunciado a ciertas velocidades del vehículo y dentro de un rango angosto de velocidad bajo una condición de carga en aceleración, carga en desaceleración o velocidad constante.

El ruido de baleros del eje es generalmente constante y el tono esta relacionado a la velocidad del vehículo.

Dado que el piñón gira mas rápido que la corona, los baleros del piñón producen un sonido de tono más agudo que los baleros de la corona. El ruido de los baleros del piñón generalmente es escuchado a bajas velocidades del vehículo de 40 a 50 Km./h (20 a 30 mph) aproximadamente.

Los baleros del diferencial o de corona producen un sonido de tono bajo debido a que están girando casi a la misma velocidad de las ruedas. El ruido de los baleros del diferencial no variara cuando el vehículo sea girado alternadamente de derecha a izquierda o cuando los frenos sean aplicados ligeramente.

## **Juego muerto**

El juego muerto excesivo en el tren propulsor puede ser el resultado de juego muerto en las estrías de los yugos de la flecha cardan, juntas universales (cruquetas), corona y piñón, engranes de diferencial o estrías de las flechas de tracción.

## **Otras condiciones del eje**

Un golpeteo que se escucha a baja velocidad o con carga en desaceleración puede ser causado por flojedad en los engranes planetarios del diferencial.

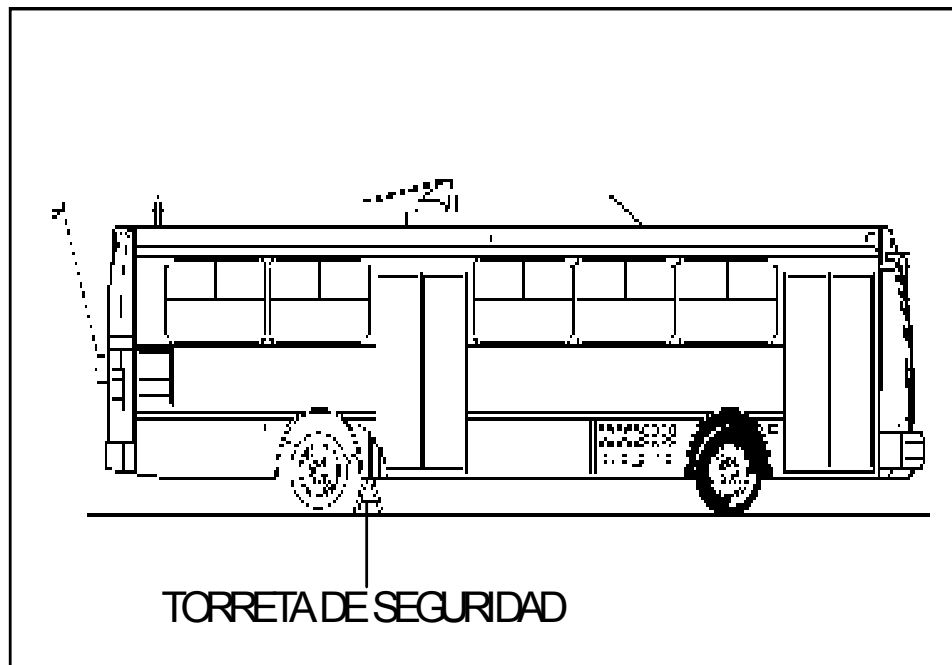


Si se presenta esta condición, opera el vehículo a la melosidad en la cual el ruido es más fuerte y aplique ligeramente los frenos. Si la flojedad de los engranes esta causando el problema, el nivel de ruido generalmente disminuirá cuando los frenos sean aplicados.

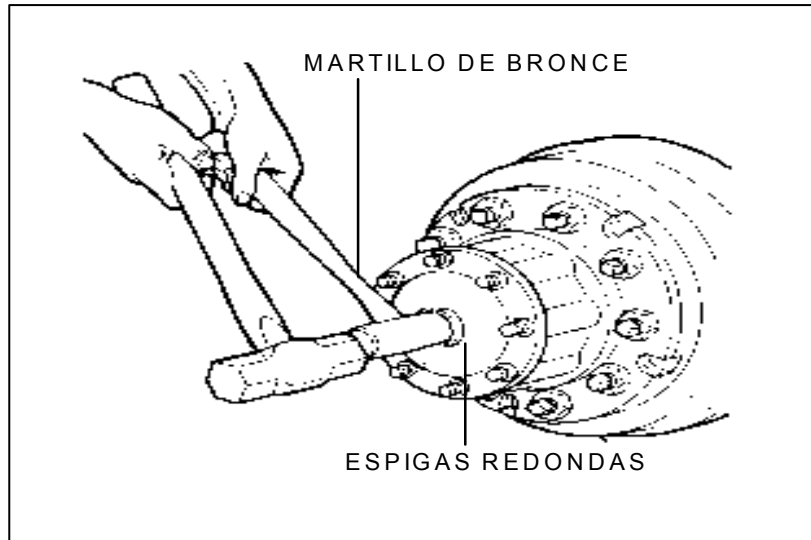
El ruido de engranes de diferencial es considerado normal cuando una rueda es girada con un impulsor de ruedas del tipo que se instala sobre el vehículo o cuando las ruedas son patinadas sobre el hielo u otro tipo de superficie de baja tracción.

Para el desmontaje de dicho ejes se realiza lo siguiente:

1. Estacione el trolebús sobre terreno plano para poder deslizar con facilidad los gatos o el dispositivo de levante.
2. Coloque torretas de seguridad en ambos lados de la plataforma, sobre la estructura en la zona que muestra la Figura 62.
3. Aplique el freno de estacionamiento y afloje las tuercas de las ruedas del eje motriz.
4. Quite lo semi-ejes en ambos extremos del eje. Si tiene dificultad para sacar las guías cónicas de los birlos, golpee el semi-eje con un martillo pesado en dirección del semi-eje opuesto y las guías saldrán por si mismas. Deben usarse gafas protectoras para los ojos. Evite golpear sobre las espigas redondas de la cabeza de los semi-eje. Podrían estar astillas y causarle heridas de gravedad.
5. Sostenga un martillo de bronce contra el centro del semi-eje, dentro de las espigas redondas. Figura 63. Coloque un recipiente para recoger el aceite que pudiera escurrir de la funda al sacar los semi-ejes.

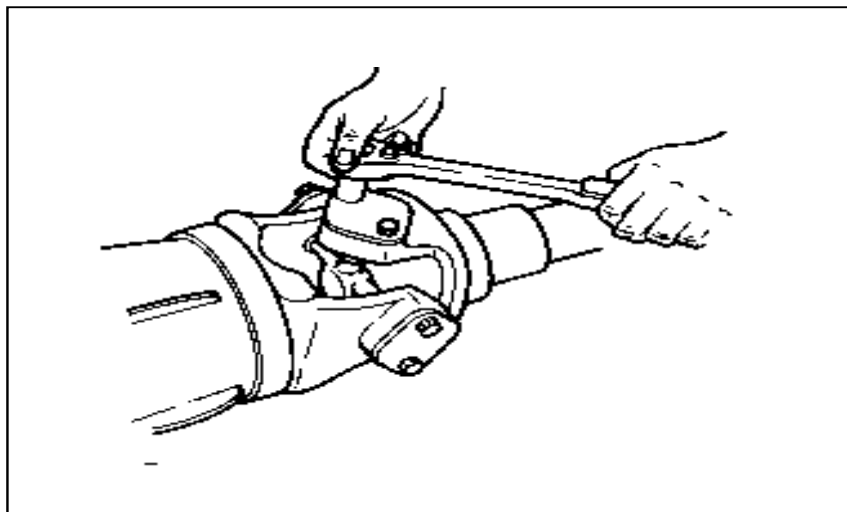


**Figura 62. Zonas para torretas de seguridad**



**Figura 63. Sacando las guías cónicas**

6. Si se va a reemplazar o a reparar el eje motriz, drene el aceite del diferencial en este momento.
7. Coloque el dispositivo de levante, debajo de la funda del eje.
8. Quite las ruedas del eje motriz.
9. Desconecte las varillas de las válvulas de control de altura.
10. Desconecte las mangueras de los frenos de las cámaras de frenos (rotocámaras).
11. Desconecte la flecha cardan en el yugo del eje. Figura 64.
12. Suelte la barra de dirección transversal quitando los tornillos que la sujetan.
13. Quite los tornillos "U" en ambos lados del eje para desacoplarlo de la suspensión.
14. Baje el dispositivo de levante y jálelo lentamente junto con el eje para retirarlos de la unidad.



**Figura 64. Desconectando la flecha cardan**

Para instalar el eje proceda a la inversa de como lo desmontó. Al instalar el eje apriete los tornillos de la suspensión a la torsión especificada, pues de ellos depende la seguridad y el éxito de un buen trabajo.

## **Unidad de mando de doble reducción**

La unidad de mando de doble reducción emplea un juego de corona y piñón cónicos con dientes hupoidales para trabajo pesado en la primer reducción y un juego de corona y piñón helicoidal de contacto completo en la segunda reducción. Ambos juegos de engranes se montan sobre baleros de rodillos cónicos. Figura 65.

Como guía para el desensamble y el ensamble de la unidad de mando, consulte la. Figura 66.

Para aplicar el procedimiento de desmontaje de la unidad de mando de la funda se asume que el eje motriz ha sido demostrado del vehículo y esta ya sobre el soporte de trabajo.

1. Quitar las tuercas y arandelas de los birlos que sujetan el carrier a la funda. Las tuercas superiores solo deben aflojarse para evitar que el carrier se caiga.
2. Emplear un martillo de cuero o plástico y afloje el carrier de la funda del eje. Quite las guías cónicas de los birlos.
3. Emplear una cadena y un dispositivo de levante para asegurar el carrier.
4. Quitar las dos tuercas superiores y las arandelas y libere el carrier empleando tornillos exteriores en los agujeros provistos para este fin. Puede emplearse una barra pequeña para enderezar el carrier en el agujero de la funda. Sin embargo, el extremo de esa barra debe estar redondeado para no dañar la brida del carrier.
5. Asegurar el carrier en un soporte como el que se ilustra en la. Figura 67.

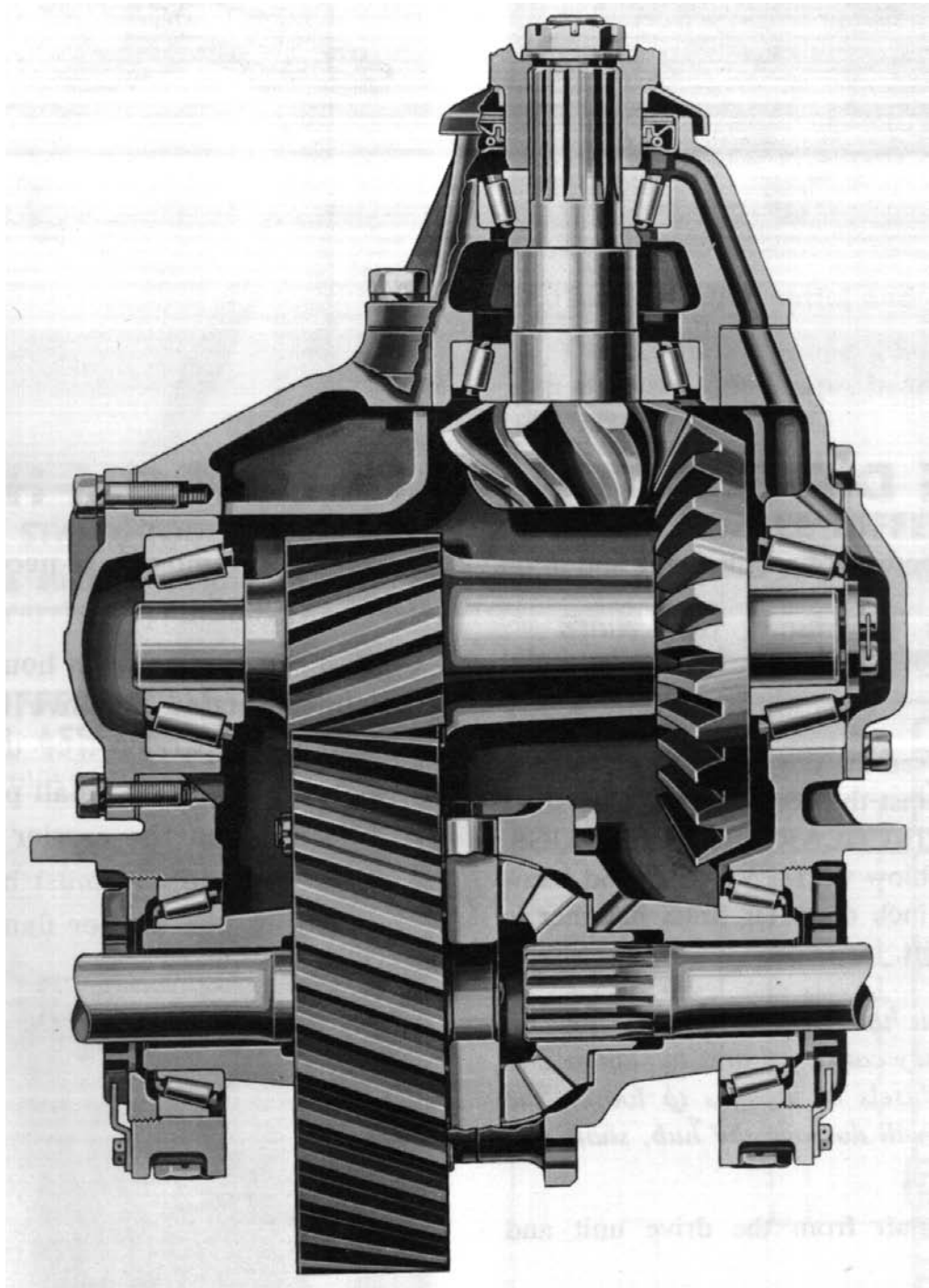


Figura 65. Unidad de mando de doble reducción

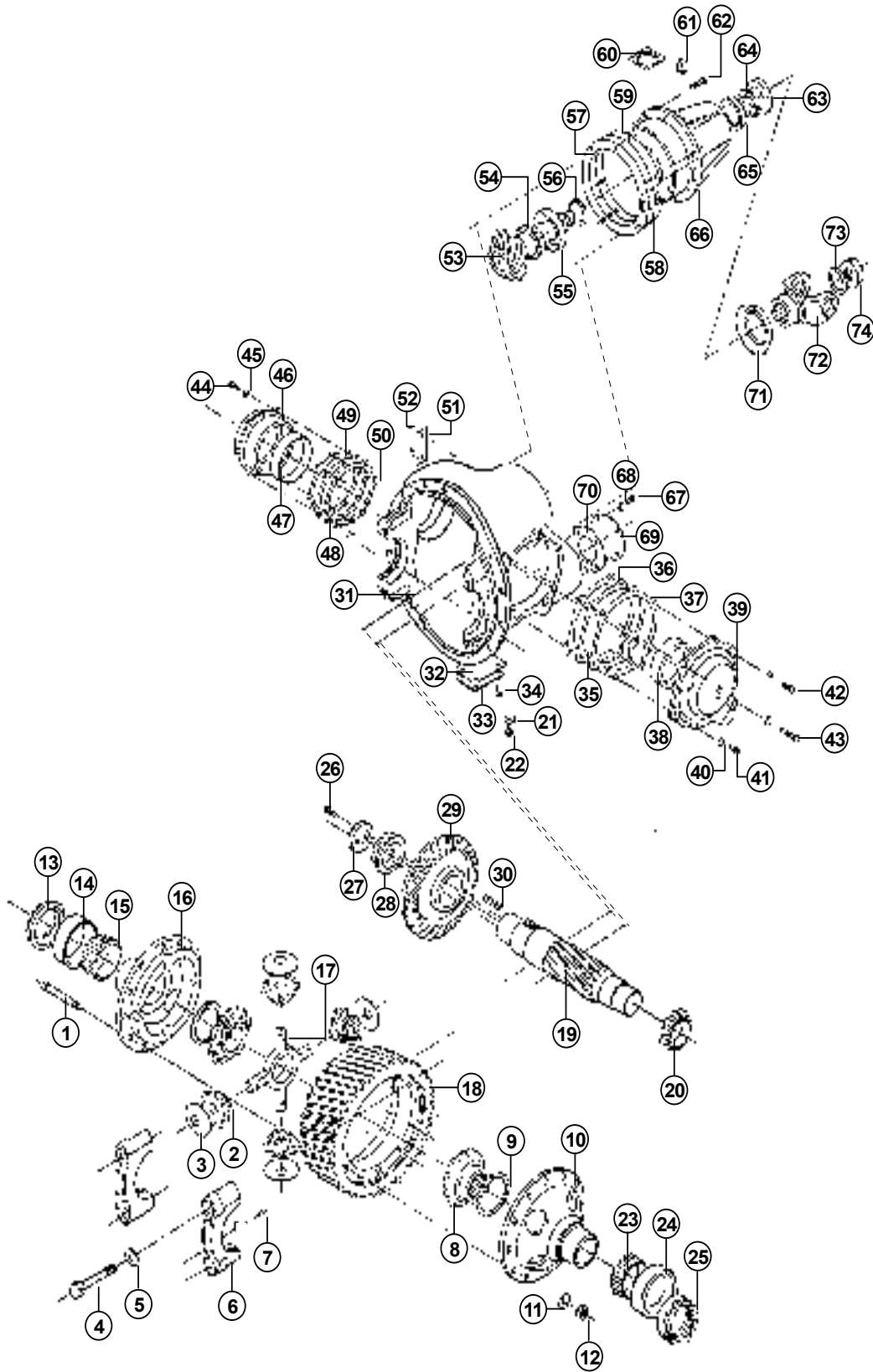
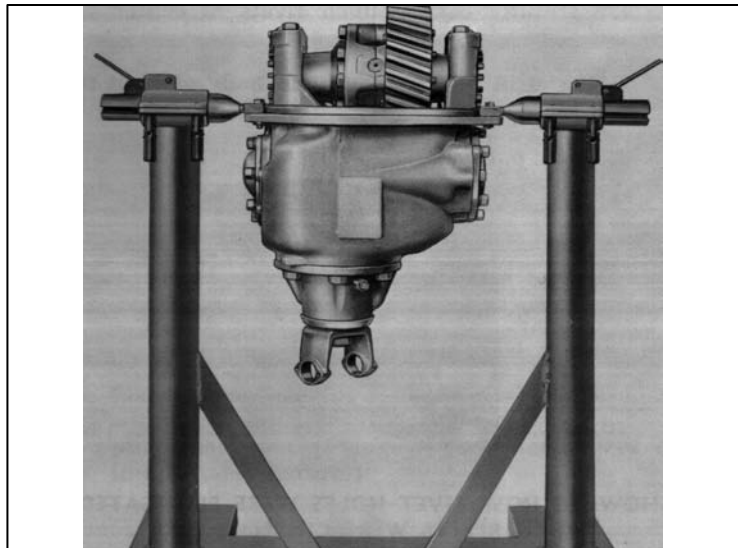


Figura 66. Vista explotada de la unidad de mando

- |                                       |                                       |                                  |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1.- tornillo sin tuerca               | 26.- tornillo sin tuerca              | 51.- placa de identificación     |
| 2.- piñon de diferencial              | 27.- arandela especial                | 52.- tachuela                    |
| 3.- arandela de empuje                | 28.- rodamiento derecho               | 53.- piñon conico                |
| 4.- tornillo sin tuerca               | 29.- engrane helicoidal conico (prim) | 54.- rodamiento interior         |
| 5.- arandela plana                    | 30.- cuña                             | 55.- taza de rodamiento interior |
| 6.- conjunto tapa de balero y guia    | 31.- alojamiento (cargador)           | 56.- espasador de rodamiento     |
| 7.- chaveta                           | 32.- empaque                          | 57.- laina .005"                 |
| 8.- engrane lateral de diferencial    | 33.- cubierta                         | 58.- laina .010"                 |
| 9.- arandela de empuje                | 34.- tornillo sin tuerca              | 59.- laina .003"                 |
| 10.- alojamiento de diferencial       | 35.- laina .003"                      | 60.- etiqueta de instrucciones   |
| 11.- arandela plana                   | 36.- laina .005"                      | 61.- tapon                       |
| 12.- tuerca                           | 37.- laina .010"                      | 62.- tornillo sin tuerca         |
| 13.- anillo ajuste de rodamiento der. | 38.- taza de rodamiento               | 63.- reten de aceite             |
| 14.- taza de rodamiento derecho       | 39.- retenedor de rodamiento izq.     | 64.- rodamiento exterior         |
| 15.- rodamiento derecho               | 40.- arandela plana                   | 65.- taza de rodamiento exterior |
| 16.- alojamiento del diferencial      | 41.- tornillo sin tuerca              | 66.- alojamiento del piñon       |
| 17.- araña de diferencial             | 42.- tornillo sin tuerca              | 67.- tornillo sin tuerca         |
| 18.- engrane helicoidal recto (sec)   | 43.- tornillo sin tuerca              | 68.- arandela de presion         |
| 19.- eje piñon                        | 44.- tornillo sin tuerca              | 69.- cubierta                    |
| 20.- rodamiento izquierdo             | 45.- arandela plana                   | 70.- empaque                     |
| 21.- arandela plana                   | 46.- retenedor de rodamiento der.     | 71.- deflector                   |
| 22.- tornillo sin tuerca              | 47.- taza de rodamiento               | 72.- yugo de mando               |
| 23.- rodamiento izquierdo             | 48.- laina .003"                      | 73.- arandela plana              |
| 24.- taza de rodamiento izquierdo     | 49.- laina .005"                      | 74.- tuerca                      |
| 25.- anillo ajuste de rodamiento izq. | 50.- laina .010"                      |                                  |

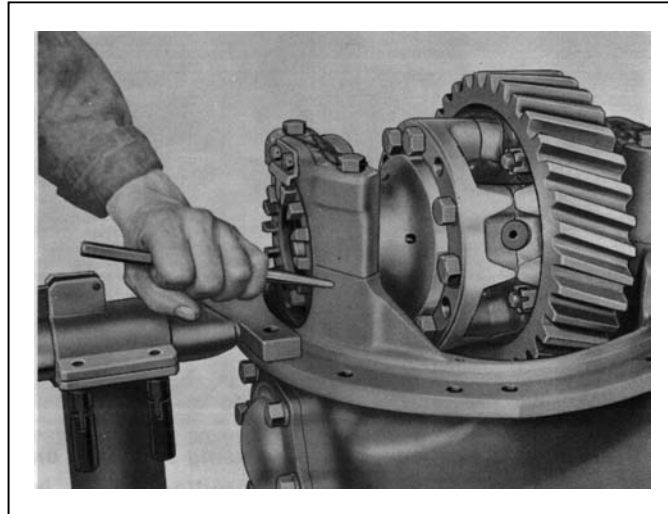


**Figura 67. Soporte para carrier**

### **Desmontaje del conjunto diferencial**

Se debe tomar en cuenta el siguiente procedimiento:

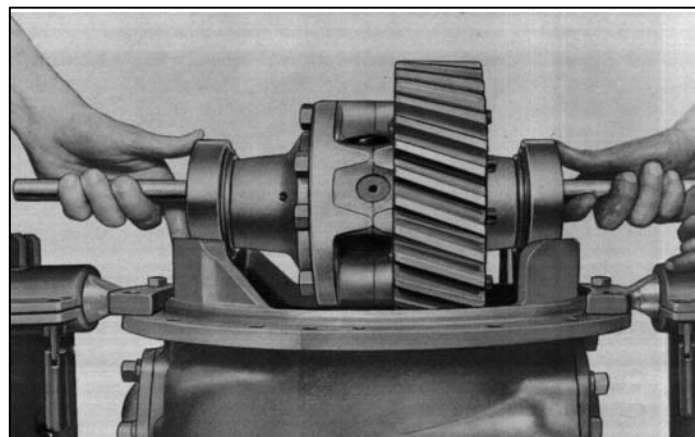
1. Cortar los alambres de seguridad. Quite los tornillos de las tapas y los seguros de las tuercas de ajuste. Emplear un punzón de centros y haga una marca en una de las orejas del carrier y otra en la tapa del balero para después identificarlas correctamente al armar. Figura 68.



**Figura 68. Marca de identificación**

2. Quite de las tapas de los baleros las tuercas de los birlos o los tornillos de sujeción. Retire las tapas y las tuercas de ajuste.
3. Saque el conjunto diferencial y corona. Figura 69.

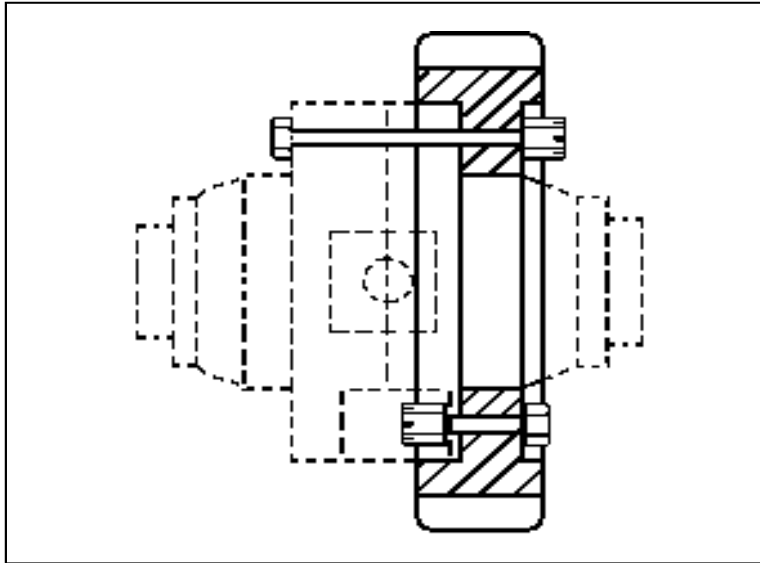
En la corona tipo herringbone, quite las tuercas de los birlos de las tapas, las tapas, los anillos de retención de los baleros y el conjunto diferencial.



**Figura 69. Sacando el conjunto diferencial**

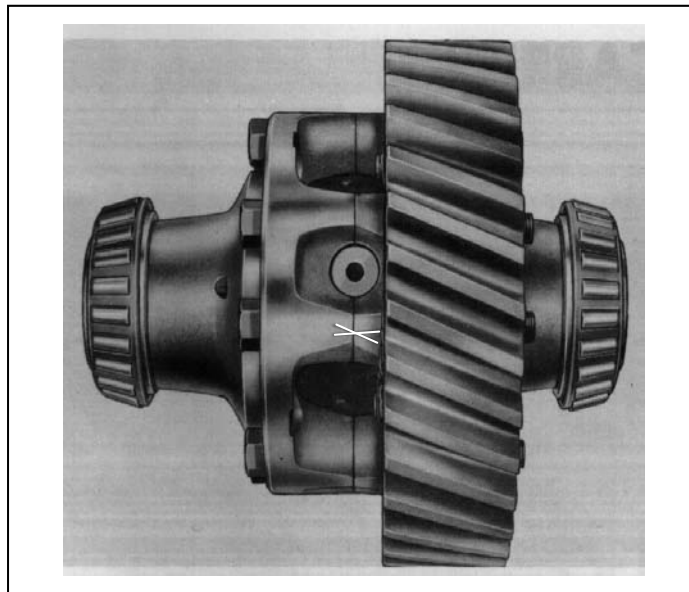
### **Desensamble de la caja diferencial y corona**

El montaje de la corona del tipo rueda dentada en los ejes Rockwell de doble reducción es de dos tipos. En el tipo 1 el conjunto diferencial y corona están unidos por tornillos largos y cortos. Figura 70.



**Figura 70. Tipo 1, Unión por medio de tornillos largos y cortos**

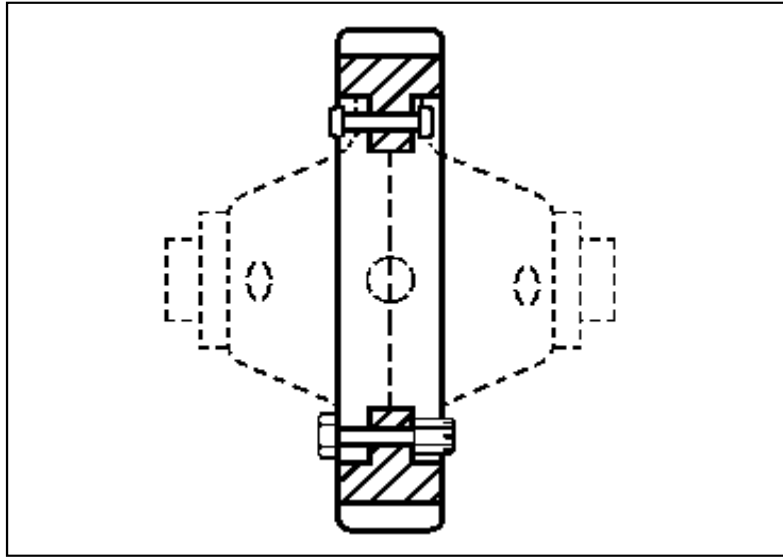
1. Si las marcas de identificación no son visibles, marque las dos mitades con punzón de centro para después armarlas correctamente. Figura 71.



**Figura 71. Marcas de identificación**

2. Corte el alambre de seguridad, saque los tornillos largos y separe las mitades.
3. Saque la cruceta, los piñones, los engranes laterales y las arandelas de empuje.
4. Saque los tornillos cortos y separe la corona de la mitad de la caja.
5. Saque los baleros del diferencial con extractor confiable.
6. El diferencial y corona tipo dos están unidos por medio de tornillos cortos y remaches. Figura 72.



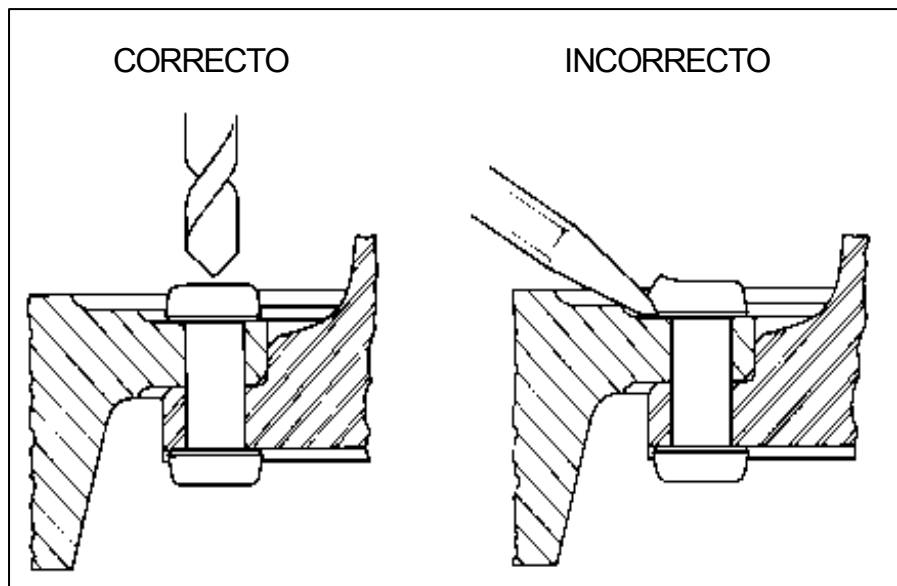


**Figura 72. Tipo 2, Unión por medio de tornillos cortos y remaches**

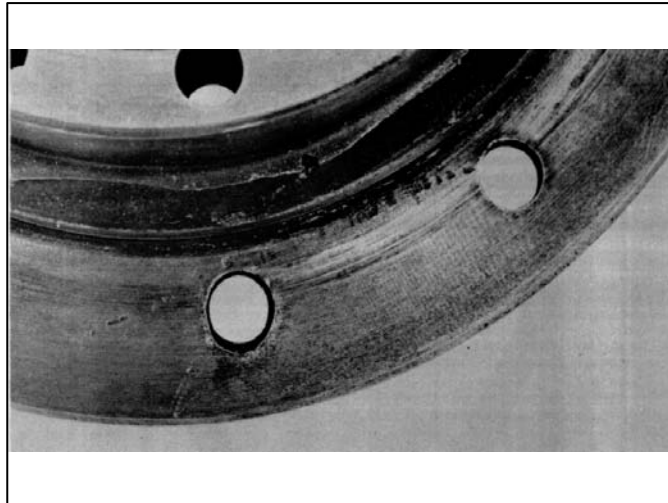
Si es necesario, saque los remaches y los tornillos y separe las mitades de la caja y la corona. Haga con cuidado un centro con un punzón en la cabeza del remache, empleando una broca que sea 0.79 mm. 1/32" más chica que el cuerpo del remache para perforar la cabeza de éste y expulse los remaches. Figura 73.

Para esta operación no emplee cincel y martillo. Con estas herramientas los agujeros de la caja del diferencial se harán de mayor diámetro y por lo tanto quedara inutilizable. Figura 74.

Saque la cruceta, los piñones, los engranes laterales y las arandelas de empuje.



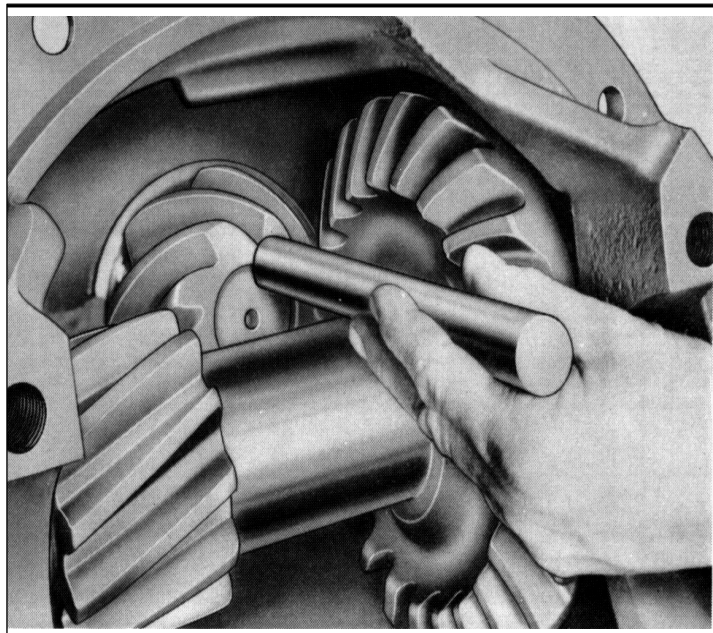
**Figura 73. Extracción de remaches**



**Figura 74. Agujeros de la caja abocardados**

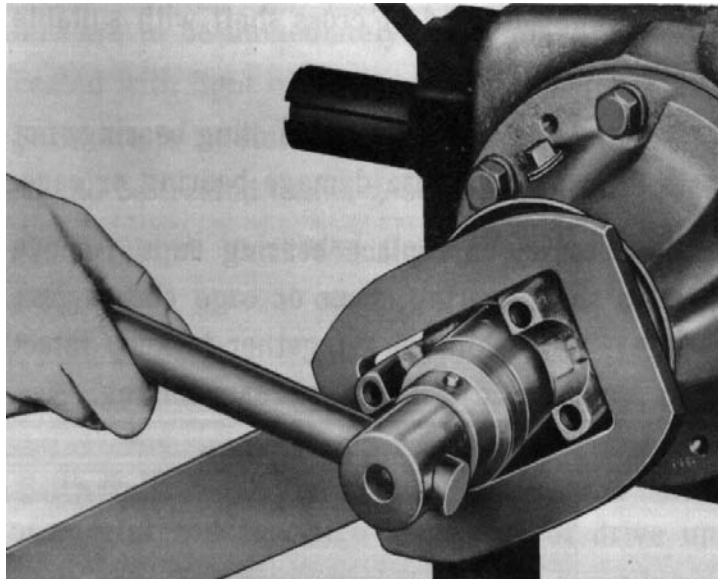
### **Desmontaje de la jaula y del piñón**

1. Quitar las tuercas de los birlos o los tornillos y las arandelas de presión de la jaula del piñón. Levante y saque la jaula.
2. Si la jaula no se libera, emplee un punzón blando y golpee sobre la cara interior del piñón para aflojarla use tornillos extractores en los agujeros provistos para este. Figura 75.



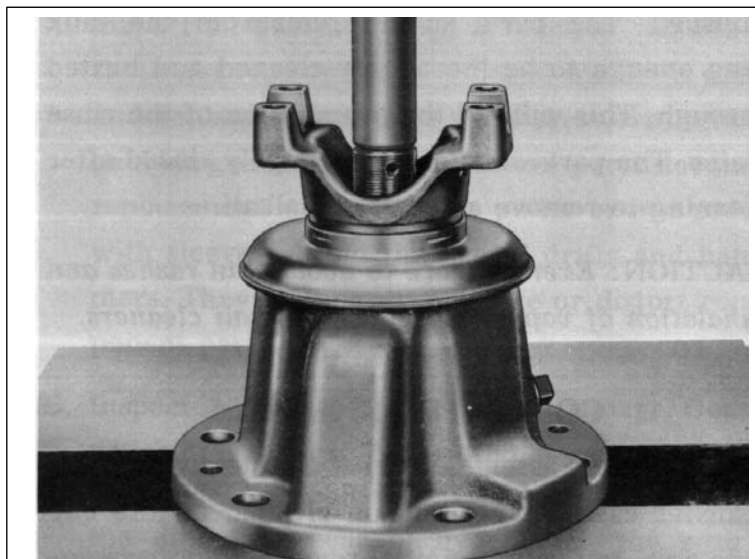
**Figura 75. Aflojando la jaula del piñón**

3. Amarre el paquete de lanas de lanas para facilitar el ajuste al armar.
4. Ponga la jaula del piñón sobre los birlos del carrier y asegúrela con tres tornillos. Sujete la brida y quite la tuerca del eje del piñón. Use una herramienta como la mostrada e la Figura 76 para sujetar la brida o el yugo.



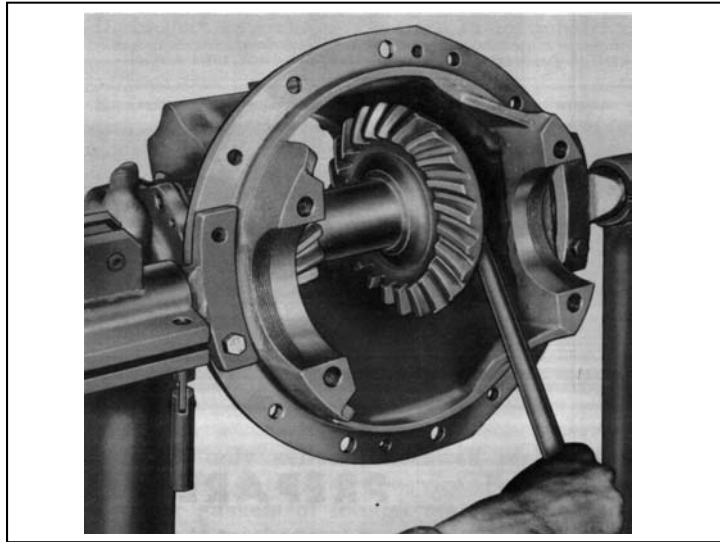
**Figura 76. Sujetador de yugos**

5. Con una prensa saque el eje del piñón de la brida o yugo y de la jaula. Figura 77.
6. Quitar los espaciadores o lanas de ajuste.
7. Si es necesario cambie el piñón o el balero trasero, saque este con un extractor apropiado.
8. Presione para sacar de la jaula el balero delantero y el reten de aceite del eje del piñón. En los conjuntos que usan cubierta para el balero, saque el reten de la cubierta.
9. Quite las tuercas de los birlos o los tornillos y las arandelas de presión de la jaula del balero de la flecha transversal (en el lado opuesto a la corona).



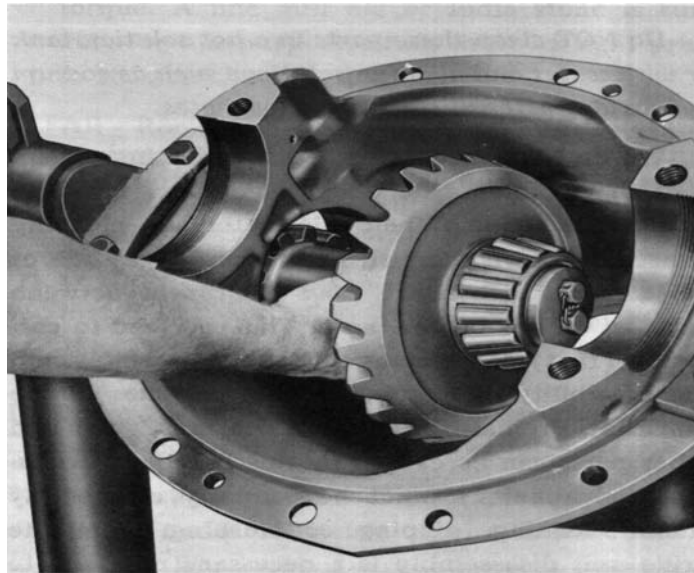
**Figura 77. Extracción del eje del piñón**

10. Fuerce la jaula del balero con una barra pequeña entre la parte trasera de la corona y el carrier. (También se proveen agujeros para los tornillos extractores). Figura 78.



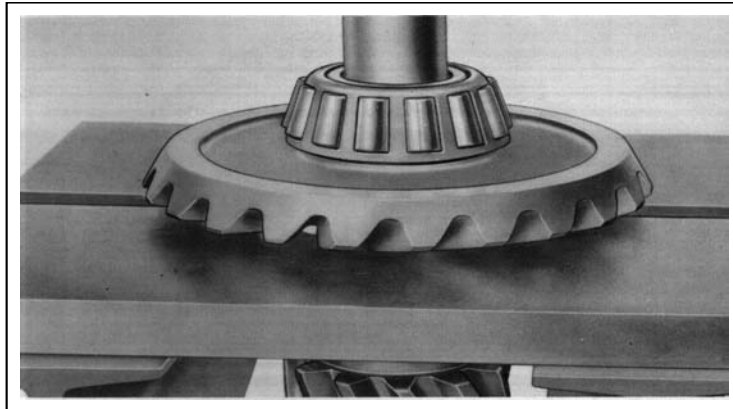
**Figura 78. Palanqueando el conjunto**

11. Amarre el paquete de lanas. Éste debe permanecer intacto para facilitar el ajuste al rearmar.
12. Saque el conjunto de la flecha transversal. Figura 79.
13. Corte el alambre, quite los tornillos y la placa retenedora del balero en el extremo del engrane de la flecha transversal.



**Figura 79. Sacando la flecha transversal**

14. Emplee la prensa y saque la flecha de la corona y del balero. Figura 80



**Figura 80. Extracción de la flecha**

15. Si es necesario cambie el balero, sáquelo del extremo opuesto de la flecha transversal con un extractor adecuado. Tenga cuidado al manipular los baleros para no golpearlos o causarles algún otro daño.
16. Si es necesario cambie las tazas de los baleros, quite la cubierta o la jaula de los baleros de la flecha transversal (lado de la corona). Amarre el paquete de lanas y consérvelo para facilitar el ajuste al rearmar.
17. Saque la turca con un extractor adecuado.

### **Limpieza, inspección y reparación**

La limpieza de las partes que tienen superficies tratadas o pulidas como son baleros, flechas o collares deben lavarse con petróleo o diesel. **NO USE GASOLINA.**

No limpie estas partes en el tanque de soluciones calientes o con agua y soluciones alcalinas como hidróxido de sodio o fosfato.

No es recomendable lavar a chorro de agua la unidad de mando después de desmontarla de la funda. Cuando se emplea este método el agua queda atrapada en los orificios de la fundición y en las holguras estrechas de las piezas. Este puede iniciar la corrosión en las partes críticas del conjunto y propiciar la circulación de esas partículas en el lubricante, lo cual a su vez puede ocasionar la falla permanente de los baleros, engranes y demás partes. La unidad de mando no puede limpiarse eficientemente con chorro a presión o sumergiéndola cuando esta armada. Es necesario desarmarla completamente para garantizar una buena limpieza.

Las partes ásperas como el carrier, soportes y algunas partes de los frenos pueden limpiarse en tanques de solución caliente alcalina. Estas partes deben permanecer en el tanque el tiempo suficiente para calentarse y limpiarse ya que de esa manera se favorece la evaporación del agua. Después de la limpieza las partes deben enjuagarse cuidadosamente para eliminar los residuos alcalinos.

Tener precaución para evitar el contacto con la piel y la inhalación de vapores al emplear limpiadores alcalinos.

Los ejes completamente armados pueden lavarse a chorro solo en su exterior, para facilitar el desmontaje inicial y el desensamble, entendiendo que todas las aberturas deben taparse. Los respiraderos, las unidades de cambio ventiladas o cualquier otra

abertura deben cubrirse o taponarse para evitar la posibilidad de que entre agua al conjunto.

Todas las partes deben de secarse inmediatamente después de la limpieza. Usando solo trapos limpios y suaves y libres de material abrasivo o aceite contaminado. Los baleros nunca deben secarse haciéndolos girar con aire comprimido.

Las partes que se han limpiado, secado e inspeccionando y están listos para el rearmado inmediato, deben de cubrirse con aceite ligero para evitar la corrosión. Si estas partes van almacenarse por algún tiempo, deben de tratarse con algún producto para prevenir la corrosión y envolverse con papel especial o algún otro material apropiado.

Es imposible subestimar la importancia de una inspección cuidadosa y exhaustiva de las partes de la unidad de mando antes de armar. Esa inspección visual exhaustiva podría indicarnos desgaste o algún otro daño y por lo tanto la necesidad de reemplazar partes que eliminaran costos y evitaran también la falla de la unidad de mando.

Se deben inspeccionar todos lo baleros, tazas y conos, incluyendo aquellas que no se sacaron de las partes de la unidad de mando y cambiemos si las rodillas o las tazas están picados o dañados en alguna forma. Saque las partes que necesitan reemplazo empleando un extractor apropiado o bien la prensa hidráulica con los adaptadores adecuados.

Evite el uso del punzón y martillo ya que con ello podría fácilmente mutilarlo y/o deformar las partes.

Igualmente inspeccionar los engranes de la primera y segunda reducción buscando desgaste o daños. Los engranes picados, con desgaste o con la superficie endurecida, rota deben de reemplazarse.

Cuando sea necesario reemplazar el piñón o corona de un juego de engranes hipoidales, debe reemplazarse el juego completo. No asumimos responsabilidad alguna si los engranes de este tipo son cambiados de alguna otra manera.

Inspeccionar el diferencial buscando picaduras, asperezas o desgaste en la superficie de empuje de las mitades de la caja del diferencial, arandelas de empuje, muñones de la cruceta y engranes.

Las arandelas de empuje deben reemplazarse por juegos. El uso de una combinación de arandelas viejas con nuevas tendrá como resultado una falla prematura.

Revisar si existe daño o desgaste en los dientes de los engranes laterales o piñones del diferencial. Siempre deben reemplazar por juegos tanto los engranes laterales como los piñones.

Que los piñones no estén gastados o con daños en los dientes. Checar sí en el extremo de los piñones hay daños ocasionados por desgaste de estrías deben reemplazarse las partes si las estrías de los piñones o las arandelas de empuje tienen desgaste, ya que permite el movimiento del piñón sobre la flecha.

Para finalizar revisar los semiejes buscando fracturas por torsión, variación lateral o radial. Los semiejes deben inspeccionarse entre centros para determinar la cantidad de variación en las superficies maquinadas. La variación en la brida o en las estrías no debe exceder de 0.127 mm. (0.005”).

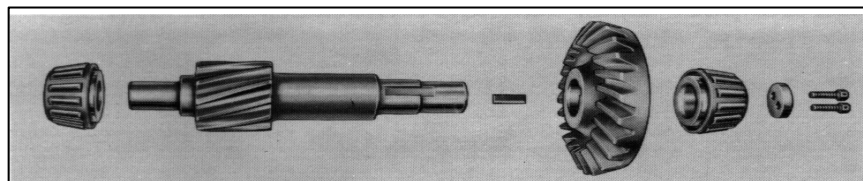
Cuando se tenga que realizar una reparación, se debe:

- a. Cambiar todas las partes gastadas o dañadas. Las tuercas hexagonales con esquinas redondeadas, todas las arandelas de presión, retenes de aceite y empaques deben reemplazarse al momento de la reparación. Emplee solo repuestos aprobados para obtener resultados satisfactorios. Por ejemplo, si usa empaques de materiales extraños generalmente tendrá problemas mecánicos debido a las variaciones en espesor y a la poca habilidad que tienen ciertos materiales para soportar la compresión, el aceite, etc.
- b. Eliminar rallas, imperfecciones o rebabas de las superficies maquinadas o tratadas. Las roscas deben estar limpias y libres para obtener un ajuste preciso y el apriete adecuado. Una lima musa o una piedra pómez es adecuada para este propósito. Los birlos deben de estar bien apretados antes de rearmar las partes.
- c. Todos los bujes de piñón de diferencial deben pulirse después de su instalación. Instale los bujes con un instalador de de escalón en el cual el diámetro exterior pequeño sea 0.254 mm. (0.010”) menor que el diámetro interior que el buje y  $1^{1/2}$  veces la longitud de este. Instale siempre los bujes de manera que el extremo quede a ras con el bisel del diámetro interior o aproximadamente 1.6 mm. (1/16”) debajo de la superficie esférica.
- d. Cuando rearme los componentes, use la prensa siempre que sea necesario. Evite el uso del martillo pesado.
- e. Apriete todas las tuercas a la torsión especificada. Observe los límites que se dan al seguir las instrucciones de servicio. El alambre de seguridad no debe tener dureza, debe de ser suave para evitar la posibilidad de que se rompa.
- f. Las rebabas, ocasionadas por las arandelas de presión, en la cara expuesta de los agujeros para birlos de las jaulas o cubiertas, deben eliminarse para facilitar el ensamble de esas partes.

## Reensamble del carrier

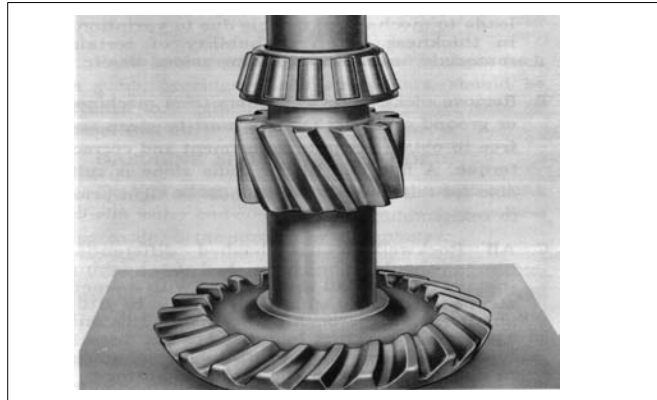
El ensamble de la flecha transversal se realiza de la siguiente manera:

1. Insertar la cuña e introduzca la flecha dentro de la corona en línea con el cuñero.
2. Presionar la flecha a escuadra dentro de la corona. La corona debe de quedar firmemente contra el hombro de la flecha transversal. Figura 81. Para facilitar la inspección, la corona puede calentarse en aceite entre 93.3 °C y 121 °C (200 °F a 250 °F).



**Figura 81. Ensamble de la flecha transversal**

3. Presionar firmemente el balero contra el hombro de la flecha transversal sobre el extremo del engrane. Figura 82.



**Figura 82. Instalación de balero de la flecha transversal**

4. Instalar la placa retenedora del balero y los tornillos de sujeción en el extremo del engrane. Apriete a la torsión especificada y asegure los tornillos con alambre.

#### **Instalación de la flecha transversal**

1. Lubrique los baleros de la flecha con aceite ligero para motor.
2. Si se quito la cubierta del balero o la jaula en el lado de la corona, instálelos usando el paquete de laines correcto. Apriete las tuercas o tornillos a la torsión correcta. Si no se quito la cubierta, apriete las tuercas de los tornillos a la torsión especificada.
3. Pase libremente la flecha transversal por los soportes de los baleros del diferencial y acomódelos en las tazas.
4. Presione el balero firmemente contra la corona usando un adaptador adecuado. Figura 83.

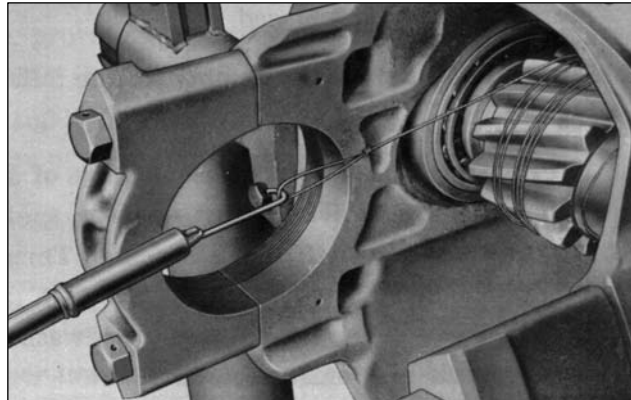


**Figura 83. Instalación del balero**

5. Instale el paquete de laines correcto e inicie e inicie la instalación de la jaula del balero de la flecha transversal dentro del carrier.
6. Golpee la jaula con martillo blando para acomodarla. Instale las arandelas de presión y las tuercas o tornillos y apriételes a la torsión especificada.
7. Haga girar el conjunto varias vueltas antes de verificar la precarga de los baleros. Esto se hace para asegurar que los baleros tengan contacto completo con sus tazas.



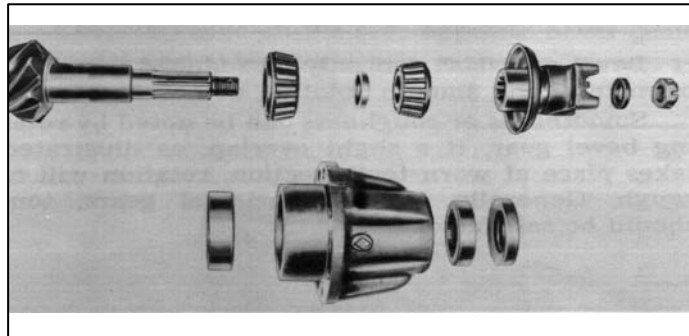
8. Verifique la carga de los baleros de la flecha transversal. En rolle un alambre blando en el piñón y tire en dirección horizontal con un dinamómetro. Figura 84.



**Figura 84. Medición de precarga de baleros**

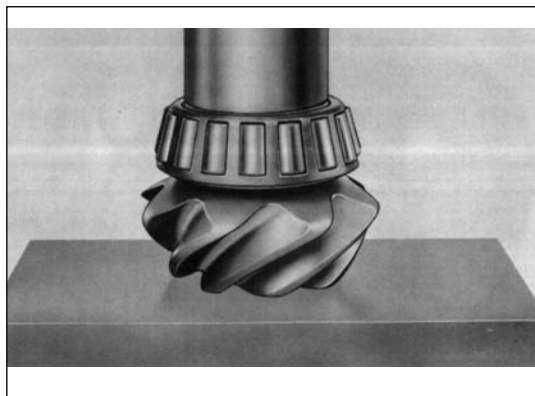
Por ejemplo: Asumiendo que el diámetro del piñón es de 101.6 mm. (4") el radio debe de ser de 50.8 mm. (2"). Un jalón 2.2 Kg. (5 lb.) sobre la escala del dinamómetro es igual a 1.1 N.m (10 lb – plg) de torsión de precarga en los baleros, se tiene que considerar la torsión en rotación, no la de inicio.

9. Para obtener la precarga correcta de 0.056 a 1.7 N.m (5 a 15 lb – plg), agregue o quite laines del paquete que esta debajo de la jaula de los baleros sobre el lado opuesto al engrane. Figura 85.



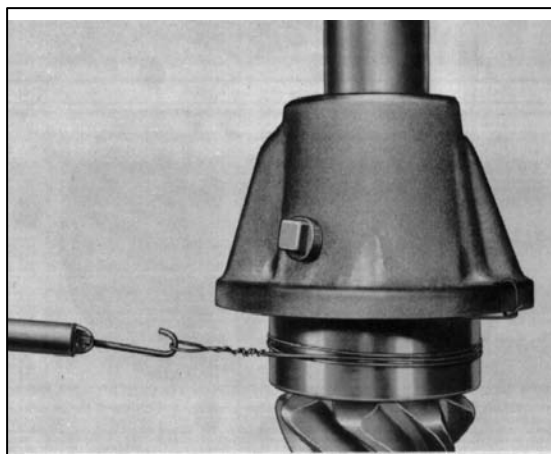
**Figura 85. Ensamble del piñón y jaula de baleros**

- a. Presione el balero trasero a escuadra y firmemente contra el hombro del piñón. Figura 86.
- b. Presione las tazas de los baleros a escuadra y con firmeza contra el hombro de la jaula del piñón.
- c. Lubrique las tazas y los baleros con aceite ligero para motor.
- d. Inserte el conjunto del piñón y baleros en la jaula.
- e. Instale el espaciador selectivo sobre las flechas del piñón con el lado biselado hacia el hombro de esta flecha.
- f. Presione el balero delantero a escuadra y con firmeza contra el espaciador selectivo empleando un adaptador adecuado.
- g. Haga girar la jaula varias vueltas para asegurar el contacto normal de los baleros.



**Figura 86. Instalación del balero trasero del piñón**

- h.** Al tiempo que ejerce presión verifique la precarga de los baleros del piñón. Enrolle un alambre blando alrededor de la jaula del piñón y tire en dirección horizontal con un diámetro. Figura 87.



**Figura 87. Midiendo precarga de baleros**

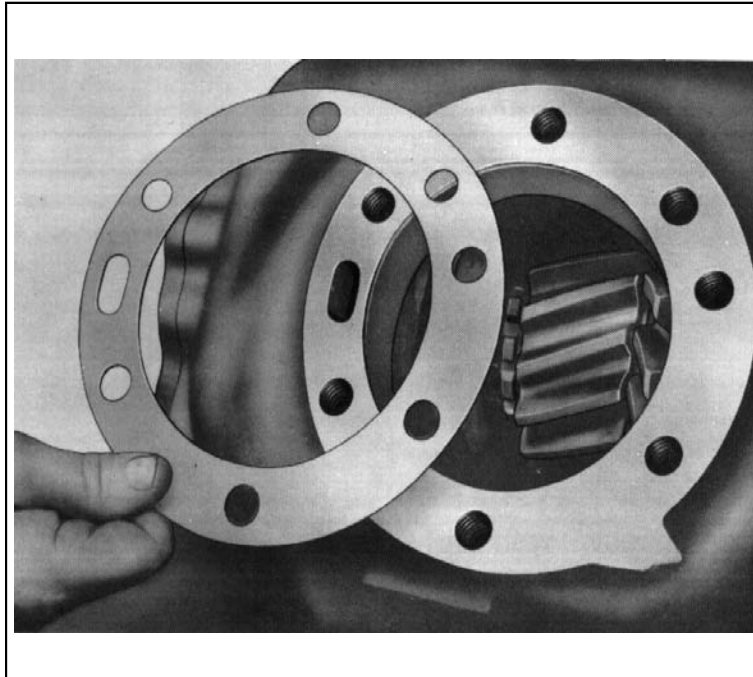
- i.** Si no se tiene disponible una prensa, la precarga puede verificarse con la brida o yugo instalado y la tuerca apretada a la tensión especificada.

La presión o troqué para verificar la precarga de los baleros es como sigue: Asumiendo que el diámetro de la jaula es de 152.4 mm. (6"), el radio es de 76.2 mm. (3"). Cuatro libras de jalón sobre la escala debe ser igual a 1.3 N.m (12 lb. – plg) de torsión de precarga.

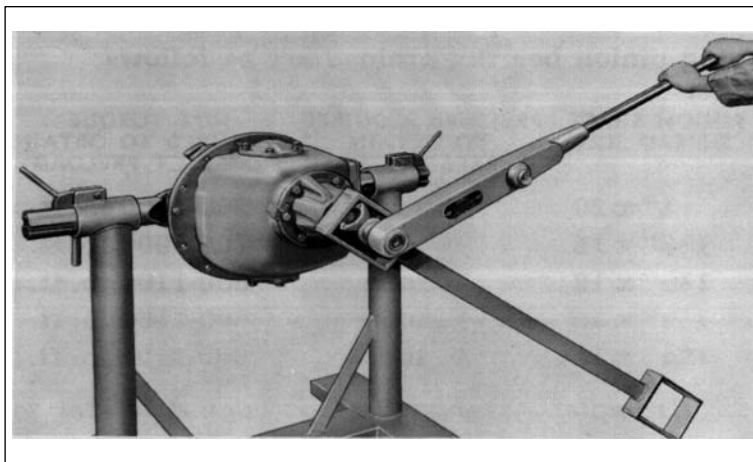
Considere la torsión en rotación no la de inicio. Si la torsión de rotación no esta dentro de 0.56 a 1.7m (5 a 15 lb. – plg), use un espaciador mas delgado para incrementarla o uno mas grueso para reducirla.

- j.** Instale el reten de aceite de la flecha del piñón. Cubra el borde exterior del cuerpo del reten con sellador flexible y presiónelo firmemente contra la jaula o contra el hombro de la cubierta.
- k.** Presione la brida o el yugo firmemente hacia los baleros del piñón.

- l. Instale el paquete correcto de lanas. Los agujeros de aceite del carrier del empaque, de las lanas y de la jaula de los baleros deben de quedar alineados. Figura 88.
- m. Instale el conjunto de de la jaula del piñón, las arandelas de presión y las tuercas o tornillos. Aprietazos a la torsión correcta.
- n. Ponga el conjunto del piñón y jaula sobre los birlos del carrier o asegúrelos con tornillos. Sujete el yugo y apriete la tuerca del piñón de acuerdo a especificaciones. Figura 89.



**Figura 88. Alineación de agujeros para aceite**



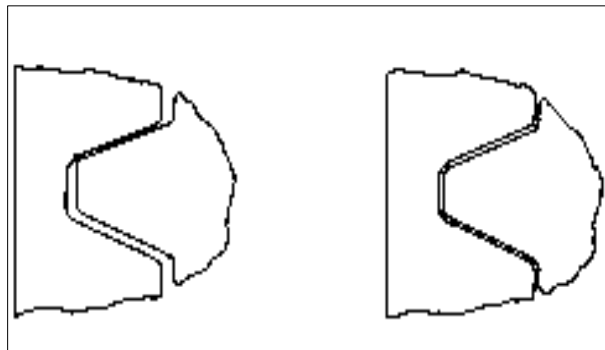
**Figura 89. Apretando la tuerca del piñón**

Generalmente, si se están reinstalando los engranes originales, la huella de los dientes no indicara el mismo contacto que unos engranes nuevos. Esto se debe a que si esos engranes han estado en servicio por periodos largos, se forman en ellos ciertas huellas debido al desgaste. No obstante el espesor del paquete original de lanas, mas

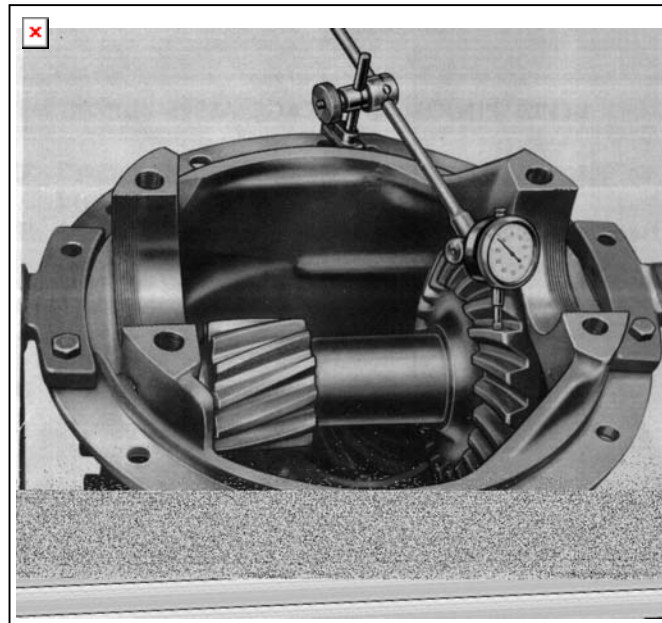
aproximadamente 0.38 mm. (0.015") adicionales de linternas, deben conservarse para verificar el juego entre dientes. En caso de que el juego entre dientes exceda la tolerancia máxima establecida para el ajuste, reduzca el juego solo con cierta medida evitando traslapar la selección de desgaste de los dientes.

El juego entre dientes de engranes solo se reducirá hasta un punto en el cual se mantenga una rotación suave.

La irregularidad o aspereza puede notarse al girar los engranes. Si un ligero traslape, como el que se ilustra, tiene lugar a la sección gastada de dos dientes, la rotación será áspera. Generalmente con los engranes originales, el tono será satisfactorio. Figura 90 y 91.



**Figura 90. Sección del diente gastada**



**Figura 91. Uso del micrómetro para medir juego entre dientes**

El contacto entre dientes puede ser beneficiado aplicando una capa delgada de azul de prusia o alguna otra sustancia destinada para este fin. Cuando hace girar el piñón, la

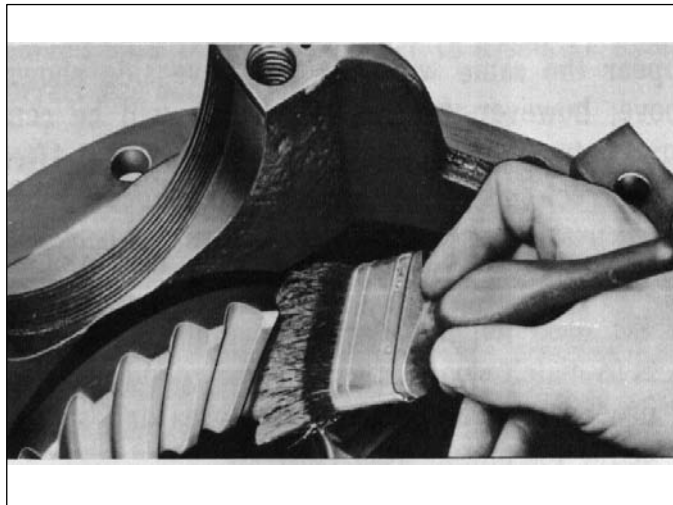
sustancia es expulsada con el contacto de los dientes dejando áreas definidas de medida exacta, forma y ubicación de los contactos.

Para llevar a cabo el juego entre dientes de engranes hipoidales (engranes nuevos), se debe:

1. Ajuste el juego entre dientes de acuerdo a especificaciones de 0.50 a 0.66 mm. (0.020" a 0.026") cambiando de posición las líneas de la cubierta o jaula de los baleros de la flecha transversal.
2. Para alejar la corona del piñón, quite lanas de debajo de los baleros de la flecha transversal, en el lado opuesto de la corona y agréguelas en igual espesor al paquete que esta debajo de la jaula de baleros en el lado de las coronas. Las lanas deben cambiarse de esta manera para conservar la precarga establecida.
3. Para mover la corona hacia el piñón, quite lanas de debajo de la cubierta o jaula de los baleros de la flecha transversal en el lado de la corona y agréguelas en igual espesor, al paquete que esta debajo de la jaula de baleros en el lado opuesto.

Al aplicar la sustancia se pueden obtener impresiones muy marcadas aplicando resistencia a la corona con una barra de acero plana y haciendo girar el piñón con alguna herramienta. Al efectuar los ajustes, observe el lado del impulso de los dientes de la corona.

El contacto en el lado de inercia será correcto automáticamente cuando el del lado del impulso lo sea también. Como regla, cubrir aproximadamente 12 dientes es suficiente para propósitos de verificación del contacto. Figura 92.

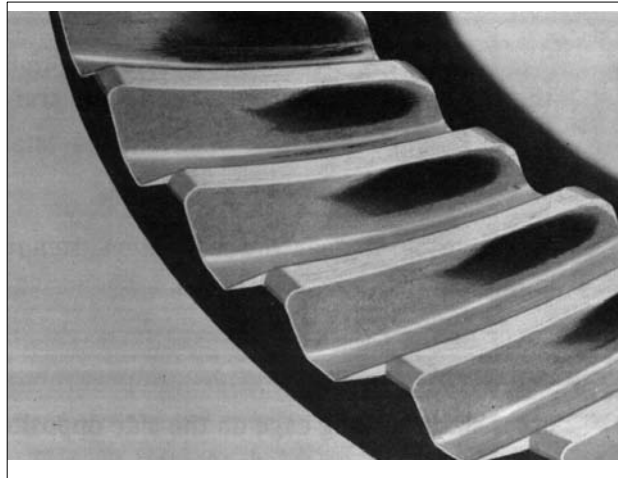


**Figura 92. Aplicación de azul de prusia o equivalente**

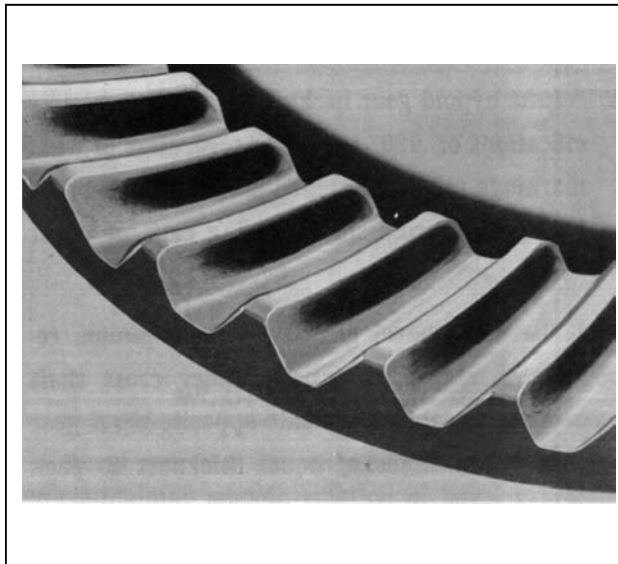
Si los ajustes se han hecho correctamente (piñón a la profundidad correcta y juego entre dientes en 0.25 mm. (0.010")) se obtendrán los siguientes contactos. El área de contacto aparece en la punta centrada entre la parte superior y la inferior del diente.

El patrón que aparece al girar con la mano es un patrón centrado a lo largo del diente al estar bajo carga. Este patrón será casi a toda la longitud del diente llegando cerca de la parte superior del mismo. Figura 93.

Los engranes sin carga es cuando el patrón aparecerá del mismo ancho que el lado de impulso; sin embargo, su longitud total estará centrada entre la punta y el talón del diente. Figura 94.



**Figura 93. Engranes con carga (impulso)**



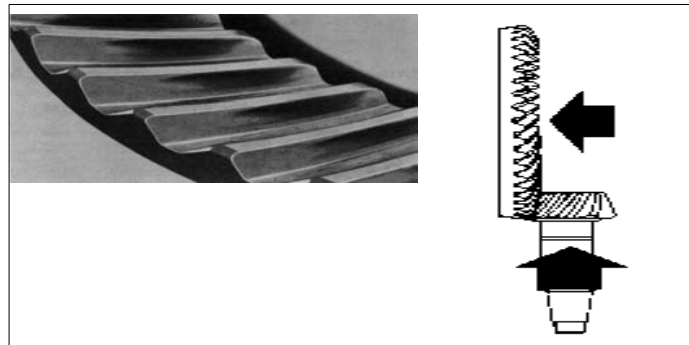
**Figura 94. Engranes sin carga (inercia)**

Después de establecer los contactos mostrados anteriormente con un juego entre dientes de 0.25 mm. (0.010"), abra ese juego para dejarlo entre 0.50 y 0.66 mm. (0.020" y 0.026").

Los patrones que se obtienen en engranes usados tienen una área más pequeña y deben estar en la punta del extremo del patrón de desgaste.

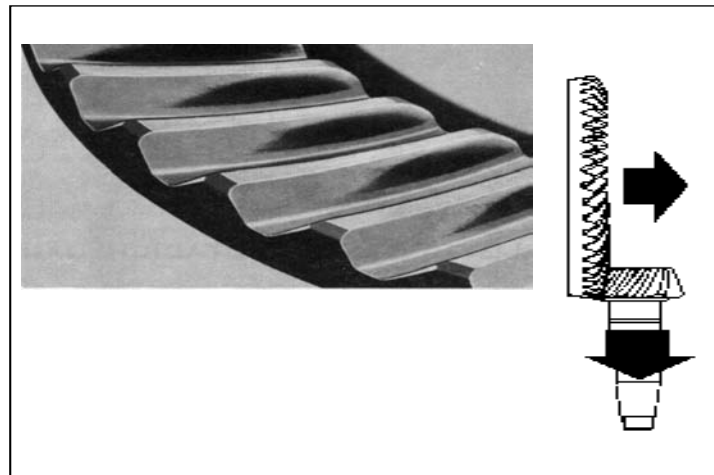
Los patrones de contacto son incorrectos, cuando hay contacto alto y un contacto bajo.

Un contacto alto indica que el piñón esta demasiado salido. Ajuste el piñón a la profundidad correcta quitando laines de debajo de la jaula del piñón. Podría ser necesario mover ligeramente la corona hacia fuera para mantener el juego entre dientes. Figura 95.



**Figura 95. Contacto alto**

Un contacto bajo indica que el piñón esta demasiado hundido. Ajuste el piñón a la profundidad correcta asegurando laines debajo de la jaula del piñón. Puede ser necesario mover ligeramente la corona hacia dentro para mantener el juego entre dientes correcto. Figura96.



**Figura 96. Contacto bajo**

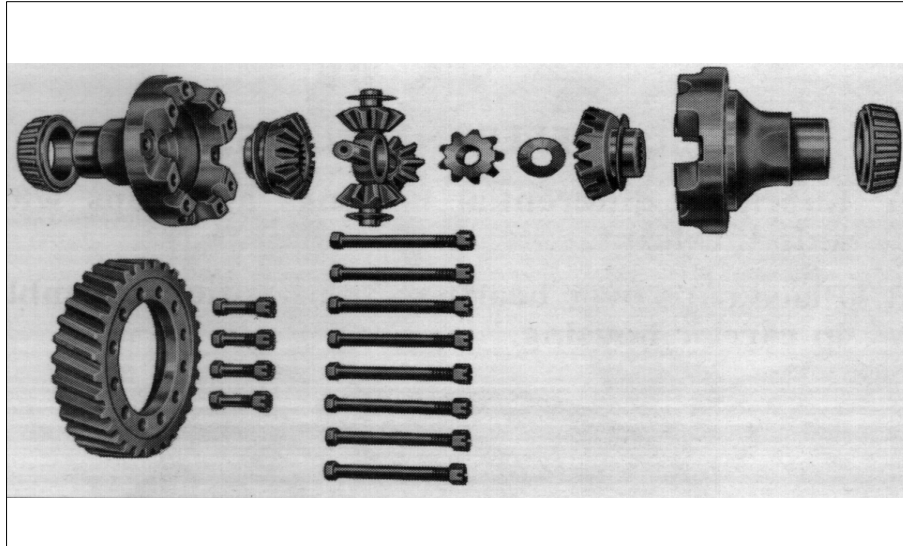
El ensamble del conjunto diferencial y corona, es cuando se instala una corona o una caja de diferencial nueva, los agujeros de esta última deben realinearse con la corona para armar con los tornillos o remaches de la medida correcta. Figura 97.

Esta se puede hacer de dos tipos.

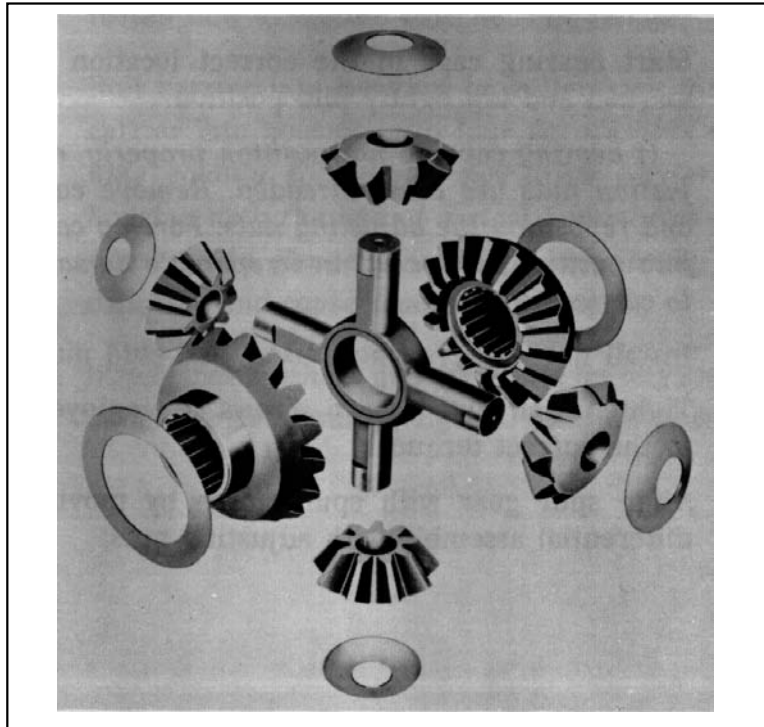
Tipo 1 Uso de tornillos largos y cortos

1. Junte la corona con cualquiera de las mitades del diferencial empleando tornillos cortos.

2. Lubrique las paredes interiores de la caja del diferencial y todos los componentes con lubricante para ejes.
3. Instale la arandela de empuje y el engrane lateral en una de las mitades de la caja. Ponga la cruceta con los piñones y las arandelas de empuje en su lugar. Instale el engrane lateral opuesto y la arandela de empuje. Figura 98.



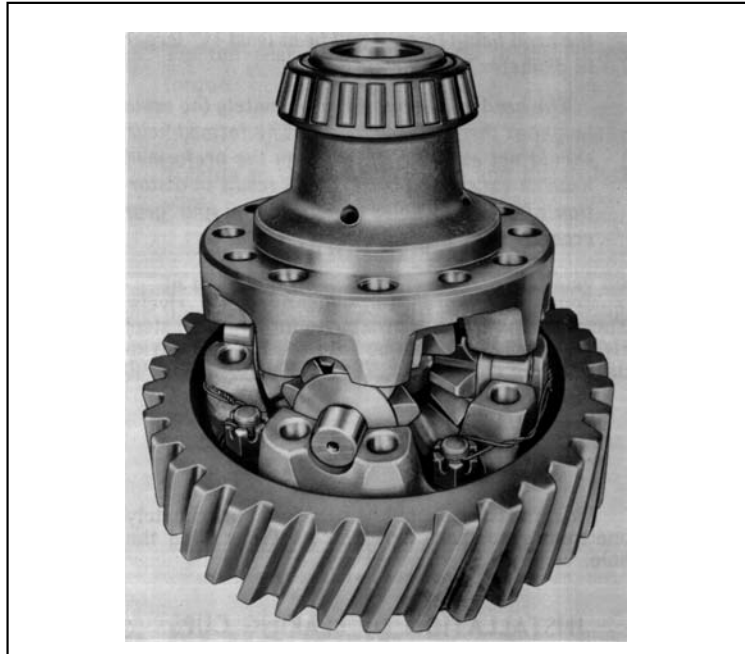
**Figura 97. Conjunto diferencial y corona**



**Figura 98. Componentes del diferencial**



4. Ponga en línea las marcas de acoplamiento, acomode la otra mitad de la caja y únalas con cuatro tornillos largos igualmente espaciados.
5. Verifique la libre rotación de los engranes del diferencial y corrija si es necesario.
6. Instale los tornillos restantes y apriételes a la torsión correcta.
7. Instale el alambre de seguridad.
8. Presione los baleros del diferencial a escuadra y con firmeza sobre las mitades de la caja del diferencial. Figura 99.



**Figura 99. Corona y diferencial armados**

#### Tipo 2: Uso de remaches y tornillos cortos

1. Lubrique las paredes interiores de la caja del diferencial y todos los componentes con lubricante para ejes.
2. Instale la arandela de empuje y el engrane lateral en una de las mitades de la caja.
3. Acomode la corona sobre la mitad de la caja.
4. Acomode la cruceta con los piñones y las arandelas de empuje en su lugar e instale el engrane lateral opuesto y la arandela de empuje.
5. Ponga en línea los marcos de acoplamiento y acomode la otra mitad de la caja.
6. Junte los ensambles con cuatro tornillos igualmente especificados y verifique la libre rotación de los engranes del diferencial.
7. Instale los tornillos restantes o los remaches según se requiera.

Los remaches con que se unen no deben calentarse deben ajustarse en frío.

Cuando se emplea el remache o juego de remaches correcto, la cabeza que se tome será cuando menos 3.1 mm. (1/8") más grande en diámetro que el agujero del remache.

La cabeza será entonces de aproximadamente la misma altura que la cabeza perforada. La cabeza que se forma no debe de exceder 1.6 mm. (1/16") menos a la cabeza

perforada, pues la presión excesiva tendrá como resultado la distorsión de los agujeros de la caja y en consecuencia la excentricidad de la corona.

Para comprimir remaches fríos es requerido cierto tonelaje ya que estas presiones son aproximadas para remaches de acero sin alear y pueden ajustarse para encontrar las condiciones individuales de trabajo.

**Cuadro 1. Remaches**

<b>Diámetro de Remache</b>	<b>Tonelaje requerido</b>
7/16"	22
1/2"	30
9/16"	36
5/8"	45

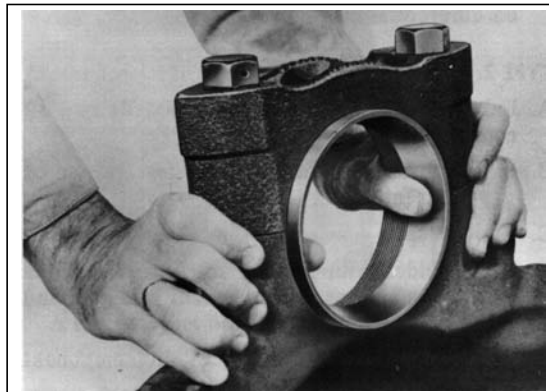
La presión final debe tomarse durante un 1 minuto aproximadamente para tener la seguridad de que el remache ha llenado el agujero.

### **Instalación de las tazas de los baleros en el carrier**

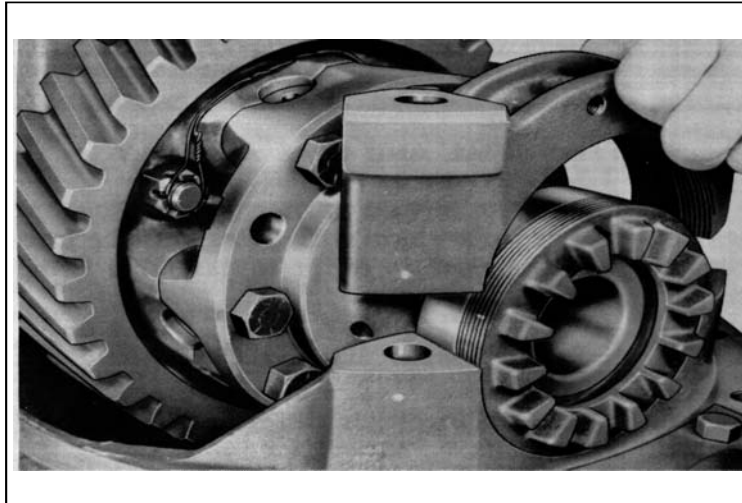
1. Instale temporalmente las tazas de los baleros, los anillos roscados de ajuste y las tapas de los baleros. Apriete los tornillos de las tapas a la torsión correcta.
2. Las tazas de los baleros deben tener un ajuste a mano en los agujeros. De otra manera deben retrabajarse con alguna herramienta de corte o con tela de esmeril hasta tener el ajuste mencionado. Use una taza de balero con azul de prusia como plantilla para verificar el ajuste a medida que el trabajo avanza. Esto es aplicable a los agujeros de los tres tipos de piernas de carrier. Figura 100.
3. Quite las tazas de los baleros.

### **Instalación del diferencial**

1. Lubrique las tazas y los baleros del diferencial con lubricante para ejes.
2. Ponga las tazas sobre los baleros y acomode el conjunto en el carrier.
3. Instale las tuercas de ajuste de los baleros y gírelas con la mano contra las tazas. Figura 101.

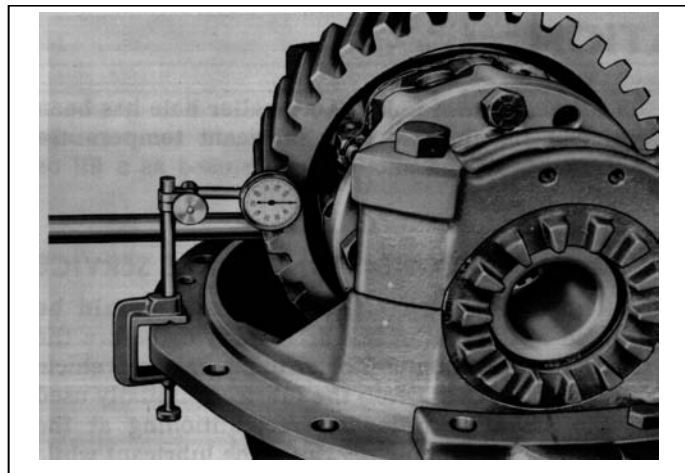


**Figura 100. Ajuste de tazas en carrier**



**Figura 101. Ensamble de tuercas de ajuste y tapas**

4. Acomodar la tapa de los baleros en su ubicación correcta según la marca que tienen y goléelos ligeramente a su lugar. Si la tapa de los baleros no se acomodan correctamente, es porque las roscas de las tuercas de ajuste están cruzadas. Quitar las tapas y reacomode las tuercas de ajuste. El forzar las tuercas para acomodarlas tendrá como resultado el daño irreparable del carrier.
5. Instalar las arandelas planas y las tuercas de birlo o tornillo y apriételes a la torsión correcta.
6. Ponga en línea la corona con el piñón moviendo el conjunto del diferencial con las tuercas de ajuste.
7. Con el uso de un micrómetro de carátula colocando sobre la cara lateral de la corona, ajuste el juego longitudinal de los baleros a "0". Figura 102.



**Figura 102. Medición de juego longitudinal**

8. Haga girar el conjunto varias vueltas para asegurar el contacto normal de los baleros.
9. Apriete las tuercas de ajuste una muesca cada una a partir de "0" juego longitudinal, para asegurar la precarga correcta de los baleros del diferencial.
10. Apriete las tuercas de los birlos o los tornillos de la tapa de baleros a la torsión correcta.

11. Instale los seguros de las tuercas de ajuste y los tornillos de sujeción. Apriételos a la torsión correcta e instale el alambre de seguridad.

Si el carrier es un repuesto y no va a instalarse inmediatamente, se debe preparar para el almacenaje y todos los engranes y baleros deben cubrirse con aceite para luego poner el carrier en un contenedor a prueba de mugre.

#### Instalación del carrier en la funda

1. Instale un empaque nuevo sobre la brida de la funda.
2. Emplee algún dispositivo de levante y ponga el carrier en posición. Empiece a introducir el carrier en la funda empleando 4 arandelas planas y 4 tuercas igualmente especificadas. No realice esta operación empleando martillo de acero y golpeando en la brida del carrier, pues esta se puede distorsionar con facilidad causando fugas severas de aceite.
3. Instale las arandelas de presión y las tuercas en algunos de los birlos de la parte inferior del carrier. Es imposible poner estas tuercas después que el carrier se ha introducido en la funda.
4. Apriete alternadamente las cuatro tuercas que están sobre las arandelas planas para introducir el carrier a escuadra dentro de la funda.
5. Quite las tuercas y las arandelas planas. Instale las guías cónicas, las arandelas de presión de los birlos y apriete a la torsión correcta.
6. Conecte la flecha cardan al eje del piñón.
7. Instale los semiejes.

La lubricación adecuada de la unidad de mando es extremadamente importante. El lubricante recomendado es aceite para engranes con viscosidad SAE W-140 que cumple con la especificación Rockwell 0-65 o con la API GL-5, se realiza de la siguiente manera:

1. Quite el tapón del tubo que tiene la jaula del piñón y ponga 473 ml. (1pinta) de aceite recomendado.
2. Llene la funda del eje hasta el nivel correcto con aceite especificado.
3. Lubrique las juntas universales.
4. Levante y soporte el vehículo de manera que ambas ruedas traseras queden separadas del piso. Opere el vehículo a una velocidad entre 40 y 50 km/h (25 y 30 mph) aproximadamente durante 5 minutos para asegurar la lubricación satisfactoria de todas las partes del carrier.

No haga funcionar el vehículo a rueda levantada, pues de esta manera la cruceta del diferencial se sobrecalentara ocasionando desgaste o rotura de los muñones.

Los frenos de ambas ruedas deben estar liberados para que estas giren aproximadamente a la misma velocidad.

Drene completamente el lubricante cuando el eje esta caliente. Si es posible emplee algún aceite ligero para sopletar y luego drenarlo completamente.

Algunos ejes de modelo reciente tienen un agujero roscado y taponado en la parte inferior, cerca del agujero para revisión del nivel del lubricante. Este agujero ha sido previsto únicamente para el uso de un indicador de temperatura del aceite y no debe de usarse para algún otro propósito.

El lubricante original del eje trasero debe drenarse al termino de la prueba en ruta o antes de recorrer como máximo 4,800 Km. (3000 millas) previas a la puesta del vehículo en el servicio regular. Drene completamente el lubricante mientras que este caliente. Emplee algún aceite ligero para sopletear y luego drénelo completamente.

Un vehículo con eje nuevo o con uno reconstruido al cual se le colocaran engranes nuevos no debe considerarse a velocidad constante por periodos prolongados, ya sea a velocidades altas o bajas, durante los primeros 800 Km. (500 millas).

Llene la funda del eje con aceite hasta la parte inferior del agujero de revisión de nivel, estando el vehículo nivelado. Emplee el lubricante especificado.

### Tapones magnéticos de drene

Estos tapones desarrollan una función vital al atrapar partículas metálicas pequeñas que circulan en el lubricante, a través de engranes y baleros ocasionando desgaste rápido y fallas prematuras.

El imán debe de ser suficientemente fuerte para superar con firmeza las partículas bajo condiciones de servicio. Se recomienda el uso de tapones con elementos que tengan un captador con capacidad mínima de 0.9 kg (2 libras) de acero al bajo carbón en forma de placa o barra plana deben tenerse tapones limpios de repuesto a la mano para cambiarlos a intervalos regulares.

### Especificación de torsión

**Cuadro 2. Torsión para tuercas**

Diámetro	Roscas por pulgada	Torsion lb-pie [n.m]	Torsion lb-pie [n.m]
		Mínima	Máxima
7/8"	20	175 (273)	250 (339)
1"	20	300 (407)	400 (543)
1 1/4"	18	700 (949)	900 (1221)
1 1/2"	12	800 (1085)	1100 (1492)
1 1/2"	18	800 (1085)	1100 (1492)
1 13/4"	12	800 (1085)	1100 (1492)

**Cuadro 3. Tuercas de birlos o tornillos de tapa de balero de diferencial  
(ejes de modelo reciente sin arandelas endurecidas)**

Diámetro de tuerca de birlo o tornillo	Rosca estandar o de birlo	Rosca final de birlo o de tornillo	Torsión lb-pie [n.m]	Torsión lb-pie [n.m]
			Mínimo	Máximo
5/8"	11	18	130 (176)	170 (230)
3/4"	10	16	230 (312)	300 (407)
7/8"	9	14	345 (468)	440 (597)
7/8"	14	14	380 (115)	485 (658)
1"	14	14	380 (115)	485 (658)

**Cuadro 4. Tuercas de birlo o tornillo de tapa de balero de diferencial**

Diámetro de tuercas de birlo o tornillo	Rosca estándar de tornillo o de birlo	Rosca fina de birlo o de tornillo	Torsion lb-pie [n.m]	Torsion lb-pie [n.m]
			Minimo	Maximo
5/8"	11	16	160 (217)	205 (278)
3/4"	10	16	290 (393)	370 (502)
7/8"	9	14	470 (637)	595 (807)
7/8"	14	14	510 (691)	655 (888)
1"	14	14	580 (786)	745 (1010)

**Cuadro 5. Especificaciones de torsión**

Ubicacion	Diámetro	Roscas por pulgada	Torsión lb-pie Min – max [n.m]
Carrier funda	7/16"	14	53 – 67 (72 – 91)
	7/16"	20	53 – 67 (72 – 91)
	1/2"	13	81 – 104 (110 – 141)
	1/2"	20	81 – 104 (110 – 141)
	5/8"	11	160 – 205 (217 – 278)
	5/8"	18	160 – 205 (217 – 278)
Jaula de pinón	3/8"	16	33 – 43 (45 – 58)
	7/16"	14	53 – 67 (72 – 91)
	7/16"	20	53 – 67 (72 – 91)
	1/2"	13	81 – 104 (110 – 141)
	1/2"	20	81 – 104 (110 – 141)
	9/16"	12	116 – 149 (157 – 202)
Jaula y cubierta de flecha transversal	9/16"	18	116 – 149 (157 – 202)
	5/8"	11	160 – 205 (217 – 278)
	1/2"	13	81 – 104 (110 – 141)
	1/2"	20	81 – 104 (110 – 141)
Seguro de balero de flecha transversal	9/16"	12	116 – 149 (157 – 202)
	9/16"	18	116 – 149 (157 – 202)
	5/8"	11	160 – 205 (217 – 278)
	7/16"	14	42 – 54 (57 – 73)
Tornillo de diferencial	9/16"	12	94 – 120 (127 – 163)
	3/8"	16	33 – 43 (45 – 58)
	7/16"	14	53 – 67 (72 – 91)
	1/2"	20	92 – 118 (125 – 160)
	9/16"	18	130 – 167 (176 – 226)
	5/8"	18	185 – 235 (251 – 319)
Seguro de tuerca de ajuste	3/4"	16	320 – 415 (434 – 563)
	5/16"	18	16 – 20 (22 – 27)
Cubierta de inspección	3/8"	16	27 – 37 (37 – 50)

Los aprietes dados son aplicables a partes cubiertas con aceite de motor, para partes secas ("como se reciben") incremente a los valores de torsión un 10%; para partes cubiertas con aceite para engranes de uso múltiple, reduzca un 10%. Las tuercas sobre birlos usan el mismo apriete que se uso para meter el birlo.

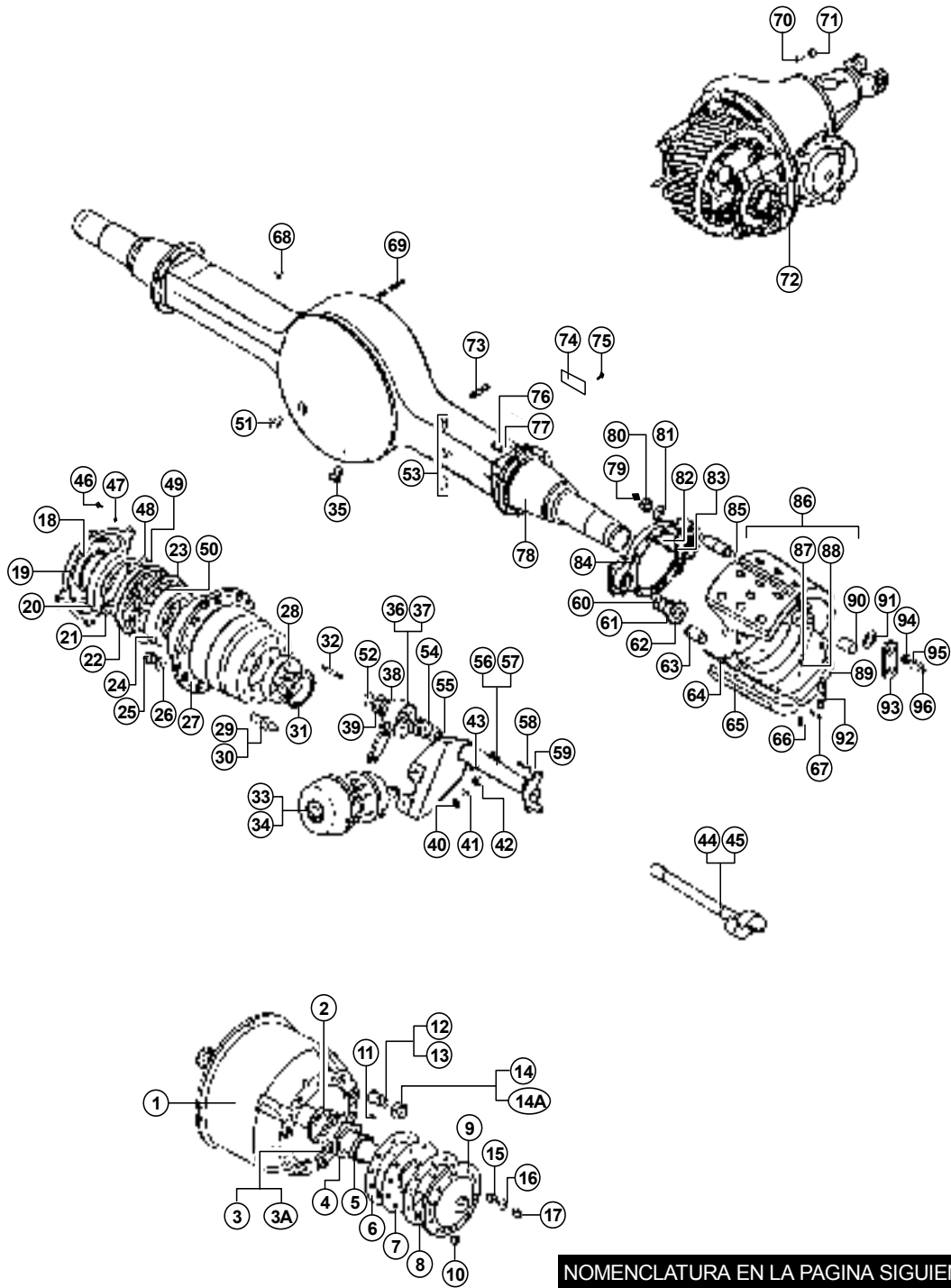


Figura 103.

### NOMENCLATURA DE LA Figura 103

1	TAMBOR FRENO	48	TORNILLO
2	TUERCA INTERIOR DE RODAMIENTO DE RUEDA	49	ARANDELA DE PRESION
3	ARANDELA DE SEGURIDAD	50	RODAMIENTO INTERIOR
3A	ARANDELA DE SEGURIDAD	51	TAPON MAGNETICO
4	TUERCA EXTERIOR DE RODAMIENTO DE RUEDA	52	SEGURO
5	RETEN EXTERIOR	53	GRUPO DE ELASTICIDAD
6	EMPAQUE	54	RETEN DE ACEITE
7	CONJUNTO RETEN EXTERIOR	55	BUJE DEL EJE DE LEVAS
8	EMPAQUE	56	CONJUNTO SOPORTE IZQUIERDO
9	SEMI-EJE (FLECHA)	57	CONJUNTO SOPORTE DERECHO
10	ARANDELA DE PRESION	58	TORNILLO SIN TUERCA
11	TORNILLO ESPECIAL	59	ARANDELA PLANA
12	TUERCA INTERIOR IZQUIERDA	60	BUJE DEL EJE DE LEVAS
13	TUERCA INTERIOR DERECHA	61	RETEN DE ACEITE
14	TUERCA EXTERIOR IZQUIERDA	62	ARANDELA ESPECIAL
14A	TUERCA EXTERIOR DERECHA	63	RODILLO
15	GUIA CONICA	64	ZAPATA
16	ARANDELA DE PRESION	65	BALATA-EXTREMO DE LA LEVA
17	TUERCA	66	TORNILLO
18	RETEN INTERIOR	67	PERNO
19	PROTECTOR	68	RESPIRADERO
20	CONJUNTO RETEN DE ACEITE	69	BIRLO
21	ARANDELA ESPECIAL	70	ARANDELA PLANA
22	RETENEDOR	71	TUERCA
23	EMPAQUE	72	ALOJAMIENTO (CARGADOR)
24	TAZA DE RODAMIENTO INTERIOR	73	BIRLO
25	TUERCA	74	PLACA DE IDENTIFICACION
26	ARANDELA PLANA	75	TACHUELA
27	CUBO (MAZA)	76	TUERCA
28	TAZA DE RODAMIENTO EXTERIOR	77	ARANDELA ENDURECIDA
29	BIRLO DE RUEDA IZQUIERDO	78	FUNDA DEL EJE
30	BIRLO DE RUEDA DERECHO	79	TAPON
31	RODAMIENTO EXTERIOR	80	TUERCA
32	BIRLO	81	ARANDELA PLANA
33	CONJUNTO CAMARA IZQUIERDA	82	ARANDELA ENDURECIDA
34	CONJUNTO CAMARA DERECHA	83	TORNILLO
35	TAPON MAGNETICO	84	ARAÑA DE FRENO
36	AJUSTADOR DE HOLGURA (MATRACA) IZQUIERDO	85	PERNO DE ZAPATA DE FRENO
37	AJUSTADOR DE HOLGURA (MATRACA) DERECHO	86	CONJUNTO ZAPATA Y BALATA
38	ARANDELA PLANA	87	TUERCA
39	ARANDELA PLANA	88	ARANDELA DE PRESION
40	ARANDELA PLANA	89	BALATA-EXTREMO DEL ANCLA
41	ARANDELA PLANA	90	BUJE
42	TUERCA	91	ARANDELA PLANA
43	TAPON	92	RESORTE DE RETORNO
44	EJE DE LEVAS IZQUIERDO	93	TIRANTE
45	EJE DE LEVAS DERECHO	94	GUIA CONICA
46	TORNILLO SIN TUERCA	95	ARANDELA DE PRESION
47	ARANDELA PLANA	96	TUERCA



**Cuadro 6. Especificaciones generales**

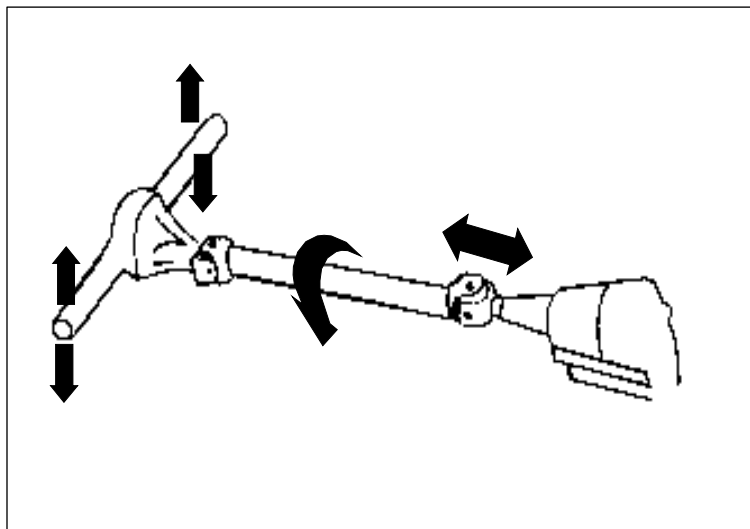
Eje trasero	Especificaciones
Marca	Dirona
Modelo	59843WX151159
Tipo	Flotante, Diferencial de doble reducción, engranes conjcos helicoidales
Relación	11.59:1
Capacidad de carga	11,340 kg (25,000 lb)
Número de parte	59843WX151159
Número de parte masa	A27298100

### Mantenimiento de la flecha cardán

Uno de los mecanismos mas comunes para transmitir potencia en el vehículo es la flecha cardán, la cual trasmite la torsión con cierto ángulo entre el motor y el eje diferencial. La flecha cardán debe ser además, capaz de transmitir las r.p.m necesarias para obtener la velocidad deseada de operación.

La flecha debe de proveer un flujo de potencia constante e ininterrumpida al eje diferencial, el cual no esta sujeto directamente al bastidor, sino que se encuentra suspendido por barras de reacción y cámaras de aire, por lo cual esta sujeto a un movimiento flotante e irregular. Es por eso que la flecha cardán, debe ser capas de extenderse, contraerse y cambiar de ángulo de operación, cada vez que el vehículo pase por un tope o bache.

Para satisfacer estas necesidades de operación, se utilizan juntas universales que permiten a la flecha cardán operar en diferentes ángulos. Una junta deslizante permite que la flecha se extienda o se contraiga. Figura 104.



**Figura 104. Movimiento en la flecha cardan**

La vibración es uno de los problemas mas comunes en las flechas cardán y puede ser de carácter transversal o torsional.

La vibración transversal es el resultado de un desbalanceo y actúa en los extremos de la flecha mientras esta gira. Cuando una parte se encuentra fuera de balanceo con una parte mas pesada y se encuentra girando, se crea una fuerza centrífuga fuera de balanceo que se incrementa al cuadrado de la velocidad. Entre mas rápido gire la flecha, mucho mayor será la fuerza que actúe sobre ésta.

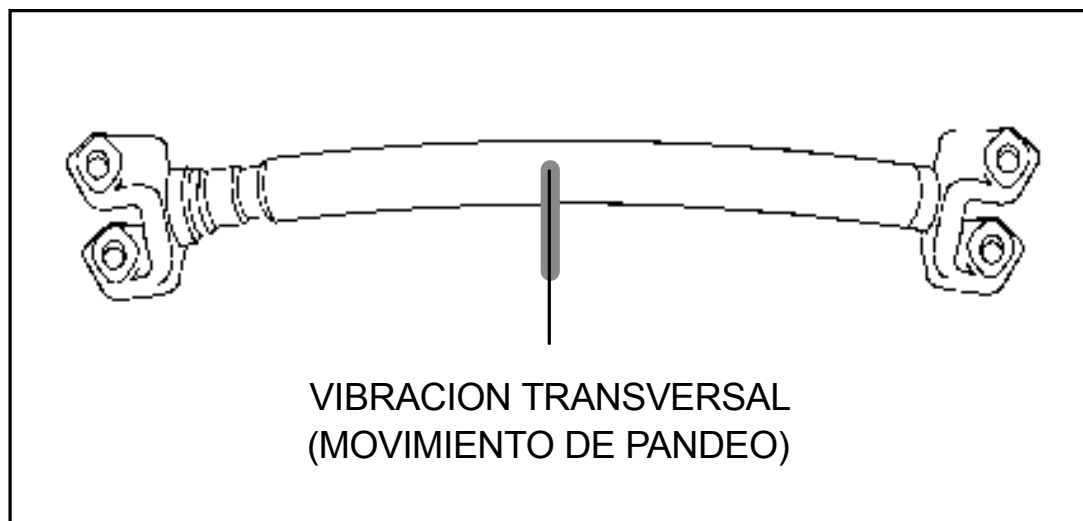
La fuerza producida en condiciones de desbalanceo tiende a doblar la flecha por los extremos.

En los extremos existe una frecuencia natural de vibración semejante a la de un péndulo y en ciertos periodos puede presentarse una vibración violenta, debido a que la velocidad de giro y la frecuencia natural de los extremos coincide.

Cada uno de los extremos de la flecha deberá ser balanceado independientemente, debido a que, cada uno de ellos es responsable de la condición de desbalanceo que pueda existir, en la porción de la flecha que integra. El desbalanceo afecta las condiciones de operación solamente cuando hay giro, y esto explica la necesidad de balancear dinámicamente las flechas a altas velocidades.

La vibración transversal causada por flechas cardán fuera de balanceo puede ser determinada por las siguientes características:

Emite ruidos que usted puede escuchar y trasmite una vibración mecánica que usted pueda sentir. La fuerza originada por un desbalanceo aumenta debido a la velocidad y no con la carga de torsión. La velocidad de las flechas cardán están determinadas por la velocidad del vehículo y por ello la mejor forma de prueba es llevar el vehículo a su velocidad de operación, desconectando el motor y luego escuchando la vibración mientras que se planea con los ruidos del motor eliminados. Figura 105.



**Figura 105. Vibración transversal**

La vibración torsional es similar a la vibración transversal pero su efecto es comparablemente diferente pues mientras la vibración transversal tiene un efecto de pandeo, la vibración torsional tiene como su nombre lo indica, un efecto de torsión.

La energía para producir la vibración torsional puede provenir de los impulsos de potencia del motor o de ángulos inadecuados de las juntas universales. Este tipo de vibraciones es difícil de identificar al probar el vehículo en ruta. Sin embargo, existen ciertas características, como son: un apreciable ruido distorsionante y ocasional que produce sacudimiento mecánico.

La vibración torsional debe presentarse en uno o más periodos y en cualquier rango de operación, tendiendo a ser más severo a bajas velocidades.

Los cambios bruscos en la carga de torsión (de aceleración media o total) son los responsables de este tipo de vibraciones de velocidad debido al ángulo de operación de las juntas universales. Figura 106.



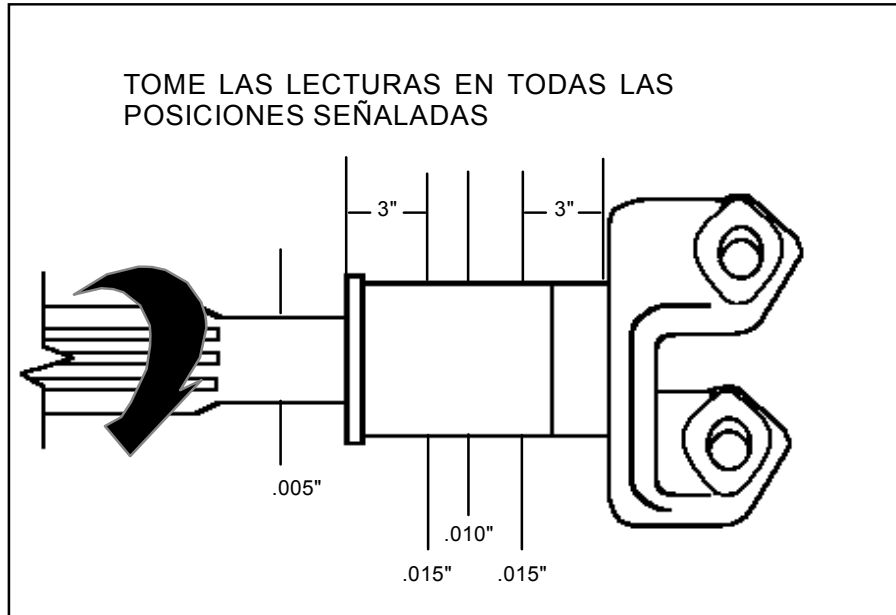
**Figura 106. Vibración torsional**

Otro tipo de vibración en la flecha cardán puede ser causado por juntas universales desgastadas o dañadas. A estas juntas debe de dárseles el mantenimiento correcto, de lo contrario fallaran permanentemente.

### **Lubricación**

1. Revise el yugo de salida del motor, así como el del eje diferencial en busca de holguras excesivas. Si existen holguras, desconecte la flecha y vuelva a dar el apriete especificado a la tuerca que sujeta al yugo.
2. Si los yugos están bien sujetos, entonces revise si existe exceso de holgura radial a la salida de la flecha del motor y/o la flecha del piñón del diferencial en sus respectivos rodamientos.
3. Revise en busca del juego longitudinal excesivo en las crucetas. El juego no deberá exceder de 0.125 mm. (0.006”).
4. Revise la flecha observando si el tubo esta dañado y si tiene contrapesos desprendidos. Cerciorase de que no existen depósitos de materias extrañas en la flecha, tales como: cemento, asfalto u otro tipo de adherencias. Si se llegan a encontrar elimínelas.
5. Si fuera necesario tomar lecturas de variación radial, estas deberán de ser tomadas con la flecha montada en el vehículo y retirando los semiejes (flechas) o levantando del suelo las ruedas traseras del eje diferencial por medio de gatos, lo cual permite girar la flecha a mano y revisar las lecturas del indicador.

6. Las lecturas de velocidad radial, deben tomarse en los distintos puntos señalados en la figura y no deberán exceder de 0.254 mm. (0.010"), respecto a la lectura total del indicador. Figura 107.
7. En el yugo deslizante, cerciorase que el tapón se encuentre en su lugar y en buenas condiciones, de no ser así, repárelo o cámbielo.



**Figura 107. Lecturas de variación radial**

### **Inspección**

Para que el vehículo tenga una operación económica es importante revisar la flecha regularmente.

Las fallas en las crucetas, baleros y vibraciones son ocasionados por: yugos flojos, holgura radial excesiva, holgura en la espiga, deformaciones o dobleces del tubo de la flecha.

### **Lubricación para juntas universales**

Aplicación normal: utilice una grasa de buena calidad de presión extrema con base de jabón de litio que tenga una temperatura de operación entre más 120° C (248° F) y menos 30° C (-22° F). Además la grasa debe de cumplir con las especificaciones de N.LG.I de grado 2.

### **Lubricantes para juntas deslizantes**

Los lubricantes utilizados en juntas universales, (crucetas) también son adecuados para espigas.

### **Ciclos de lubricación**

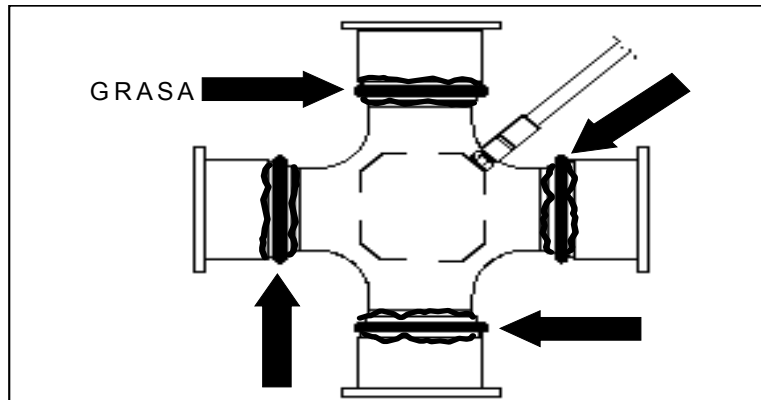
Los ciclos de lubricación varían dependiendo del tipo de servicio y de las condiciones de operación del vehículo. A continuación mostramos el ciclo de lubricación recomendado para un vehículo que opera en ciudad.

El Ciclo de lubricación es que por cada 10.000 Km. (6.500 millas) o cada 3 meses. Lo que ocurra primero.

Después de haber asegurado una buena lubricación, apriete los tornillos hasta que la brida de la taza asiente contra la taza asiente contra las caras de los yugos y luego aflójelos un poco. Después aplique el troqué especificado.

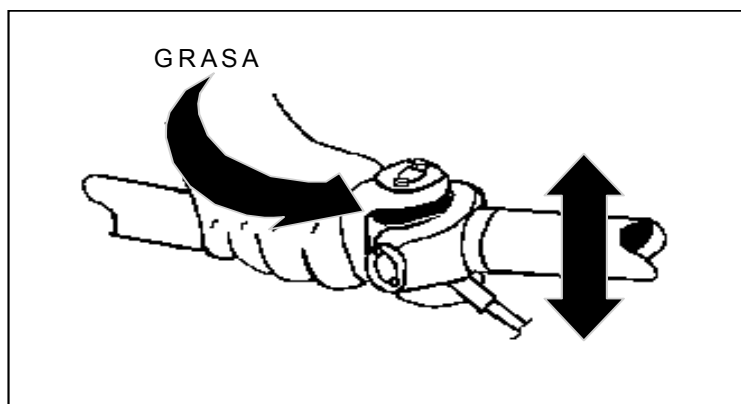
#### Procedimientos de lubricación para juntas universales

1. Utilice el lubricante adecuado para purgar los cuatro sellos de la cruceta. Eso permite limpiar a las agujas de las tazas de contaminantes abrasivos u asegure el llenado de las 4 tazas. Permita que la sustancia del lubricante abra los sellos, pues están diseñados para cumplir con esa función. Figura 108.



**Figura 108. Purga de los sellos**

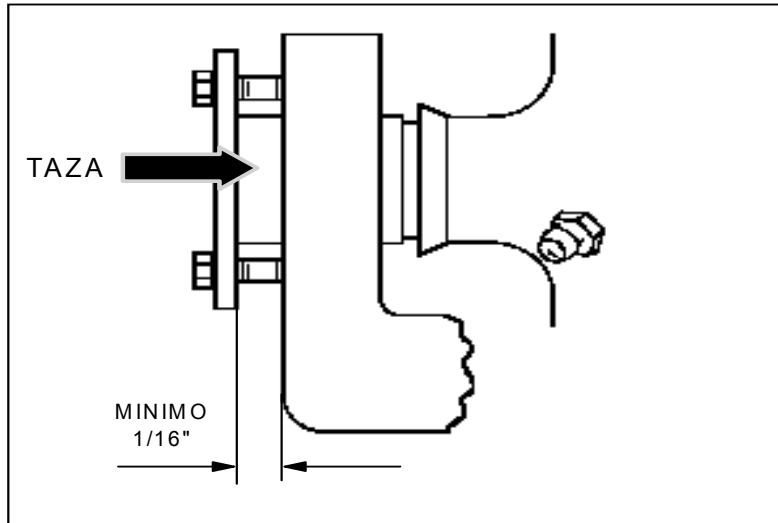
2. Si alguno de los sellos no quiere purgar, mueva la flecha hacia uno y otro lado, mientras que aplica grasa con la pistola de presión, esto permite un claro mayor en el extremo del muñón donde el sello no purga. Figura 109.



**Figura 109. Movimiento de la flecha para purgar**

3. Debido a la superficie de tensión de sellos en la serie 1710, habrá ocasionalmente uno o más sellos que no purguen. La tensión de los sellos debe ser entonces aliviada. El procedimiento para aliviar la tensión a los sellos es como sigue:

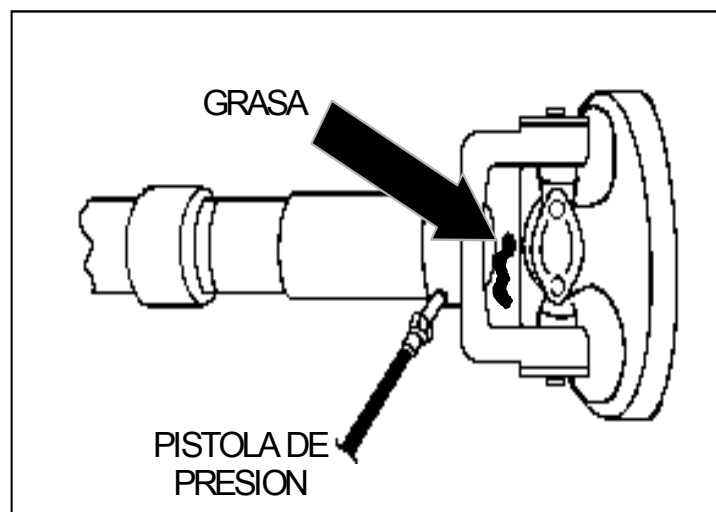
Afloje los tornillos que sujetan la taza donde el sello no purga para aliviar la tensión. Puede ser necesario retirar la taza  $1/16$ " como mínimo. Si no logra que el sello purgue aflojando la taza, retire y averigüe que esta causando el bloqueo. Figura 110.



**Figura 110. Aflojando la taza para purgar**

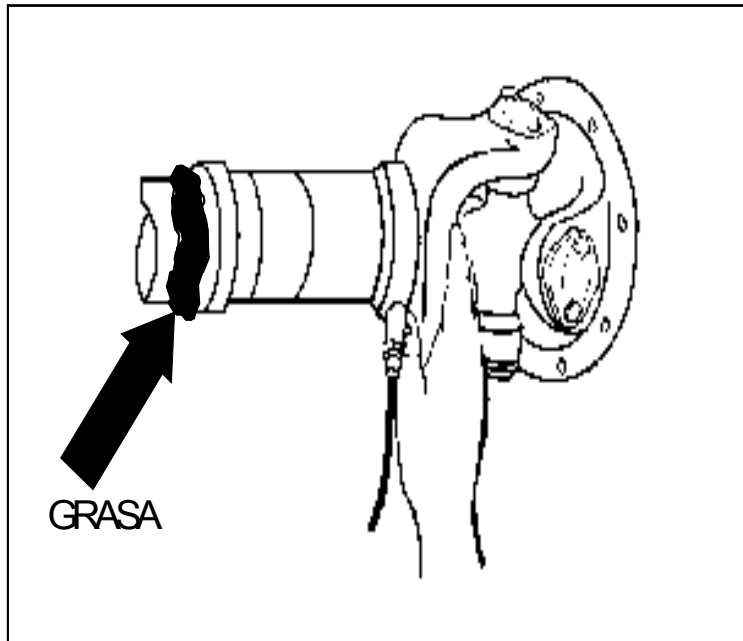
Lubrique las espigas de acuerdo con el ciclo de lubricación, siga los siguientes pasos para asegurarse de que la espiga quedo perfectamente lubricada.

1. Aplique grasa a la válvula (grasera) de lubricación con la pistola de presión, hasta que aparezca lubricante en el orificio de alivio del tapón localizado en el extremo del yugo deslizante. Figura 111.



**Figura 111. Aplicación de grasa**

2. Una vez hecho el paso 1, tape el orificio de alivio con el dedo y continúe bombeando hasta que aparezca grasa en el sello del yugo deslizante. Figura 112.



**Figura 112. Tapando el orificio de alivio**

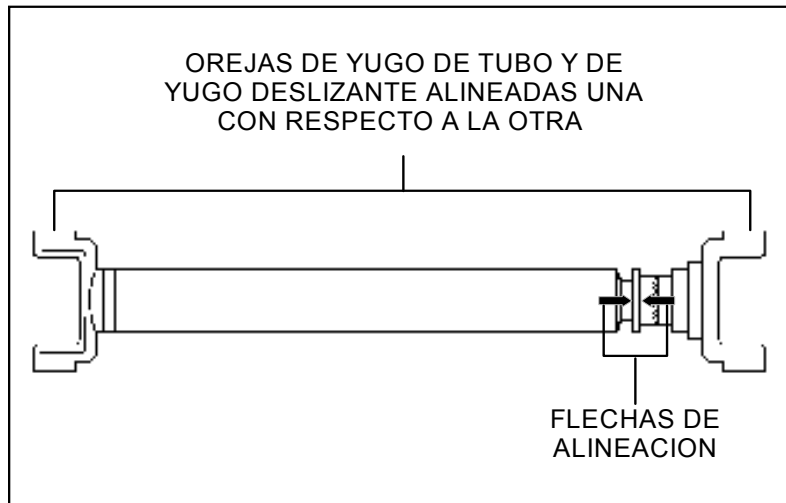
Los lubricantes para partes de la junta deslizante espiga de acero, deben aplicar una buena grasa de presión extrema a las estrías de la espiga. Se ha adoptado como estándar el uso de grasa de presión extrema que cumpla con los requerimientos EP 245 TIMKEN.

### **Ángulos de juntas universales en fase**

Los ángulos adecuados y las juntas universales en fase, son muy importantes en fase, son muy importantes para lograr una vida larga y silenciosa de la flecha. Cuando se dice estar en fase, significa que las orejas del yugo del tubo y las del yugo del tubo están alineadas. Esta es la condición ideal en que normalmente se obtiene un funcionamiento suave de la flecha. Deben existir flechas de alineamiento marcadas tanto en el yugo deslizante como en el tubo de la flecha para poder ensamblar en fase estos componentes. Si no existieran estas flechas, deberán marcarse antes de desensamblar la flecha para que así con posteridad se pueda ensamblar correctamente.

El efecto de unas juntas universales desfasadas se asemeja al caso de que un hombre tire del extremo de una cuerda sostenida en el extremo contrario por otro hombre. El resultado de esta acción será el de una reacción violenta en el extremo contrario. Ahora bien, si los dos hombres tiran de la cuerda al mismo tiempo, las hondas generadas se eliminan mutuamente y ninguno sentiría las reacciones.

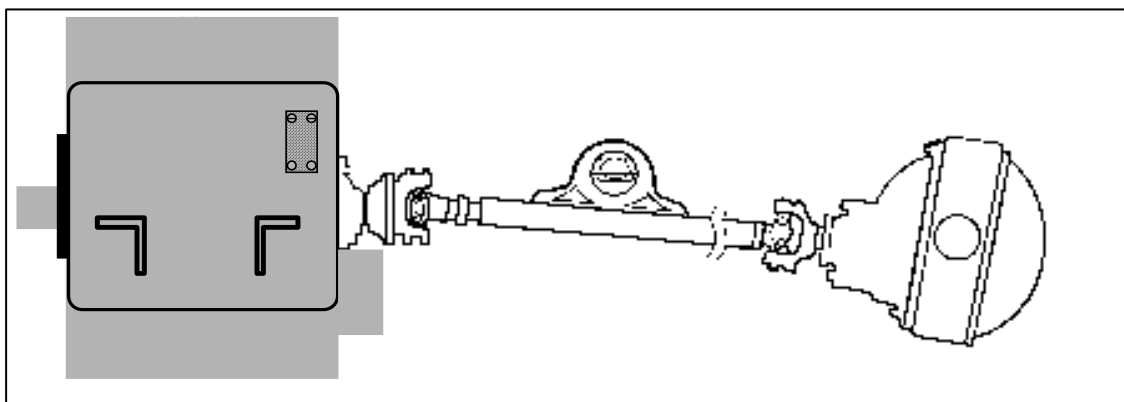
Comprobar que en un ensamble de dos juntas están en fase, es relativamente sencillo, y consiste en asegurarse que tanto las orejas del yugo deslizante como las del yugo de tubo estén alineadas. Figura 113



**Figura 113. Alineamiento de yugos**

Cuando se realice la revisión de los ángulos de una flecha, utilice el siguiente procedimiento y así obtener los ángulos correctos de operación.

1. Infle las llantas a la presión bajo la cual trabajan normalmente y estacione el vehículo en una superficie plana tanto a lo largo como a lo ancho.
2. El vehículo debe permanecer en su posición normal de operación y no debe intentarse nivelarlo levantándolo con gatos en el eje trasero.
3. Para determinar los ángulos de la flecha es necesario utilizar un transportador con nivel. Cuando las lecturas de los ángulos se tomen desde la marca de  $0^\circ$  (horizontalmente sobre la flecha), utilice el ángulo que el instrumento marque. Cuando las lecturas sean tomadas de cualquiera de las marcas de  $90^\circ$  corresponde a  $0^\circ$  en el plano horizontal. De manera que si la lectura es  $85^\circ$ , el ángulo medido es en realidad  $5^\circ$  ( $90^\circ - 85^\circ = 5^\circ$ ).
4. Los ángulos deberán medirse con una exactitud de  $1/4^\circ$  ( $15''$ ), y con el instrumento perfectamente apoyado sobre una superficie plana y limpia.
5. Revise el ángulo del motor. Esta lectura puede tomarse en la parte trasera de la transmisión sobre la brida o yugo de salida. Registre la lectura en un dibujo como el que se muestra en la Figura 114.



**Figura 114. Ángulos de funcionamiento**



6. Mueva el instrumento a que marque 0o y tome la lectura del ángulo de la flecha entre el motor y el eje diferencial.
7. Revise el ángulo del yugo de entrada del diferencial y así mismo, revise el ángulo del yugo de salida del diferencial.
8. Los valores de los ángulos registrados servirán para calcular los ángulos de operación de la flecha y así poder determinar si se encuentra operando dentro de los 3o máximos permisibles de un respecto a otro. Si los ángulos de operación exceden los 3o máximos permisibles, puede presentarse desgaste prematuro o vibraciones.

**Cuadro 7. Especificaciones Generales**

<b>Flecha cardan</b>	<b>Especificaciones</b>
Marca	Spicer
Serie	1710 trabajo pesado
Tipo	Tubular con juntas univerzales
Longitud mínima	685.80 mm. (27.00")
Longitud máxima	784.35 mm (30.88")
Número de partes masa	A27298489

### **Lubricación**

Los ejes motrices generan pequeñas partículas metálicas por desgaste a un ritmo continuo, especialmente durante el periodo de mantenimiento. Si estas partículas finas pero dura circulación en el lubricante, junto con la humedad y mugre exterior, los componentes internos se gastan a un ritmo mas rápido de lo normal.

Para este propósito los ejes Rockwell cuentan con tapones magnéticos de acero con una capacidad mínima de captación de 0.9 Kg. (2lb) para coleccionar las partículas dañadas en la parte inferior de la funda del eje.

Estos tapones deben revisarse y limpiarse cada 160,000 Km. (100,000millas) para observar la cantidad de partículas metálicas.

### **Respiradero**

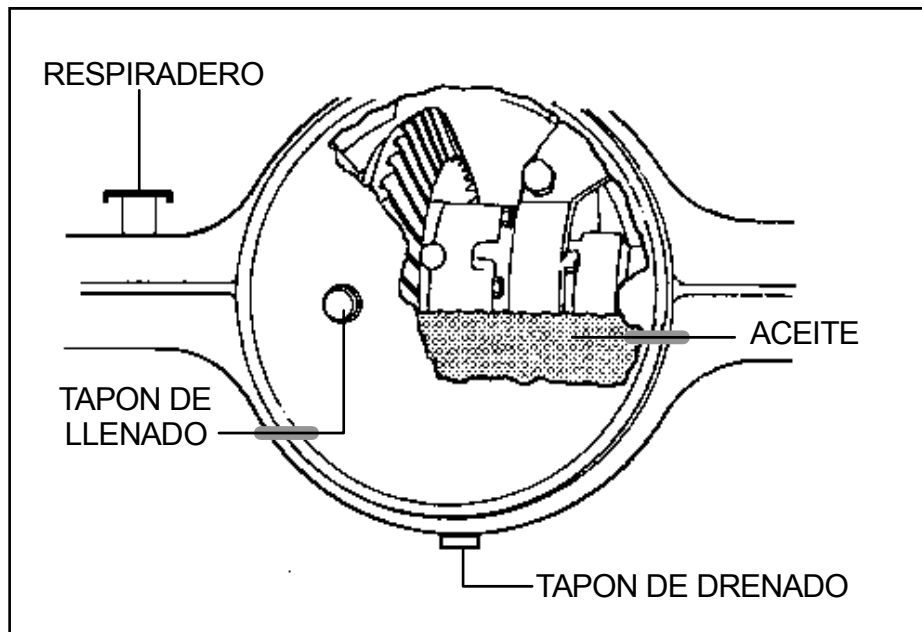
Cuando lave a presión la funda del eje, cubra el respiradero, si no lo hace, el agua entrara a la funda y contaminara el aceite.

### **Nivel de aceite**

1. Asegurarse de que el vehículo este estacionado sobre superficie nivelada. Revise el nivel de aceite cuando el eje este a temperatura ambiente. Cuando esta caliente la temperatura puede alcanzar los 88 °C (190 °F) o más y causar quemaduras, además deque el nivel obtenido no será correcto.
2. Asegúrese de que el eje esté "frío" o cerca de la temperatura ambiente.
3. Lubrique la zona alrededor del tapón de llenado mostrado en la Figura 115.
4. El nivel de aceite debe de estar en el borde inferior del barreno roscado del tapón como muestra la Figura 115.
5. Instale el tapón y apriételo de 48-67 Nm (35-50 lb-pie)

## Para drenar y cambiar el aceite

1. Drene el aceite cuando el eje este caliente.
2. Asegúrese de que el vehículo este estacionado sobre superficie nivelada. Ponga un contenedor grande debajo del eje.
3. Quite el tapón de drenado de la parte inferior del eje. Drene todo el aceite y deséchelo.
4. Limpie el tapón de drenado, instálelo y apriételo de 48 – 68 Nm (35 – 50 lb.- pie)
5. Limpie la zona alrededor del tapón de llenado y quite ese tapón.
6. Agregue aceite especificado hasta que el nivel este en el borde inferior del barreno roscado del tapón. Espere que el aceite fluya a través del eje.
7. Revise nuevamente el nivel y, si es necesario, continúe con el llenado hasta obtener el nivel correcto.
8. Instale el tapón de llenado y apriételo de 48 – 67 Nm (35 – 50 lb. – pie).



**Figura 115. Tapones y respiradero del diferencial**

## Cuadro 8. Periodos de lubricación del eje trasero

Operación	Periodo
Cambio de aceite inicial	1,600 km. (1,000 millas)
Cambio de aceite mineral	40,000 km. (25,000 millas) o 2 veces al año. Lo que ocurra primero.
Cambio de aceite sintético	80,000 km. (50,000 millas)
Revisión de nivel	4,800 km. (3,000 millas) o mensualmente. Lo que ocurra primero.

## Cuadro 9. Lubricante

Especificación rockwell	Descripción del aceite	Litros	Galones
0 - 65	API GL-5, SAE 85W/140	14.5	3.8

## Flecha Cardan

1. Revise si existe flojedad en algún componente del tren motriz. Si es así corrija lo que sea necesario.
2. Antes de iniciar la lubricación, limpie todas las graseras.
3. Aplique grasa especificada en las graseras de las juntas universales (crucetas). Manipule el engrasador hasta que la grasa nueva salga por los cuatro sellos de la junta universal. Figura 116.

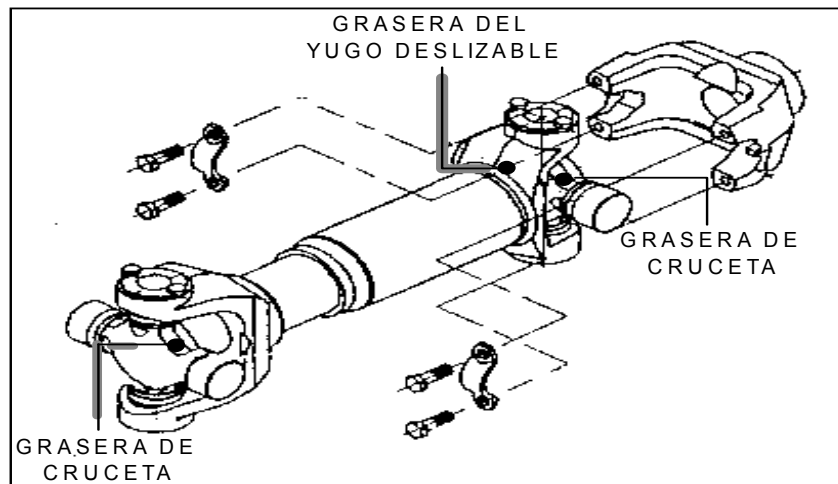


Figura 116. Ubicación de graseras

### 3.3. Inspecciones para mantenimiento preventivo de trolebuses serie 9000

El objetivo de esta inspección es proporcionar a los operarios un instrumento que les permita realizar de una forma adecuada al mantenimiento preventivo, eléctrico, mecánico, neumático y carrocería de los trolebuses, para conservarlos en condiciones óptimas de operación y/o en su caso detectar posibles fallas.

#### 1. Dirección

Columna de dirección, baleros y volante:

- Verificar que no estén flojos
- Revisar que no tenga holgura en válvula superior e inferior, debido a la fiabilidad de los neumáticos en su contacto con el piso.

Biela y extremos:

- Verifique que se encuentren perfectamente articulados en sus extremos.
- Verifique que no estén flojos.
- Revise que no tengan holgura
- Revise que no tenga demasiado juego en sus extremos.

Caja de dirección y brazo pitman:

- Verificar que no exista demasiado juego en el volante.
- Ajuste sector silo requiere

- Apriete y holgura en brazo.

Nudo universal:

- Verificar su astriado.
- Verificar que no exista holgura.

Limpieza y lubricación:

- Apriete seguros si se requiere.

## **2. Suspensión delantera**

Soportes inferiores de cámara de suspensión:

- Verifique que los tornillos y tuercas de sujeción se encuentren apretadas y en su caso dar el torque apropiado de acuerdo al manual del fabricante.

Barras de reacción angular y lateral.

- Inspeccione visualmente el funcionamiento, desgaste y sujeción, y en su caso dar el torque apropiado de acuerdo al manual del fabricante.

Cámaras de aire:

- Revise que no estén vencidas y que no presenten roturas, y en su caso debe ser sustituida.

Amortiguador y bujes:

- Verifique que no se encuentren vencidos o desgastados en su caso debe ser sustituido.

Limpieza y lubricación:

- Verificar y lubricar toda la suspensión, que se encuentre limpia.

## **3. Suspensión trasera**

Soporte de cámara y suspensión:

- Verifique que los tornillos y tuercas de sujeción se encuentren apretadas.

Barra de torsión:

- Verifique que los tornillos y tuercas de sujeción se encuentren apretadas.

Cámaras de aire:

- Inspeccione visualmente el funcionamiento, desgaste y sujeción, en su caso sustituirlo.

Amortiguadores bujes y soportes:

- Verifique que no se encuentren vencidos o desgastados y en su caso deberá sustituir.

Muelles principales:

- Verifique que los soportes se encuentren (que el asiento de muelle) en buen estado
- Inspeccione visualmente que no tenga desgaste y reemplace si se nota un desgaste de 9.6 mm. 3/8 o mas en el área de contacto de la percha.

Abrazaderas de muelle:

- Reapriete tuercas de seguridad de las abrazaderas “U” de 400 a 450 lb.

Parches y cojinetes:

- Revise desgaste en cojinete de plástico de la percha.

Limpieza y lubricación:

- Verifique y lubrique toda la suspensión, que se encuentre limpia.

#### **4. Eje delantero**

Bujes, pernos, reten y rotulas direccionales (muñón):

- Verifique que no tenga juego vertical, para revisar el juego axial en buje superior mueva la llanta junto al vehículo; coloque un micrómetro, si le indica un total de (1.27 mm.) ya esta desgastado, cambie ambas para revisar juego vertical (levante una palanca la llanta delantera empujando el muñón hacia arriba). Coloque micrómetro si lo indica un total 0.024 mm. ya está desgastado, cambie ambos bujes visualmente revisar los retenes y las rotulas.

Barra de mando:

- Verifique el funcionamiento y su apriete.

Rotulas de extremo de barra transversal (acoplamiento):

- Verifique que no tengan juego.
- Sujete y trate de mover la barra transversal en cualquier dirección, si siente juego entre los brazos, barra, cambie los rótulos.

Soporte de roto cámara y cilindro de potencia:

- Verifique que no estén rotos ó flojos, casi como sus tornillos de sujeción.

Rodamientos:

- Verifique que sus baleros de carga giren libremente.

Lubricación y limpieza:

- Limpie y lubrique todas las partes del eje.

#### **5. Eje trasero**

Flecha de tracción:

- Examine la funda del diferencial en busca del golpe y posibles fisuras, poniendo mayor atención en las fundas donde van sujetas las muelles.
- Verifique los semi-ejes o flechas lateral que estén bien instaladas y firmemente bien sujetas.
- Verifique que el eje cuente con sus juntas, conos, tuercas y selladores.

Pista para reten interior:

- Verifique al desmontar la maza que no estén ralladas las pistas del eje.

Espigas:

- Verifique que no este barrido ó golpeada la cuerda de la punta de la espiga y en su interior no hay desgaste en la funda.

Platos:

- Verifique que no estén chuecos ó rotos.

Soporte de roto cámaras:

- Verificar que no estén rotos y apriete en su tortillería de fijación.

Limpieza y lubricación:

- Limpiar y lubricar todas las partes visibles del eje trasero.

## **6. Diferencial**

Reten y yugo de piñón de ataque:

- Revise los birlos y tuercas que sostienen el diferencial no se encuentren flojos o falten.
- Verifique que no tenga juego el piñón de ataque y el yugo, ni fugas de aceite por sus juntas y este acoplado correctamente el diferencial.

Nivel de aceite ó cambio del mismo:

- Comprobar que el nivel de aceite sea el correcto y cambiar si se encuentra sucio, aceite 85W-SAE140 GL-5.

Limpieza y lubricación:

- Limpie y lubrique.

## **7. Ruedas/llantas**

Rim:

- Revise que no existan fisuras ó rotulas entre los orificios para la entrada de birlos de sujeción, desgaste en donde asienten los capuchones, arillos con deformación, con asentamiento incorrecto, fisuras y con desprendimiento de material.
- Presión y desgaste:
- En el eje delantero no deberá de haber llantas trabajando con un espesor de profundidad menor de 9 mm.
- En el eje delantero no deberá de haber llantas trabajando con un espesor de profundidad menor de 4 mm.
- No existir válvulas bloqueadas por acoplamiento incorrecto entre llantas.
- Revise que las llantas del eje trasero no tengan una diferencia menor de 7 mm. de diámetro y 19.5 de perímetro con relación a sus pares.
- Revise que la separación entre ambas no sea menor de 16 mm. con peso.
- La presión de aire deberá ser de 90 lb./pulg<sup>2</sup> estando frías las llantas en ambos ejes.

Balanceo:

- Las llantas deberán estar balanceadas, si no tiene contrapesos de plomo en la pestaña del rin no deberá de presentar desgaste con partes lisas en la banda de rodamiento "pijo".
- Revise que los costados de las llantas no presenten marcas de cuerdas que estén flojas por trabajo con presión deficiente ó excesiva, piedras etiquetadas entre separación de burles, birlos, tuercas y capuchones faltantes ó rotos.

Alineación:

- Verifique el desgaste de las llantas a banda de rodamiento no deberá de presentar desgaste, en forma de sierra aleta ó partes lizas en los hombros.

## **8. Flecha / eje cardan**

Cruceta y telescopio:

- Revise que no tenga holgura ó fractura el telescopio que no exista juego en crucetas.

Baleros de crucetas:

- Verifique que cuente con todos los baleros y que no tenga juego.

Seguros:

- Verifique que cuenta con todos los seguros y el apriete deseado.

Alineamiento:

- Verifique que este alineado entre diferencial y motor.

Yugo del motor:

- Revise que el yugo no tenga juego y este sujetado al motor que su tuerca está bien apretada y cuente con chaveta.

Limpieza y lubricación:

- Limpie y lubrique.

## **9. Masas**

Birlos y tuercas de masa:

- Revise que las masas estén en buen estado, que los birlos, tuercas y los capuchones estén completos y que no estén rotos ó barridos.

Birlos y tuercas de tapa de maza:

- Revise que los birlos, juntas, conos y sellador estén en un buen estado y completos.

## **10. Pedales de aceleración y freno**

Soportes, pernos y seguros:

- Verifique el estado físico de los pernos y seguros y en su caso sustituir.

## **11. Sistema de frenos**

Tambores:

- Revise que los tambores no tengan cuarteadoras, muchas manchas por el calentamiento, excoiaciones, picaduras, lubricante impregnado.
- Verifique que si existe desgaste no rebase (80.120") del diámetro original.

Balatas:

- Revise que el espesor de las balatas sea mayor a  $\frac{1}{4}$ " en el punto que esté más delgado que no estén impregnadas de lubricante.

Ajustadores automáticos:

- Comprobar que los ajustadores ó "matracas" funcionen de manera correcta accionar el pedal de freno.
- Verificar que al ajustar se activa y desactiva en forma correcta.

Sello y bujes de árbol de levas:

- Verifique que no exista fuga de lubricante por los sellos que no presentan deformaciones.

Masa:

- Verifique que no estén desajustados el juego longitudinal con micrómetro de 001" a 01010" de pulg2 en masa delgadas de 001" a 2.

Sello de aceite:

- Verificar que los sellos, retenes y juntas no presenten deformaciones, de roturas ó fugas de lubricante.

Perno, horquillas, mangueras y conexiones de roto cámara:

- Verificar el desgaste de los pernos y horquillas que tengan sus seguros de ojillo "chavetas" que las mangueras no presenten dobleces que obstruyan el paso del aire, partes con desgaste con rozamiento, que las conexiones estén flojas o deficientes.
- Rodamientos de las masas, tuercas y seguros.
- Revise el estado de los seguros que no estén desgastados ó rotos; que los baleros no estén picados, azulosos por calentamiento, rayados, rotos de los portarodillo ó pistas de los mismos.

Limpieza y lubricación (inspección):

- Revise que los bujes de los soportes de la roto cámara estén lubricados y ajustados (matracas).

Roto cámara:

- Comprobar su alineación respecto al vástago de ajuste y ajustadores con presión de aire al accionar el pedal deberá formarse un ángulo de (90o a 95o), que no existan fugas en mangueras, tuberías, y conexiones.
- Comprobar su alineamiento al jalar o empujar, deberá de frenar el eje trasero y liberar el frenado de forma constante y aplicarse sin accionar al bajar la presión del aire de bajo de 60 lb./pulg2.

Válvulas de estacionamiento, válvula de pedal de freno e 12:

- Observe, al accionar el pedal de freno que tenga un recorrido normal que no se quede pegado y no presente fugas al mantenerlo pisado, solo escapara al soltar el pedal.
- El pedal de la válvula de pie, así como el pisarlo de 3 a 5 veces.
- Tampoco deberá existir fuga solo se acepta al soltar el pie.



## CONCLUSIONES

Desde mi punto de vista muy personal, yo recomiendo, que para que el servicio de transporte eléctrico sea óptimo y eficiente, lo siguiente:

1. Proporcionar capacitación no solo a los gerentes de las diferentes áreas, sino también a los demás empleados, ya que así se podrá aprovechar su máxima capacidad.
2. Asumir una postura abierta a la participación y a la crítica, para que el personal pueda expresar todas sus inquietudes y éstas a su vez puedan contribuir a la mejora del transporte.
3. Algo muy impórtate que debe de hacer la empresa es realizar las licitaciones del material en tiempo y forma para que el transporte no se quede parado por alguna refacción.

Considero que con lo antes expuesto se pueden evitar muchos retrasos en el buen mantenimiento preventivo a las unidades que actualmente existe en el parque vehicular del Sistema de Transporte Eléctrico de la Ciudad de México.

En cuanto al material vertido en este documento considero que es de gran utilidad para todas aquellas personas interesadas en mantenimiento de los vehículos eléctricos, así como darse una idea de todo lo que abarca el mantenimiento en general a nivel industrial.

Como parte formadora, a mi me ha sido muy importante ya que me ha permitido integrarme a la labor profesional que debemos realizar como ingenieros en la rama del sector productivo y de servicios, y reconocer cuan importante es vincular los sectores escolar e industrial.

# BIBLIOGRAFÍA

Esparza V. G., Álvarez B. J., Lazarín G. J., Guzmán P. D. Ciento un años de transporte eléctrico en la Ciudad de México. Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal. Ed Quinta del agua ediciones S.A. de C.V. Primera edición, abril 2000 México Distrito Federal 2000.

Mitsubishi Electric Corporation, Melco de México S.A. de C.V. Manual de Procedimientos de Mantenimiento Preventivo. Trolebús Serie 9000. Primera edición, junio 2000 México Distrito Federal 2000.

Masa, Mitsubishi Electric. Manual de Operador. Trolebús Serie 9000. Primera edición, junio 1999 México Distrito Federal 1999.

Aconcagua. Mantenimiento Automotriz. Ed Aconcagua Ediciones y Publicaciones S.A. de C.V. Primera edición, México Distrito Federal 1995.

A. Baldin, L. Forlanetto, A. Roversi, F. Turco. Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales. Ed Gustavo Gili, S.A. Tercera edición. Barcelona 1982.

Jorge Peidro Barranchina, Bernardo Tomas Martínez, Pablo Olmeda González. Problemas de Ingeniería del Mantenimiento. Ed Universidad Politécnica de Valencia. Primera edición, Noviembre 2000.

L.C. Morrow. Manual de Mantenimiento Industrial (Tomo I). Ed Compañía Editorial Continental, S.A. Primera edición 1973.

WWW. ste. df.. gob. mx

WWW. Foro – industrial. com

WWW. Monografías. com

WWW. Publicaciones. ipn. mx