AAN8048

TESIS
IID2000
M3
V.1

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"ESTUDIO Y MEJORA DEL PROCESO DE MONTAJE DEL CONJUNTO MOTOR REDUCTOR DE UN BOGIE DE TRACCIÓN DE VAGONES DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE SUBTERRÁNEO"

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: veinte (20)

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE: Juan D. San Segundo	NOMBRE: A. GONZALEZ	NOMBRE: Diego Trolese

REALIZADO POR	**Henry Márquez Rondón**
PROFESOR GUÍA	**Ing. Antonio Rodríguez**
FECHA	**19 de Mayo de 2000**

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

Dedicatoria

A mis padres, papá y mamá gracias por todo su apoyo y cariño durante toda la carrera, y por permitir que este sueño sea realidad...

A mis hermanos Mariú, Otto y René, este proyecto también es de ustedes, a tiempo sus comentarios y discusiones....

A la flaca más simpática y bella: lismar, por toda la ayuda, a toda hora y cuando más lo necesité...

A mis abuelas y tías, que siempre pensaron que ingeniería era una carrera muy difícil...

Sagrado Corazón de Jesús, muchísimas gracias por tu luz, guía y toda la fe que me diste "en esos momentos".....

Y a todos aquellos que soñaron junto conmigo que si era posible...

Agradecimientos

A la Compañía Anónima Metro de Caracas, por permitir realizar este gran proyecto en sus instalaciones.....

Al tutor industrial Ing. Antonio Rodríguez, por la oportunidad de comenzar mi tesis, gracias por todo el apoyo, confianza y dedicación en este proyecto.....

Al tutor académico Ing. Alfredo González, por sus comentarios y discusiones a tiempo, gracias por toda la ayuda y colaboración prestada....

A Carmen Rodríguez y Eduardo Muñoz, por escucharme en todo momento.....

A Omaira y Francis, gracias por todo el apoyo y colaboración....

A los amigos de CAMETRO y Alstom de Venezuela, gracias por la ayuda Angelo Molinaro, Jhon Bayen, Omar y Gilbert, Pedro Honorato, Williams Canelón, Amado Jaramillo, Omar Robles, Miguel Márquez, Luis Parra, Luis Blanco, Elías Candelario, Edgar de Viana...

A los profesores de la UCAB: Marisabel López y Niccola Buonnano, Gracias por su confianza y apoyo....

A mis amigos de la biblioteca, gracias por la ayuda durante toda la carrera, Omar, Gustavo, Maritza, Mario, Ferrer Romer, La "morocha", Edith, Elena, Taide, Nicolasa, Rafael, Zoilo y otros que ahora no me acuerdo.....

INDICE

CONTENIDO **Pág.**

PRÓLOGO i
SINÓPSIS ii
CAPÍTULO I. RESEÑA HISTÓRICA 1
1.1.- Descripción de la empresa 1
1.2.- Reseña Histórica 2
1.3.- Organización de la empresa 3
CAPÍTULO II. OBJETIVOS 5
2.1.- Objetivo General 5
2.2.- Objetivo Específico 5
2.3.- Alcance del Proyecto 6
2.4.- Limitaciones del Proyecto 6
CAPÍTULO III. SITUACIÓN ACTUAL 7
3.1.- Operaciones de Mantenimiento de Primer Nivel 7
3.2.- Operaciones de Mantenimiento de Segundo Nivel 7
3.3.- Operaciones de Mantenimiento de Tercer Nivel 7
3.4.- Operaciones de Mantenimiento de Cuarto Nivel 7
3.5.- Gran Revisión de Cuarto Nivel 7
3.6.- Análisis DAFO 8
3.6.1.- Debilidades 9
3.6.2.- Amenazas 9
3.6.3.- Fortalezas 10
3.6.4.- Oportunidades 10
3.7.- Antecedentes de la Investigación 10
CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO 12
4.1.- Descripción del Bogie 12
4.2.- Sistema de Suspensión del Conjunto Motor Reductor 13
4.3.- Motores de Tracción 14
4.4.- Reductores 14
CAPÍTULO V. METODOLOGÍA 16
5.1.- Metodología de la Investigación 16
CAPÍTULO VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17
6.1.- Planteamiento del Problema 17
6.1.1.-Brazo Soporte del Motor de Tracción 17
6.1.2.-Brazo del Motor de Tracción 18
6.1.3.-Biela de Suspensión del Reductor 19
6.1.4.-Manguito del Sistema Batra de la Biela de Suspensión del Reductor 20

CONTENIDO **Pág.**

CAPÍTULO VII. ESTUDIO DE LAS OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO. 22
7.1.- Retiro del Bogie para el Proceso de Mantenimiento del Cuarto Nivel..... 22
7.2.- Desmontaje de Bogie de Tracción..... 22
7.3.- Departamento Auxiliar Bogie..... 23
7.4.- Taller Eléctrico..... 24
7.5.- Taller de Máquinas Giratorias..... 24
7.6.- Taller de Reductores..... 25
7.7.- Departamento de Lavado, Granalla, Pintura y Magnetoscopia (LGPM)..... 26
7.8.- Departamento de Soldadura..... 26
7.9.- Departamento de Tratamientos Térmicos..... 27
7.10.- Departamento de Montaje..... 27
7.11.- Alineación Final del Bogie..... 28
CAPÍTULO VIII. ESTUDIO DE LAS VARIABLES OPERATIVAS DEL PROCESO. 29
8.1.- Departamento de Reductores..... 29
8.1.1.- Juego Axial del Rodamiento Corona..... 29
8.1.2.- Verificación de la Desviación de la Corona de 97 Dientes respecto al Eje..... 31
8.1.3.- Juego Axial del Rodamiento de Piñón 16 Dientes..... 32
8.1.4.- Juego de Engranajes entre Piñón 16 Dientes y la Corona de 97 Dientes..... 33
8.1.5.- Pistas de los Rodamientos del Piñón y de la Corona..... 34
8.2.- Taller de Máquinas Giratorias..... 36
8.2.1.- Juego Axial del Inducido en la Carcaza o Estator..... 36
8.2.2.- Obstrucción de los Ductos de Ventilación en el Inducido..... 38
8.2.3.- Distancia entre el Portaescobilla y la Superficie del Colector..... 39
8.2.4.- Rectificación del Colector..... 41
8.2.5.- Tensión de los resortes de los Portaescobillas..... 42
8.2.6.- Evaluación del Estado de Roscas en las Tapas del Motor de Tracción..... 44
8.2.6.1.- Roscas en la Tapa Lado Colector del Motor para el Brazo Soporte..... 44
8.2.6.2.- Roscas de la Tapa Lado Acople del Motor para los Tornillos HM20 de Fijación del Motor con el Reductor..... 46
8.2.7.- Calaje del Acople del Motor de Tracción en el Inducido..... 47
8.2.8.- Lavado y Secado de los Motores..... 51
8.3.- Taller Auxiliar Bogie..... 52
8.3.1.- Análisis y Selección de la Biela de Suspensión del Reductor..... 52
8.3.2.- Análisis y Selección del Brazo Soporte del Motor de Tracción..... 54
8.4.- Montaje de Elementos en el Bogie..... 55
8.4.1.- Verificación de la Compresión en los Elementos Batra (goma)..... 55
8.4.2.- Estado de las Roscas del Semichásis para la Sujeción de la Base del Motor de Tracción..... 56

CONTENIDO **Pág.**

8.5.- Alineación Final del Bogie 57
8.5.1.- Alineación de la Biela de Suspensión del Reductor 57
8.5.2.- Juego/Holgura del Deflector con la Caja Interna de Rodamiento de Corona 59
CAPÍTULO IX. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROCESO 60
9.1.- Consideraciones de Seguridad Industrial en el Proceso 60
CAPÍTULO X. ESTUDIO DE COSTOS DEL PROYECTO 62
10.1.- Estudio de Costos del Proyecto 62
CAPÍTULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66
11.1.- Conclusiones 66
11.2.- Recomendaciones 68
BIBLIOGRAFÍA 70

Prólogo

" Desde el momento en que el hombre comenzó a elaborar cosas con sus manos, o sea, a manufacturar, debió existir interés en la calidad de lo producido..."

El mantenimiento es un conjunto de actividades planeadas, controladas y evaluadas que mediante la utilización de recursos físicos, humanos y técnicos permiten mejorar la eficiencia en el sistema de producción al menor costo, minimizando las fallas imprevistas, mejorando e incrementando la confiabilidad de los equipos.

Las funciones del mantenimiento involucran un trabajo sistemático con el fin de planificar y a su vez seleccionar los objetivos que determinan las normas, programas y procedimientos que se van a usar para llevar cabo los objetivos específicos seleccionados.

Para la correcta ejecución y desempeño de las políticas de mantenimiento, se requiere una complementación de las diferentes categorías, buscando de esta forma una adecuada centralización de los distintos enfoques con sus características propias. De acuerdo a esta caracterización, se pueden realizar básicamente: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

Ningún tipo de mantenimiento es la panacea que soluciona todos los problemas de una planta o equipo, cada uno tiene sus propias características que involucran ventajas y desventajas. Con base en los objetivos trazados en el programa específico de mantenimiento debe haber un perfecto equilibrio de los distintos enfoques aplicados en diferentes porcentajes, de acuerdo al criterio y a las necesidades presentes.

Sinopsis

La Compañía Metro de Caracas es el principal medio de transporte masivo desde hace 15 años de nuestra ciudad capital. Cuenta con equipos que han superado su funcionamiento sin fallas; por lo que en la actualidad se están realizando diferentes investigaciones para modificar, reparar y mantener los equipos con tecnología nacional.

Actualmente el Centro de Investigaciones Tecnológicas (C.I.T) de CAMETRO realiza un Proyecto para la Evaluación del Desbalanceo del Conjunto Motor Reductor de los Bogies de Tracción de los Vagones, queriendo con ello minimizar las situaciones de fallas.

El conjunto motor reductor es muy sensible al desbalance del motor. Una excentricidad del centro de masa del rotor del conjunto genera cargas variables elevadas en la biela de suspensión del reductor y en el brazo soporte del motor, que pueden producir la falla de estos elementos cuando se superpone la influencia del desgaste no uniforme de las ruedas, funcionamiento dinámico del bogie, discontinuidades y deflexiones de la vía.

Basándose en lo anterior, surge la necesidad de realizar un estudio y mejora en el proceso de montaje del conjunto motor reductor de un bogie de tracción, queriendo aportar con ello soluciones viables, a través del análisis de las operaciones unitarias y de las variables operativas involucradas en todas las etapas del proceso, todo dentro de una logística de operaciones.

Dicho estudio se llevó a cabo en los bogies de tracción de los vagones que prestan servicio en las líneas 1 y 3 del sistema ferroviario, a los cuales se les está realizando actualmente un mantenimiento mayor de media vida.

La concepción de una metodología adecuada para el desarrollo del proyecto deriva de un Enfoque de Sistemas y de herramientas que contribuyan a mejorar una situación concreta.
El Enfoque de Sistemas se basa en el esfuerzo por lograr un equilibrio entre las distintas etapas del proceso, debido a la interdependencia de sus componentes. De esta manera, se

pueden identificar los requerimientos y las necesidades para adaptarse a una situación óptima de operación.

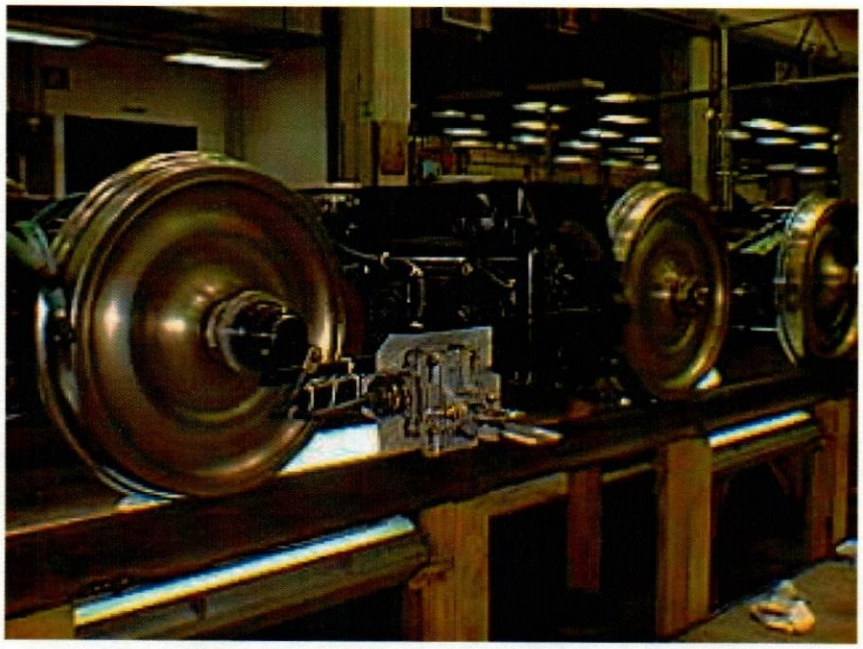
La metodología aplicada en estudio permitió desarrollar las siguientes áreas: antecedentes de la investigación, planteamiento del problema, diagnostico de la situación actual, estudio y análisis de las operaciones unitarias y variables operativas del proceso, propuestas de alternativas para el proceso, estudio de costo del proyecto, recomendaciones y conclusiones.

El estudio realizado permitió identificar, analizar y mejorar las fallas existentes de las operaciones realizadas en el mantenimiento mayor de media vida de los componentes del bogie, a través de propuestas de cambio orientadas a aumentar el nivel de calidad aceptable. De esta manera, se espera alargar la vida media de los elementos, dado el alto costo de reemplazo, bien sea, integral o parcial.

El proyecto elaborado cumple con las expectativas y necesidades planteadas por la Empresa, contribuyendo de esta forma, al mejoramiento continuo del servicio de transporte público que actualmente presta el Metro de Caracas a sus usuarios.

CAPÍTULO I

RESEÑA HISTÓRICA



1.1 Descripción de la Empresa

La Compañía Anónima Metro de Caracas (CAMETRO) es una empresa del Estado Venezolano, con personalidad jurídica y patrimonio propio, distinto e independiente del Fisco Nacional y adscrita al Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

La misión de CAMETRO es la de contribuir al desarrollo del transporte colectivo en el área metropolitana, mediante la planificación, construcción y explotación comercial de un sistema integrado de transporte constituido por una red ferroviaria (Metro) y una red de transporte superficial (Metrobus), que preste el servicio público en forma segura, efectiva, eficiente y confiable, manteniendo su autosuficiencia financiera.

Sus líneas de servicio actuales están distribuidas de la siguiente manera (Figura # 1, Anexos):

Línea 1: Comprende las estaciones desde Propatria hasta Palo Verde. Esta línea consta de 45 trenes, encontrándose los patios y talleres para el estacionamiento, mantenimiento y limpieza en Propatria.

Línea 2: Comprende los tramos el Silencio hasta las Adjuntas y el Zoológico. Esta línea consta de 20 trenes. En las Adjuntas, se encuentran los patios y talleres que prestan servicio a los trenes de esta línea.

Línea 3: Comprende desde la estación la Rinconada hasta la Bandera donde se ramifica la línea, una sigue hasta la estación Plaza Venezuela de línea 1 y, la otra sigue hasta la estación Panteón. Esta línea consta de 7 trenes. Actualmente se encuentra en funcionamiento el tramo Plaza Venezuela – El Valle.

1.2 Reseña Histórica

A continuación se presentan en orden cronológico fechas importantes en el desarrollo y creación del actual Metro de Caracas:

1947. Dos Empresas Francesas presentaron al Concejo Municipal de Caracas dos proposiciones para estudios, proyectos, construcción y explotación de un Metro por un número de años, con garantía de interés del capital invertido.

1965. Se inician los estudios estadísticos previos, necesarios para el análisis integral del transporte y tránsito de Caracas.

1966. Se inicia la selección de las empresas o consorcios de empresas que se encargarían por una parte de asesorar directamente a la Oficina Ministerial del Transporte y, por otra parte de ejecutar por contrato, los estudios preliminares y el diseño final de los tramos del Metro de Caracas que fuesen seleccionados como primera prioridad.

1975. El 12 de Marzo de 1975, en su mensaje anual al Congreso Nacional, el Presidente de la República anunció la construcción de la línea Propatria – Petare, comenzando las obras por el oeste de la ciudad.

1977. El 8 de Agosto de 1977, se crea legalmente la Compañía Anónima Metro de Caracas. El Capital social queda dividido con la siguiente participación accionaria: la República de Venezuela con un 99%, el Centro Simón Bolívar y el Instituto Autónomo de Administración de Ferrocarriles del Estado, con una participación del 0,5% cada uno.

1981. El 12 de Octubre de 1981 llegan al país los primeros vagones fabricados en Francia.

1982. El Metro de Caracas comienza su operación el día 3 de enero de 1982, con el primer tramo de la línea Propatria – Hoyada. En Marzo de ese mismo año se pone en servicio un tramo adicional Hoyada – Chacaito.

1987. Se pone en servicio el primer tramo las Adjuntas – Zoológico – Paz de la línea 2 con 9 estaciones, estableciéndose conexión con la línea 1 a través del servicio de Metrobus hasta la finalización de este segundo tramo.

1988. Se realizaron dos nuevas inauguraciones en el sistema comercial, el tercer tramo Chacaito – Dos Caminos de la línea 1 y, el segundo tramo Paz – Silencio de la línea 2.

1989. Comenzó la actividad comercial del último tramo de la línea 1, Dos Caminos – Palo Verde. Entran en servicio los tramos Mamera – Paz – Zoológico de la línea 2.

1990. Es puesta en servicio al público en su totalidad la línea 2.

1994. Construcción de la línea 3 la Rinconada – Centro, elaborando como primera etapa el 18 de diciembre el tramo Plaza Venezuela – Valle.

1995. Son expuestos los planes de expansión para los próximos años. El primero de ellos es la extensión de la línea 2, desde Capuchinos hasta Plaza Venezuela, para luego ser continuada hasta la estación Parque del Este. El segundo es la construcción del tramo el Valle – Rinconada de la línea 3. Los planes de expansión tienen la finalidad de mejorar la capacidad de movilización de pasajeros en las líneas que actualmente están en funcionamiento.

1.3 Organización de la Empresa

La estructura organizativa de la Compañía Anónima Metro de Caracas está representada por cuatro grandes sectores: Superior, Asesoría y Control, Apoyo y Operaciones (Figura # 2, Anexos).

- Sector Superior: Está constituido por la Asamblea de Accionistas, Junta Directiva, Presidencia, Secretaría y la Gerencia de Planificación Corporativa. Este sector representa el mayor nivel jerárquico dentro de la empresa, toma las decisiones más importantes, establece directrices y políticas generales, representa a la compañía ante organizaciones.

- Sector Asesoría y Control: Está constituido por la Consultoría Jurídica, la Gerencia de Relaciones Públicas, la Gerencia de Planificación de Transporte y la Contraloría Interna.

- Sector Apoyo: Está constituido por la Gerencia Ejecutiva de Transporte y la Gerencia Ejecutiva de Administración y Finanzas. Dicho sector, asegura a la dirección y demás sectores de la empresa la prestación de los servicios de apoyo en materia de procesamiento automático de la información, administración de los recursos humanos, custodia de los bienes y protección de los trabajadores de la empresa.

- Sector Operaciones: Está Constituido por la Gerencia de Proyectos, la Gerencia Ejecutiva de Construcción, la Gerencia Ejecutiva de Transporte Metro y la Gerencia Ejecutiva de Transporte Superficial. Su objetivo es realizar proyectos y garantizar la ejecución de los mismos, verificando la existencia de equipos, su mantenimiento, la capacitación al personal, entre otras.

En la Gerencia Ejecutiva de Transporte Metro destaca el Centro de Investigaciones Tecnológicas (C.I.T), lugar donde se inició el presente Trabajo Especial de Grado.

La misión del C.I.T es garantizar el mejoramiento de la tecnología aplicada en la empresa, mediante la planificación y ejecución de los proyectos solicitados por las unidades adscritas a la Gerencia Ejecutiva de Transporte Metro, permitiendo optimizar la operación y mantenimiento del Sistema Metro.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Estudiar y mejorar el proceso de montaje del conjunto motor reductor de un bogie de tracción de vagones de un sistema de transporte subterráneo.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar y proponer procedimientos que mejoren el proceso de montaje y desmontaje del conjunto motor reductor de un bogie de tracción.

- Estudiar y seleccionar las herramientas industriales que faciliten el proceso de montaje y desmontaje.

- Estudiar y analizar las variables operativas que intervienen en el proceso a mejorar.

- Estudiar las operaciones unitarias del proceso.

- Desarrollar la logística de operaciones del proceso. Estudio de prioridades de adyacencia de operaciones. Diagrama de flujo.

- Definir las consideraciones necesarias referentes a la seguridad industrial y ergonomía del proceso.

- Elaborar el cronograma de aplicación del proceso diseñado a las necesidades de cambios y/o reparaciones del conjunto motor reductor.

- Realizar el estudio de costo del proyecto.

2.3 Alcance del Proyecto

El estudio se basó en formular mejoras al proceso de montaje, permitiendo realizar sistemáticamente los diferentes procedimientos requeridos para llevar a cabo el cambio o reparación del conjunto motor reductor de un bogie de tracción, así como la elaboración de un cronograma de aplicación del proceso.

2.4 Limitaciones del Proyecto

El proceso deberá ser capaz de realizar el montaje o desmontaje bajo una adecuada logística de operaciones, no tomará en cuenta aspectos como deflexión e irregularidades de la vía y el diseño de los materiales de sujeción.

CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL

La Compañía Anónima Metro de Caracas realiza dos tipos de mantenimiento a los bogies de los trenes de la línea comercial, uno preventivo y otro correctivo, los cuales se dividen en varios niveles:

3.1. Operaciones de mantenimiento de primer nivel: estas operaciones son efectuadas al extremo de la línea comercial y, solo son un control visual diario para verificar si un órgano externo del bogie no está desajustado, y especialmente si ninguna paleta de zapata colectora está rota (Figura # 3-13, Anexos).

3.2 Operaciones de mantenimiento de segundo nivel: estas operaciones son efectuadas en el taller de pequeño mantenimiento o de pequeña revisión y, corresponden a los controles y a los cambios de las piezas de desgaste.

3.3 Operaciones de mantenimiento de tercer nivel: estas operaciones son efectuadas en el taller de gran revisión al final de 300.000 Km, y corresponden a una revisión limitada del bogie.

3.4 Operaciones de mantenimiento de cuarto nivel: estas operaciones son efectuadas en el taller de gran revisión cada 600.000 Km. Para un bogie, no hay sino muy poca diferencia entre las operaciones de tercer y cuarto nivel. En efecto, solo el reductor necesitará unas operaciones distintas, existiendo cambio de los elementos de suspensión del motor y reductor.

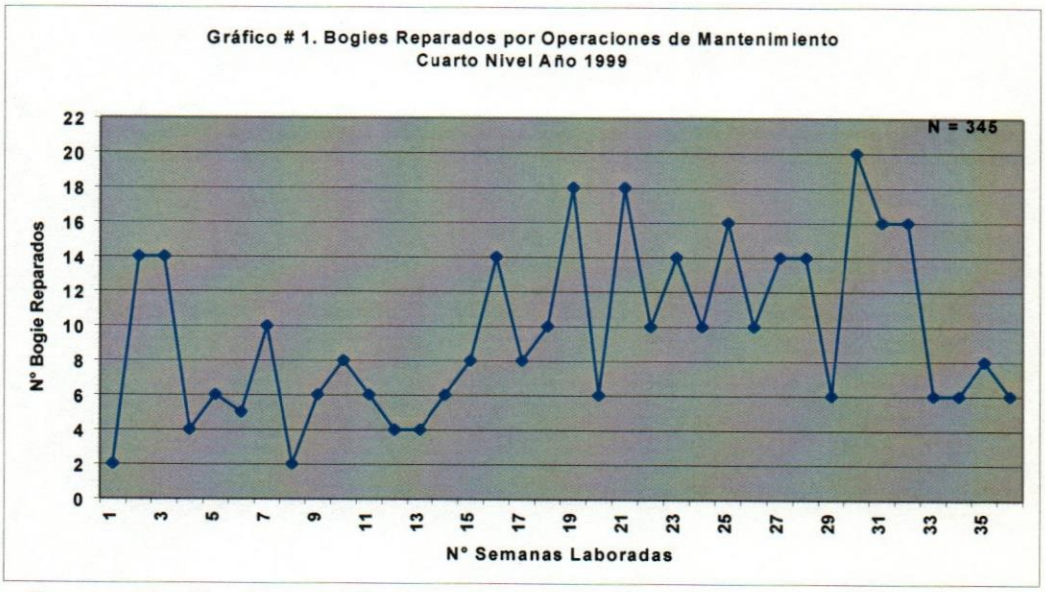
3.5 Gran revisión cuarto nivel: estas operaciones son efectuadas en el taller de gran revisión cada 1.600.000 Km., incluye todas las actividades de las operaciones de mantenimiento del cuarto nivel. A nivel del reductor, esta revisión incluye el cambio sistemático de la rueda dentada de 97 dientes, del piñón con árbol y de los rodamientos cónicos.

El presente Trabajo Especial de Grado está enmarcado dentro de las actividades y operaciones del mantenimiento de cuarto nivel, queriendo estudiar, analizar y mejorar las operaciones unitarias y variables operativas en las distintas etapas del proceso.

Las condiciones necesarias para la entrada al mantenimiento de cuarto nivel del bogie, han sido determinadas a través de manuales y recomendaciones de fabricante, las condiciones de operación, las fallas reportadas en el tablero o panel de control del conductor del tren y, la experiencia acumulada en el sistema a través de las distintas fallas presentadas.

Actualmente, el proceso de operación de mantenimiento de cuarto nivel de la flota de bogie de las líneas 1 y 3 de la Compañía Anónima Metro de Caracas, lo realiza la Compañía Alstom de Venezuela. Dichas operaciones se realizan dentro de un marco establecido, como parte de un contrato de mantenimiento mayor. Dicho mantenimiento, se lleva a cabo en las instalaciones de los patios de revisión y mantenimiento de CAMETRO ubicados en Propatria, bajo la coordinación y supervisión de la Gerencia de Material Rodante.

A continuación, se muestra la línea de tendencia de los bogies reparados por las operaciones de mantenimiento de cuarto nivel. Pare ello, se tomaron en cuenta 40 semanas de estudio del año 1999, totalizando 345 bogie.



Fuente: Planillas Material Rechazado Reductores. ANF Bombardier Transport

3.6 Análisis DAFO

Tratando de profundizar y clarificar aún más la situación actual del proceso de montaje del conjunto motor reductor de los bogies de tracción, surge la necesidad de realizar un análisis

(DAFO), verificando así las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades del sistema en estudio. Todo ello, con el objetivo de reconocer el camino que ha de seguirse en la consecución de las operaciones y procedimientos existentes, en vísperas de un mejoramiento continuo que cubra las expectativas requeridas.

3.6.1 Debilidades

Los instrumentos y equipos utilizados en la realización de las operaciones de montaje del conjunto motor reductor, por parte de los subcontratistas de CAMETRO, se encuentran en su mayoría descalibrados o fuera de especificación.

No existe una planificación de materiales, ajustada a las necesidades reales de las operaciones de mantenimiento de cuarto nivel del bogie, incurriendo en costos elevados por espera en la línea de producción, e indisponibilidad en el sistema comercial.

Carencia de un programa efectivo en el mantenimiento preventivo de las grúas y compresores, causante de retrasos en las operaciones del proceso.

3.6.2 Amenazas

Actualmente, se evidencia una debilidad en cuanto a la supervisión por parte de CAMETRO a los subcontratistas: Alstom de Venezuela y ANF Bombardier Transport, la cual garantice que las operaciones de cuarto nivel de los bogies de tracción, sean realizadas de forma óptima y según especificaciones.

No existe una evaluación exhaustiva durante el proceso de desmontaje, en cuanto a los elementos y componentes principales del conjunto motor reductor del bogie, perdiéndose información valiosa, relativa al comportamiento del conjunto en la línea comercial.

3.6.3 Fortalezas

CAMETRO cuenta con personal altamente calificado y entrenado en los bogies de tracción, capaz de ofrecer respuestas a las fallas presentadas en el sistema, a través de equipos multidisciplinarios orientados hacia un proceso de acciones de mejora concretas.

Alianzas estratégicas con otros sistemas de metros, tanto a nivel latinoamericano como del mundo, fomentando el intercambio de información, de nuevas tecnologías y cursos de capacitación profesional, entre otros.

Estudios preliminares sobre el diseño y comportamiento de los elementos del bogie, los cuales sirven de marco referencial para futuras actividades a desarrollar.

3.6.4 Oportunidades

Mejorar la comunicación existente entre CAMETRO, Alstom de Venezuela y ANF Bombardier Transport permitiendo así una visión en conjunto, capaz de intercambiar ideas y proyectos en pro del mejoramiento del sistema.

Incentivar y mejorar la capacitación del personal técnico de los subcontratistas, así como la dotación de los recursos y herramientas necesarias en el desempeño de las actividades del proceso.

Fomentar foros, charlas, eventos donde se ponga de manifiesto la participación activa de la gerencia y el personal técnico, queriendo buscar y aportar soluciones viables al sistema.

3.7 Antecedentes de la Investigación

La Compañía Anónima Metro de Caracas es el principal medio de transporte masivo desde hace 16 años de nuestra ciudad capital. Cuenta con equipos que han superado su funcionamiento normal sin fallas; por lo que en la actualidad se están realizando diferentes

investigaciones para modificar, reparar y mantener los equipos con tecnología nacional. A lo largo de la década de los noventa, la División de Material Rodante, la Gerencia de Mantenimiento y el Centro de Investigaciones Tecnológicas (C.I.T) han venido realizando estudios sobre los problemas presentados en el bogie de tracción de los vagones, queriendo con ello identificar, analizar y solventar las principales fallas existentes. Cabe destacar:

Estudio de la distribución de esfuerzos mecánicos en la caja del material rodante, diseño de un sistema de medición de deformaciones para determinar la historia de cargas en las bielas de tracción del bogie, análisis de falla del brazo soporte del motor de tracción de trenes, análisis del funcionamiento dinámico del bogie, diseño de un medidor electrónico de deformación mecánica para los rieles de rodamientos de las vías férreas y los chasis del bogie del material rodante, análisis del desgaste no uniforme de las ruedas y el estudio de las deflexiones e irregularidades en la vía, entre otros.

Según un estudio realizado " el conjunto motor reductor es muy sensible al desbalance del motor. Una excentricidad del centro de masa del rotor del conjunto motor reductor genera cargas variables elevadas en la biela de suspensión del reductor y en el brazo soporte, que puede producir la falla de estos elementos cuando se superpone la influencia del desgaste no uniforme de las ruedas, el funcionamiento dinámico del bogie, las discontinuidades y deflexiones de la vía " (1).

Actualmente el C.I.T realiza un proyecto para la evaluación del desbalanceo del conjunto motor reductor de los bogies de tracción de los vagones, queriendo con ello minimizar las fallas presentadas en la biela de suspensión del reductor y el brazo soporte. Dichas fallas acarrean un elevado costo de mantenimiento por correctivos y además afectan la disponibilidad de los elementos, ya que la adquisición de los mismos se realiza por medio de la empresa francesa FRAMECA, teniendo la reposición un tiempo de seis (6) meses aproximadamente.

(1) Título: Modelaje y Simulación del Brazo Soporte Motor de Tracción bajo Esfuerzos y Deformaciones por Efectos de Cargas Dinámicas UNEXPO. Autores: Ing. Santiago Hernández, Nelsón Díaz y Yuestas Suárez.

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

Marco Teórico

4.1 Descripción del Bogie

El bogie es un conjunto de elementos concebidos para dirigir en una dirección apropiada, dar suspensión y amortiguación a los trenes (Figura # 3 y Foto # 1, Anexos). Un tren está formado generalmente por siete (7) vagones, y a su vez cada vagón posee dos (2) bogies, los cuales suman catorce (14) bogies en total.

Dicho conjunto, posee los órganos necesarios para el vehículo, el abastecimiento del par de tracción y frenado, la suspensión de los pasajeros y el bastidor, la captación de la corriente del tercer riel, así como el retorno de corriente por los rieles de rodamiento.

En el bastidor (Figura # 3-1, Anexos), se encuentran montados los captores de velocidad (Figura # 3-11 y Plano # 1-47) necesarios para el pilotaje automático, así como el equipo de anti-deslizamiento y anti-patinaje. Su arquitectura, cuyos travesaños son interiores a las ruedas responde a tres objetivos: masa reducida, asegurar una articulación del bastidor y facilitar el paso sobre la vía con recuperación de peraltes, así como permitir un fácil mantenimiento.

El rodamiento (Figura # 3-2, Anexos) está compuesto de un eje (Plano # 2-1, Anexos) con ruedas de asiento cónico (Plano # 2-2 y 2-12, Anexos) y de cajas de rodamientos tipo rótulas (Plano # 2-9 y 2-13, Anexos), para facilitar la articulación del bastidor del bogie. Sobre el eje está montado el reductor (Figura # 3-3 y Plano # 2-10, Anexos), el cual asegura la transmisión del par suministrado por el motor de tracción (Figura # 3-4 y Plano # 3, Anexos).

El sistema de freno incluye cuatro (4) bloques de zapatas (Figura # 3-5, Anexos) por bogie, los cuales crean el par retardador mediante el roce de las zapatas sobre las ruedas. Estos bloques, llamados de acción directa, generan un esfuerzo de roce por admisión de aire bajo presión en los cilindros de cada bloque de freno.

La suspensión del bastidor está asegurada por elementos de cauchos, ubicados entre el bastidor y la caja de rodamientos.

La suspensión del vehículo está asegurada por dos (2) cojines de suspensión neumática (Figura # 3-8; Anexos), cuya altura es mantenida constante gracias a un sistema neumático.

La tracción del vehículo está asegurada por dos (2) bielas de tracción (Figura # 3-9, Anexos), conectadas al bastidor del bogie y a la traviesa de carga (Figura # 3-10, Anexos) por elementos elásticos.

El vagón descansa sobre la traviesa de carga por intermedio de dos (2) deslizadores de material sintético (Figura # 3-12, Anexos). Esta traviesa, posee un escariado central para recibir el pivote del vagón, el cual permite la rotación del bogie.

4.2 Sistema de Suspensión del Conjunto Motor Reductor (Plano # 4, Anexos), además de su asiento sobre el eje, queda suspendido en dos puntos:

Sobre el travesaño del bastidor del lado motor: por un cojinete provisto de un Artibloc Kleber Colombes, ajustado lateralmente y en altura por calces (Plano # 5-5 y 5-7, Anexos) y, por un brazo soporte (Plano # 5-1 y Plano # 6, Anexos) fijado al motor enmangado en el Artibloc. Estos dos (2) calajes sucesivos evitan toda tensión en el artibloc.

Sobre el bastidor del lado del reductor: dos (2) elementos Batra (Plano # 7-24, Anexos) o gomas mantienen una biela de suspensión (Foto # 2, Anexos). Esta biela está enganchada al reductor por una rótula elástica (Plano # 7-16 al 7-19, Anexos), permitiendo trasmitir los esfuerzos debidos a los pares motor y de frenado. Un calce afina la posición del reductor (Plano # 7-20, Anexos).

Las características de esta suspensión, han sido escogidas para generar esfuerzos repartidos entre los dos medios bastidores.

El bogie que a continuación se estudia, está equipado de dos (2) conjuntos motor reductor (Figura # 4, Anexos), los cuales aseguran la tracción y el frenado eléctrico de los vagones. El conjunto posee una masa de 6.400 Kg y, de 5.100 Kg aproximadamente, sin los dos (2) motores de tracción.

4.3 Motores de Tracción

Los bogies bimotores están equipados de dos (2) motores de tracción T.C.O. HEX H 2822 (Plano # 3 y Foto # 3, Anexos), estando colocados paralelamente a los ejes, por ambos lados del eje longitudinal del bogie. Cada motor está fijado al reductor por 11 tornillos HM 20 (Foto # 4, Anexos), mantenidos por arandelas de seguridad tipo TREP.

La transmisión del par motor o de frenado está realizada entre el árbol del motor (Figura # 4-1, Anexos) y el piñón de entrada del reductor (Figura # 4-3, Anexos), por medio de un acoplamiento ligeramente elástico (Figura # 4-2 y Foto # 5, Anexos), capaz de soportar los pequeños desalineamientos de montaje y, permitir la amortiguación de las vibraciones torsionales que puedan intervenir entre el motor y el reductor.

4.4 Reductores

Cada uno de los reductores está constituido por un cárter de acero moldeado E 26.52 Ms y una tapa del mismo material. El plano de junta cárter-tapa es vertical, y provisto de una pasta que asegura la impermeabilidad. El ensamblaje cárter tapa está asegurado por trece (13) tornillos HM 18, mas cuatro (4) tornillos HM 12, todos mantenidos por arandelas de seguridad tipo TREP (Foto # 6, Anexos). Dos pines de centraje colocados en la fabricación, conservan el buen alineamiento de los escariados sobre el cárter y la tapa, aún después de un desmontaje completo del reductor.

El cárter contiene un tren de engranaje que tiene una relación de reducción de 6,06. Su dentadura es helicoidal y corregida a un módulo de herramienta de 6, con el objeto de reducir el ruido de este órgano (Foto # 7, Anexos).

Dentro de las características que presenta el reductor están: una velocidad de rotación máxima en el piñón de ataque de 3100 t/mn y un par máximo en el piñón de ataque de 124 mdaN.

El piñón de entrada de 16 dientes espiral a la izquierda es arboleado realizado en acero 16 NCD 13 cementado, templado. Este piñón está equipado de dos (2) rodamientos con una hilera de rodillos cónicos montados en X (Foto # 8, Anexos).

La rueda dentada (corona) de 97 dientes espiral a la derecha (Foto # 9, Anexos), está calzada sobre el eje (tramo de calaje cilíndrico) y defasada en la presión de aceite. Dicha rueda es realizada en acero 18 NC8 cementado y templado, además está equipada de dos (2) rodamientos con una hilera de rodillos cónicos montados en X. Las cualidades del acero escogidas para estos engranajes tienen como objetivo reducir las deformaciones durante los tratamientos térmicos, a la vez que brindan las características mecánicas adecuadas.

El engrase de los engranajes anteriormente citados, es realizado por chapoteo de aceite a extrema presión (Plano # 1, Anexos). Las canaletas de recuperación de aceite se utilizan para la lubricación de los rodillos cónicos y, para mantener el nivel de aceite mínimo necesario para los rodamientos al momento de las primeras rotaciones en el arranque del reductor.

La capacidad " C " del cárter para el aceite Shell Spirax EP (Tabla # 1, Anexos) es de $2{,}5\ L < C < 3{,}5\ L$. Dicho suministro de aceite al cárter, se hace por una abertura obturada a través de un tapón indicador de nivel (Plano # 1-32, Anexos). En el cárter y la tapa, están montadas cajas amovibles (Plano # 1, Anexos) que tienen varias funciones:

- Ajustar los rodamientos cónicos, así como el calaje de ellos a través de calces de reglado.

- Encaminar el aceite desde las canaletas mencionadas anteriormente.

Además, estas cajas, en caso de bloqueo de algunos de los rodamientos, evitan la deterioración de los escariados de cárter, siendo equipadas de deflectores para evitar toda pérdida.

CAPÍTULO V

METODOLOGÍA

5.1 Metodología de Investigación

El proceso de montaje y desmontaje del conjunto motor reductor de los bogies de tracción de los trenes, se encuentra influenciado por múltiples variables relacionadas con los sistemas, procedimientos y ambientes donde se desarrolla. La concepción de una metodología adecuada para el desarrollo del proyecto deriva de un Enfoque de Sistemas y de herramientas que contribuyan a mejorar una situación concreta (Figura # 5, Anexos).

El Enfoque de Sistemas se basa en el esfuerzo por lograr un equilibrio entre las distintas etapas del proceso, debido a la interdependencia de sus componentes. De esta manera, se pueden identificar los requerimientos y las necesidades para adaptarse a una situación óptima de operación.

Las principales funciones de la metodología de sistemas son: la selección de las variables y relaciones implicadas, la estructuración del problema y el establecimiento de criterios que permitan generar propuestas para la solución de dicho proceso de montaje.

Durante el proceso de exploración y desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, se contó con la ayuda de manuales y/o catálogos de mantenimiento del bogie, planos referentes del conjunto a estudiar, visitas a subcontratistas de CAMETRO, observación y participación directa en cada una de las etapas del proceso, así como la experiencia del personal técnico involucrado en las operaciones.

CAPÍTULO VI

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

6.1 Planteamiento del Problema

El sistema de suspensión del conjunto motor reductor de los bogies de tracción de los vagones del Metro de Caracas, ha venido presentado desde el año 85 fallas por fisura y rotura de sus principales elementos, los cuales comprenden el brazo soporte y base del motor, así como la biela de suspensión del reductor. El presente trabajo tiene como estudio los dos (2) últimos trimestres del año 1999 y el primer trimestre del año 2000. A continuación, se mencionan las fallas presentadas por cada elemento del sistema de suspensión, en los trimestres antes mencionados:

6.1.1 Brazo Soporte del Motor de Tracción

Total de Brazos Soporte del Motor de Tracción: 31

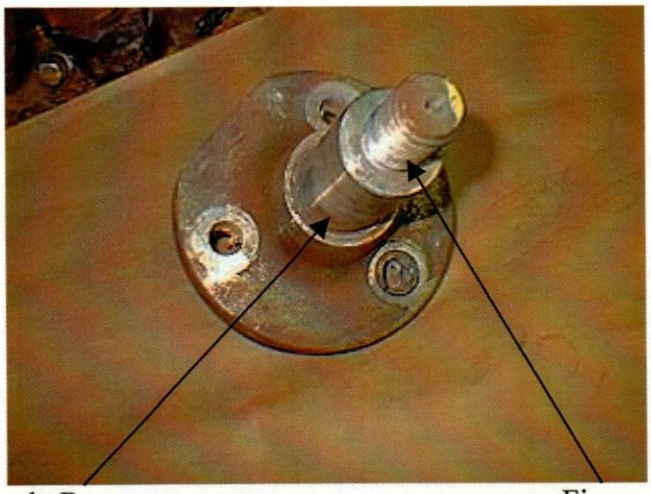
Causas de Fallas:

A.- Fisura en la Base del Brazo Soporte (del lado de un solo tornillo).

B.- Fisura en la Rosca del Brazo Soporte.

Fuente: Taller de Auxiliar Bogie

Brazo Soporte del Motor. Fuente: Elaboración Propia



Fisura en la Base Fisura en la Rosca

6.1.2 Base del Motor de Tracción

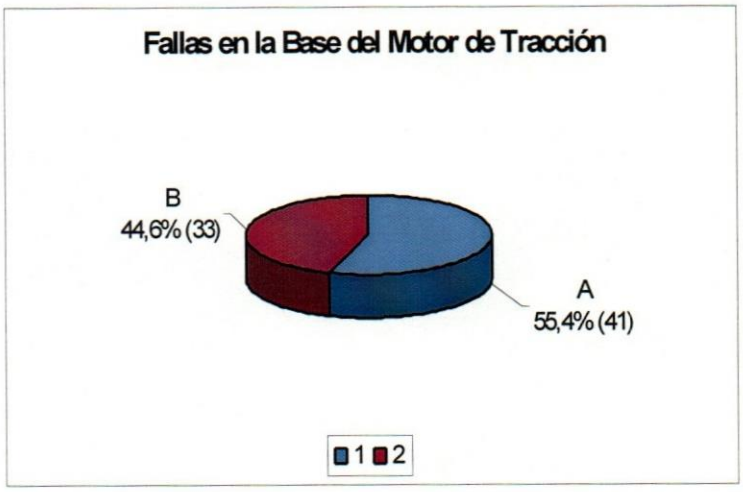
Total de Bases del Motor de Tracción: 74

Causas de Fallas:

A.- Deformación en los Agujeros de los Tornillos de la Base del Motor.

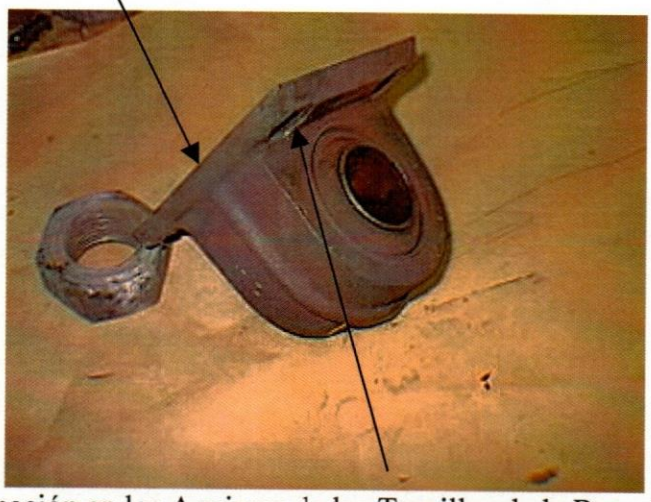
B.- Desgarre de Material en la Base del Motor.

Fuente: Taller de Auxiliar Bogie



Base del Motor de Tracción. Fuente: Elaboración Propia

Desgarre de Material en la Base del Motor



Deformación en los Agujeros de los Tornillos de la Base del Motor

6.1.3 Biela de Suspensión del Reductor

Fuente: Departamento de Auxiliar bogie

Total de Bielas de suspensión del Reductor: 37

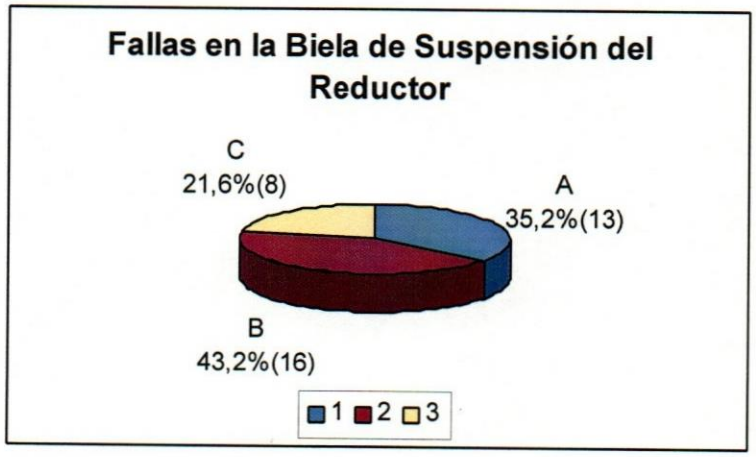
Causas de Fallas:

A.- Fisura en la Rosca de la Biela de Suspensión.

B.- Fisura en la Base de la Biela de Suspensión.

C.- Biela de Suspensión Golpeada.

Fuente: Taller de Auxiliar Bogie



Biela de Suspensión del Reductor. Fuente: Elaboración Propia

Fisura en la Base de la Biela Fisura en la Rosca de la Biela

6.1.4 Manguito del Sistema Batra de la Biela de suspensión del Reductor

Fuente: Departamento de Auxiliar Bogie.

Total de Manguitos del Sistema Batra: 81

Causa de Falla:

A.- Rosca Golpeada.

Manguito del Sistema Batra de la Biela de Suspensión del Reductor. Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a un estudio, "el conjunto motor reductor es sensible al desbalance del motor. Una excentricidad del centro de masa del rotor del conjunto motor reductor genera cargas variables elevadas en el sistema de suspensión, que pueden producir la falla de los elementos cuando se superpone la influencia del desgaste no uniforme de las ruedas, el funcionamiento dinámico del bogie, el diseño de los materiales de sujeción, las discontinuidades y deflexiones en la vía".(1)

El presente Trabajo Especial de Grado está orientado hacia el estudio y mejora del proceso de montaje del motor reductor de los bogies de tracción, queriendo con ello identificar, analizar y cuantificar la contribución de cada una de las distintas calibraciones y mediciones de ajustes realizadas tanto en el motor como en el reductor, de manera independiente; así como la alineación final de todo el sistema ensamblado en el bogie, garantizando la puesta en marcha para el servicio comercial de una manera confiable y según las especificaciones respectivas.

La ejecución de un incorrecto proceso de montaje y la no adeacuada alineación en sus respectivas etapas, repercute directamente en el desbalance del conjunto motor reductor y, por ende en el mal funcionamiento de los trenes.

Por esta razón, se hace indispensable un estudio y mejora en el proceso de montaje del conjunto motor reductor de los bogies de tracción de los vagones que aporte soluciones viables al sistema, tomando en cuenta las variables operativas y procedimientos que se ejecutan, las herramientas y equipos necesarios para el desarrollo del trabajo, así como las consideraciones en materia de seguridad industrial, todo dentro de un marco de una logística adecuada de operaciones.

(1) Título: Modelaje y Simulación del Brazo Soporte Motor Tracción bajo Esfuerzos y Deformaciones por Efectos de Cargas Dinámicas. UNEXPO. Autores: Ing. Santiago Hernadez, Ing. Nelsón Díaz e Ing. Yuestas Suárez.

CAPÍTULO VII

ESTUDIO DE LAS OPERACIONES UNITARIAS DEL PROCESO

Las operaciones unitarias desarrolladas en el proceso de mantenimiento de cuarto nivel de los bogies, se presentan de acuerdo a una secuencia de etapas y pasos (Figura # 6, Anexos). A continuación, se describen las etapas de dicho proceso:

7.1 Retiro del Bogie para el Proceso de Mantenimiento de Cuarto Nivel.

Una vez que el tren entra al taller de mantenimiento correctivo con la falla reportada, se procede a identificar el vagón averiado, con el fin de determinar cuál o cuáles de los bogies deben ser desmontados. Determinado él o los bogies a desmontar, comienza una actividad de desconexión de los elementos principales que unen el bogie con el vagón. Las conexiones se clasifican en mecánicas, eléctricas y neumáticas.

7.2 Desmontaje del Bogie de Tracción

Una vez que el bogie llega al Departamento de Desmontaje, a través de los rieles internos, se procede a colocarlo en una mesa elevadora, acuñándolo diagonalmente para evitar que ruede sobre los rieles (Foto # 10, Anexos). En este proceso, existen cuatro (4) estaciones de trabajo, cada una con dos (2) personas, contando con las herramientas y recursos necesarios para el desempeño de las operaciones. Iniciado el desmontaje, se procede a la anotación de los seriales y posibles observaciones de los componentes a desmontar del bogie, a través de la planilla de desmontaje (Tabla # 2, Anexos). El proceso de desmontaje presenta una secuencia de operaciones para su realización.

Las operaciones en orden de ejecución son las siguientes: Desmontaje de las barras de tracción del bogie, amortiguadores verticales, amortiguadores horizontales, traviesa de carga, anclas, bases del motor, brazos soporte del motor, motores de tracción, frotadores del tercer riel, zapatas colectoras, retornos de corrientes, frenos de inmovilización, frenos de servicios, reservorios, cubiertas inferiores de los semichásis, cotep o captor de velocidad, cableado de alta tensión y baja tensión, válvula de nivelación, válvulas de descarga, válvula diferencial, doble válvula DVR 12, ejes equipados (Foto # 11, Anexos), semichásis y retiro del aceite del cárter de los reductores.

Una vez desmontados todos los componentes unitarios del bogie nombrados anteriormente, el departamento de desmontaje, procede a enviar las partes o equipos correspondientes a los sucesivos departamentos, suministrando así los insumos necesarios para las siguientes etapas de la línea de producción.

Los motores de tracción son enviados al taller de máquinas giratorias, los ejes equipados con sus respectivos reductores y cajas de rodamientos son llevados al departamento de reductores, los cables de alta y baja tensión son suministrados al taller eléctrico, los semichásis y traviesa son enviados al taller de lavado, granalla, pintura y magnetoscopia.

En el caso de la biela de tracción, de la biela de suspensión del reductor, la base y brazo soporte del motor, retorno de corriente, el cotep o captor de velocidad, los frenos de servicios y de inmovilización, al ancla con su tope, los cojines de suspensión secundaria, los frotadores del tercer riel y zapatas colectoras, tuberías del sistema neumático y el conjunto de válvulas son suministradas al departamento auxiliar bogie.

Las herramientas y equipos utilizados en el taller de desmontaje se listan en la Tabla # 3, Anexos. En el Apéndice A-1 se realizan propuestas de alternativas para la disminución del cuello de botella en el proceso.

7.3 Departamento Auxiliar Bogie

En este departamento, se reciben todos los componentes del bogie citados anteriormente, provenientes del departamento de desmontaje. Dentro de las funciones y actividades que se realizan en este taller están: selección y recuperación de los elementos y componentes del bogie, desmontaje y montaje de las gomas o bujes en la biela de suspensión del reductor y en la base del motor, análisis de fallas del brazo soporte del motor y la biela de suspensión del reductor, a través de la técnica de magnetoscopia, siendo registrados los resultados en el acta control taller auxiliar bogie (figura # 7, Anexos), garantizar las condiciones y especificaciones necesarias de operación de los equipos y componentes que suministra al departamento de

montaje, entre otras. Las herramientas y equipos utilizados en el taller de auxiliar bogie se listan en el Tabla # 4, Anexos.

7.4 Taller Eléctrico

En este taller, se recibe el cableado de alta y baja tensión de los bogies, los cuales son suministrados por el departamento de desmontaje. Dentro de sus funciones y actividades principales, se encuentran la selección y recuperación de los cables de alta y baja tensión, garantizando las especificaciones y condiciones de operación necesarias en los elementos que suministra al departamento de montaje.

7.5 Taller de Máquinas Giratorias

Una vez que son retirados los motores de tracción en el proceso de desmontaje, estos son enviados al taller de máquinas giratorias. En el taller, son realizadas las operaciones necesarias para la revisión y el mantenimiento, garantizando la incorporación de los motores a la línea comercial con un óptimo funcionamiento, capaz de responder a los requerimientos del sistema.

Las etapas o actividades de mantenimiento realizadas a los motores de tracción en el taller de máquinas giratorias, se pueden clasificar en dos (2) tipos:

Mantenimiento de media vida (cuarto nivel): comprende las operaciones de desmontaje, revisión, sustitución de piezas y reparación de los equipos, con la finalidad de devolver las características nominales y garantizar un tiempo de funcionamiento determinado. Son realizadas en las instalaciones de Propatria del Metro de Caracas.

Mantenimiento de quinto nivel: son actividades de la misma índole que las establecidas en el mantenimiento de cuarto nivel, pero que por conveniencia, falta de equipamiento o instalaciones industriales apropiados, son recomendadas a talleres o servicios externos.

Dentro de los pasos necesarios para el proceso de mantenimiento de cuarto nivel están: preparación del motor en la entrada, desmontaje del motor, limpieza de los elementos constituyentes, secado de los componentes constituyentes, armado del motor de tracción, entre otras.

Las herramientas y equipos utilizados en el taller de máquinas giratorias se listan en la Tabla # 5. En el Apéndice A-2 se realizan propuestas de alternativas para la mejora en la entrega de los motores de tracción al departamento de montaje y, en el Apéndice A-3 se muestran los planes de muestreo de aceptación para los lotes de resortes de los portaescobillas.

7.6 Taller de Reductores

En este taller, se reciben los conjuntos ejes-reductores o ejes equipados del bogie, los cuales han sido retirados en el taller de desmontaje. Las actividades realizadas al conjunto eje-reductor, se pueden dividir en tres (3) etapas o áreas de trabajo:

Desmontaje de los ejes-reductores: esta etapa, se divide en dos desmontajes, uno horizontal y otro vertical. Cada desmontaje, posee cuatro (4) puestos de trabajo, para cuatro (4) personas, las cuales pueden realizar las actividades independientemente o en grupos de dos (2).

Limpieza, preparación y lavado de los elementos del eje-reductor: en esta etapa se reciben todos los elementos y piezas del eje equipado, con la finalidad de recuperar las condiciones necesarias de operación. Se cuenta con cuatro (4) personas para la realización de las actividades y operaciones.

Montaje de los ejes-reductores: esta etapa se divide en dos montajes, uno vertical y otro horizontal. Cada montaje posee cuatro (4) puestos de trabajos, para cuatro personas, las cuales pueden realizar las actividades independientemente o en grupos de dos (2).

Las herramientas y equipos utilizados en el taller de reductores se listan en al Tabla # 6. En el Apéndice A-4, se realizan propuestas de alternativas para la planificación de los materiales e insumos necesarios en la producción.

7.7 Departamento de Lavado, Granalla, Pintura y Magnetoscopia (LGPM)

En este departamento, se reciben los dos (2) semichásis del bogie desmontado en el departamento de desmontaje. Presenta cuatro (4) áreas de trabajo y, laboran cinco (5) personas.

Dentro de las actividades y operaciones realizadas se encuentran: el lavado de los semichásis con agua a presión, la limpieza de los semichásis con la máquina de granallar, usando partículas de acero a alta presión y, el registro e identificación de las fisuras, grietas y deformaciones presentadas en el material de los semichásis, a través de la técnica de magnestoscopia. Al terminar estas tres (3) operaciones, se procede a trasladar los semichásis a los departamentos de soldadura y tratamientos térmicos. Posteriormente, los semichásis son devueltos al departamento LGPM, para el proceso de pintura y, finalmente entregados al departamento de montaje.

7.8 Departamento de Soldadura

En este departamento, son reparadas todas las fallas, fisuras y grietas identificadas en el proceso de magnestoscopia, contando con la ayuda del equipo de soldadura. Para la realización de las actividades y operaciones, se cuenta con un grupo de seis (6) personas. Este departamento tiene como finalidad, devolver las condiciones mínimas necesarias de operación de los semichásis, queriendo recuperar en lo posible, la mayor cantidad de semichásis para los bogies.

7.9 Departamento de Tratamientos Térmicos.

En este departamento, se reciben todos los semichásis reparados en el departamento de soldadura. Se cuenta con dos (2) personas para la realización de las actividades y operaciones. El objetivo que se persigue en el taller, es el de liberar o minimizar las tensiones presentes en el material, producto de la soldadura y reparación de las fallas reportadas en los semichásis. Posteriormente, los semichásis son enviados al departamento LGPM, para el proceso de pintura.

7.10 Departamento de Montaje

En este departamento, se reciben todos los componentes unitarios principales del bogie, desmontados en el departamento de desmontaje, los cuales han sido recuperados y seleccionados, garantizando así las condiciones óptimas y necesarias para su funcionamiento. Se cuenta con quince (15) personas para la realización de las actividades y operaciones de montaje. Todas las observaciones, resultados y material de control durante las cuatro (4) estaciones de trabajo, son reportadas en el Acta de Control Montaje Bogie (Figura # 8, Anexos). En dicho departamento, existen cuatro (4) áreas o estaciones de trabajo, las cuales se citan a continuación:

Montaje 1: aquí se reciben los semichásis reparados y pintados del departamento de LGPM. Dentro de las actividades y operaciones que se realizan están: desmontaje y montaje de la articulación de los semichásis, control y lavado de todas las partes maquinadas, control de todos los orificios roscados, tanto de la traviesa como del semichásis, eliminación de sucios e impurezas en todas las roscas, a través del paso de machos, ensamble de los semichásis, modificación de las roscas de la base del motor, pasando de M12 a M14, montaje de la articulación de la traviesa, montaje de los deslizadores de la traviesa y montaje del conjunto manguito batra en los semichásis.

Montaje 2: en esta área se reciben los semichásis armados en el proceso de montaje 1. Dentro de las actividades y operaciones que se realizan están: montaje de cables de baja tensión,

montaje de frenos de servicios y de inmovilización, montaje de topes transversales, montaje de los reservorios, montaje de la suspensión secundaria, montaje de las tuberías y válvulas, montaje de bielas de suspensión del reductor, montaje del soporte del frotador del tercer riel, montaje del frotador, realización de las pruebas de freno.

Montaje 3: en esta área se reciben los ejes equipados del bogie, armados en el departamento de reductores. Dentro de las actividades y operaciones que se realizan están: montaje de los chásis sobre el eje equipado, acoplamiento de las bielas de suspensión a los reductores, montaje de las bielas de tracción, montaje del amortiguador vertical, montaje del amortiguador transversal, montaje de los topes altos de las anclas, montaje de las cubiertas inferiores, para ajustar las cajas de rodamientos con el chásis, montaje de las bielas de enlace de la traviesa y prueba neumática.

Montaje 4: en esta área se reciben los motores de tracción del bogie, ensamblados en el departamento de máquinas giratorias. Dentro de las actividades y operaciones que se realizan están: montaje y acople de los motores de tracción a los reductores, montaje de los brazos soportes del motor, montaje de las bases del motor, montaje de los cables de alta tensión, montaje del fusible de baja tensión y conexión de los cables de los motores de tracción.

7.11 Alineación Final del Bogie

En esta etapa del proceso se recibe el bogie completamente armado. De esta manera, comienza la realización de las distintas calibraciones y alineaciones correspondientes. A continuación se citan: alineación de las bielas de suspensión de los reductores (Foto # 12, Anexos), ajuste del juego u holgura entre el deflector y la caja interna del rodamiento de corona (Foto # 13, Anexos), fijación de la altura de las zapatas colectoras del tercer riel, alineación del brazo soporte y alineación de la base del motor (Foto # 14, Anexos). Las herramientas y equipos utilizados en el taller de montaje y alineación final del bogie, se listan en el Tabla # 7, Anexos. Una vez culminadas todas las operaciones unitarias del proceso descritas anteriormente, se procede al traslado del bogie al torno, con el fin de ajustar la altura de las ruedas (usadas o nuevas).

CAPÍTULO VIII

ESTUDIO DE LAS VARIABLES OPERATIVAS DEL PROCESO

El presente Trabajo Especial de Grado, tiene como objetivo el estudio y análisis de las variables operativas en cada uno de los siguientes departamentos:

8.1 Departamento de Reductores

En este departamento se estudian y se analizan las siguientes variables operativas:

8.1.1 Juego Axial del Rodamiento de Corona

Esta operación es realizada en la mesa trabajo vertical, en la etapa de montaje del reductor, siendo ejecutada por una persona (Figura # 9-106, Anexos). El juego axial del rodamiento de corona debe estar en 0,03 mm < X < 0,07 mm (Tabla # 8-14, Anexos) y, el intervalo de las calzas o lainas debe estar en 1,08 < X < 3,2 (Plano # 1, Anexos).

Se procede a colocar las lainas o calzas pelables en la base de la caja externa del rodamiento de corona, comenzando con un valor de 2,95 mm. Dicho juego de lainas, tiene un espesor inicial de 3,5 mm, compuestas por calzas pelables unitarias de 0,05 mm y 0,10 mm. Posteriormente, se posiciona la caja externa en el cárter del reductor, a través de sus tornillos respectivos, torqueados a 80 Nm.

Se procede a posicionar dos (2) relojes comparadores en la superficie del deflector, colocados diametralmente opuestos (Figura # 9-105, Anexos), calibrados en cero. Se verifica que el eje corona gire libremente, en ambas direcciones.

Se procede a colocar el grillete roscado en el eje (Figura # 9-104, Anexos), en cual se engancha un dinamómetro y, este a su vez a la grúa (radial o transversal). Con la ayuda de una grúa, se aplica una fuerza axial al eje corona de 500 kgf, aproximadamente. Los valores reportados en los dos (2) relojes comparadores, son promediados para conseguir un valor resultante (VR1). Posteriormente, se aplica una fuerza axial mayor a 500 kgf, cercana a los 700 kgf, aproximadamente, para verificar que tanto varían las lecturas iniciales de los relojes comparadores.

El procedimiento anterior se repite tres (3) veces, obteniéndose un valor único (V), como resultado del promedio de los tres (3) valores resultantes (VR1, VR2 y VR3). El valor único (V), puede ser menor o mayor a los límites del intervalo de especificación. En estos casos, se procede a colocar más o menos lainas en la base de la caja externa del rodamiento de corona, garantizando así el juego axial especificado.

Propuestas de mejoras:

Existen dos (2) condiciones necesarias para garantizar de manera óptima, la realización del juego axial. La primera de ellas, es que la magnitud de la fuerza aplicada, debe ser igual o ligeramente mayor al peso propio del conjunto y, la segunda, es que la fuerza axial aplicada, debe ser perpendicular al plano de desplazamiento.

El eje corona, junto con sus deflectores y rodamientos, tiene un peso de 336 kg, por lo que se recomienda aplicar una fuerza axial de 336 kgf, y no de 500 kgf, mucho menos de 700 kgf. A medida que la magnitud de la fuerza se hace mayor, la jaula de los rodamientos de corona, los rodamientos y la pista tienden a deformarse, dada la compresión. Los rodamientos tienden a correr en los bordes de la pista y, no en la parte central, presentándose rayas no uniformes a lo largo de la pista, evidenciándose un mal juego axial (Foto # 15, Anexos).

De igual manera, la fuerza axial aplicada no se realiza perpendicularmente al plano de desplazamiento, debido a que la grúa utilizada es radial y, se rueda en el momento de la operación (en caso, de utilizar la grúa transversal, esta presenta actualmente problemas en el freno), ejecutándose una fuerza no axial, descomponiéndose en dos fuerzas, una horizontal y otra vertical. Esto trae como consecuencia, que el rodamiento no se posicione correctamente en la pista (se arrecuesta). Se recomienda mejorar el estado de las grúas en el departamento de reductores.

En cuanto al juego axial y el intervalo de las calzas o lainas utilizadas, de una muestra de 100, todas están dentro de especificación, con el procedimiento usado actualmente (Tabla # 9, Anexos).

Los relojes comparadores utilizados para la realización del juego axial, se encuentran en su mayoría desacalibrados, así como la mesa de trabajo vertical, la cual esta desbalanceada. Se recomienda adoptar un plan de calibración de los equipos de medición, ajustados a la frecuencia y necesidades del departamento, de igual modo, mejorar la estabilidad o nivelación de la mesa de trabajo vertical.

En el mismo orden de ideas, se recomienda utilizar cuatro (4) relojes compradores, en vez de dos (2), obteniéndose un valor único (V) más representativo, dado que existen más valores a considerar en el promedio.

8.1.2 Verificación de la Desviación de la Corona de 97 Dientes respecto al Eje

Aprovechando que el eje corona está posicionado en la mesa de trabajo vertical, se coloca un reloj comparador en la superficie de la corona, a nivel de la abertura del piñón de 16 dientes en el cárter, para realizar la verificación. Dicho desviación, debe ser menor a 0,15 mm (Tabla # 8-16, Anexos). Actualmente, la verificación de la desviación sola sirve solo como referencia y, no como medida de calidad en el proceso del reductor.

Propuestas de mejora:

La verificación de la desviación de la corona de 97 dientes respecto al eje, debe ser una medida o patrón de calidad, la cual permita decidir con criterio, si un reductor sale o no al servicio comercial. Es decir, aún cuando el juego axial del eje corona esté dentro de especificación, y la desviación no, la decisión a tomar, es la no salida del reductor. El cumplimiento de las dos (2) especificaciones, debe ser condición obligatoria.

Si existen desviaciones mayores a 0,15 mm, se corre el riesgo que los dientes de la corona y los del piñón no calcen de la una manera apropiada, existiendo un efecto de lija, aumentando así la posibilidad de fallas en la transmisión del par de tracción en el conjunto motor reductor, reduciéndose la vida promedio de los elementos. En una muestra de 100 coronas, se observa

que 11 de las 100, lo cual representa un 11%, están fuera de especificación, con el procedimiento usado actualmente (Tabla # 9, Anexos).

Las condiciones de operación no son las más adecuadas, ya que la mesa de trabajo vertical está desnivelada y el reloj comparador se encuentra descalibrado. Se recomienda adoptar un plan de calibración de los equipos de medición, ajustados a la frecuencia y necesidades del departamento, de igual modo, mejorar la estabilidad o nivelación de la mesa de trabajo vertical.

8.1.3 Juego Axial del Rodamiento de Piñón de 16 Dientes

Esta actividad es realizada por una persona en la mesa de trabajo horizontal, en la etapa de montaje del reductor (Figura # 10-101, Anexos). El juego axial del rodamiento de piñón debe estar en 0,06 mm < X < 0,1 mm (Tabla # 8-15, Anexos) y, el intervalo de las calzas o lainas debe estar en 0,6 mm < X < 1,8 mm (Plano # 1, Anexos).

Se procede a colocar las lainas o calzas pelables en la base de la caja externa del rodamiento de piñón, comenzando con un valor de 1,85 mm. Dicho juego de lainas, tiene un espesor inicial de 2,0 mm, compuestas por calzas pelables unitarias de 0,05 mm y 0,10 mm.

Antes de proceder a realizar el juego, se coloca la caja interna de rodamiento del piñón en el cárter. Posteriormente, se colocan los rodamientos en el eje del piñón, para luego ensamblar todo el conjunto con la caja externa del rodamiento del piñón (Foto # 16, Anexos). Formado el conjunto anterior, se procede a introducir el acople o manguito en las guías o canales del eje del piñón, colocándose su tapa o tope respectivo.

Se procede a colocar un reloj comparador en el centro de la superficie del tope del manguito u acople (Figura # 10-105, Anexos). Posteriormente, la persona procede a tirar hacia fuera el conjunto, verificando el juego axial indicado en el reloj comparador. Con el valor obtenido, se comienza a jugar con las calzas, hasta conseguir los valores adecuados de especificación.

Propuestas de mejora:

Se recomienda realizar el juego axial de rodamiento del piñón de manera vertical y no horizontal. La fuerza axial aplicada no es la más adecuada, ya que no toma en cuenta la perpendicularidad, ni la magnitud del peso propio del conjunto, el cual es de 19 kg.

De una muestra de 100 piñones, se observa que todos los juegos axiales realizados, están dentro de especificación, en la forma que actualmente se trabaja. En el caso del intervalo de calzas o lainas, se evidencia que 14 de los 100, lo cual representa un 14 %, están fuera de especificación (Tabla # 9, Anexos). El hecho que se hayan colocados más calzas para ajustar el juego axial, refleja el desgaste, los golpes y rayaduras de las cajas de rodamientos.

Las condiciones de operación no son las más adecuadas, ya que la mesa de trabajo horizontal está desnivelada y, el reloj comparador se encuentra descalibrado. Se recomienda adoptar un plan de calibración de los equipos de medición, ajustados a la frecuencia y necesidades del departamento, de igual modo, mejorar la estabilidad o nivelación de la mesa de trabajo horizontal.

8.1.4 Juego de Engranajes entre el Piñón 16 Dientes y la Corona de 97 Dientes

El juego de engranajes debe ser como máximo 1 mm (Tabla # 8-18, Anexos). Esta actividad es realizada en la mesa de trabajo horizontal, en la etapa de montaje del reductor. Una vez realizado el juego axial del rodamiento de piñón, se procede a colocar un reloj comparador, en un diente del acople o manguito. Posteriormente, se gira el manguito en sentido horario y anti-horario, verificándose que el valor del juego de engranaje sea el adecuado.

Propuestas de mejora:

Se recomienda realizar una selección previa del piñón y de la corona, con el fin de determinar cual pareja se adapta mejor a las condiciones de operación, evitando que existan casos fuera de especificación. Actualmente, el conjunto piñón-corona que es desmontado, no es el mismo que

se monta en la etapa de montaje, es decir, no se respeta el mismo cazaje. De igual modo, se montan corona nuevas y piñones viejos, o viceversa, trayendo como consecuencia la disminución de la vida promedio de unos de los dos (2). De una muestra de 100 reductores, se observa que todos los juegos de engranajes, están dentro de especificación, en la forma que actualmente se trabaja (Tabla # 9, Anexos).

Las condiciones de operación no son las más adecuadas, ya que la mesa de trabajo horizontal está desnivelada y, el reloj comparador se encuentra descalibrado. Se recomienda adoptar un plan de calibración de los equipos de medición, ajustados a la frecuencia y necesidades del departamento, de igual modo, mejorar la estabilidad o nivelación de la mesa de trabajo horizontal.

8.1.5 Pistas de los Rodamientos del Piñón y de la Corona

De un estudio visual realizado a las pistas de las cajas internas, como externas de rodamiento de piñón (Tabla # 10, Anexos), se pudo evidenciar lo siguiente:

En el caso de la pista de la caja interna de piñón, de un total de doce (11), cuatro (4) presentaron un aspecto general satisfactorio, cinco (5) presentaron poros, caries, perdidas de material y rayaduras fuertes a lo largo de la banda del material de la pista y, dos (2) presentaron rayas, poros y grietas leves en el material.

En el caso de la pista de la caja externa de piñón, de un total de once (11), cinco (5) presentaron un aspecto general satisfactorio, una presentó rayas fuertes en el borde la banda de la pista y, cinco (5) presentaron poros, caries y rayas leves en el material. De igual modo, se realizó un estudio visual en las pistas de rodamiento de corona (Tabla # 11, Anexos), observándose los siguiente aspectos:

De un total de veinte (20) pistas de rodamiento de corona, diez (10) presentan poros y rayaduras fuertes a lo largo de la banda del material de la pista, las otras diez (10), presentaron poros y rayaduras leves o moderadas, a lo largo de la banda del material de la pista.

Propuestas de mejora:

Existen muchas causas atribuibles a las evidencias presentadas en las pistas, tales como: desgaste no uniforme de las ruedas, deflexiones e irregularidades en la vía, comportamiento dinámico del bogie, entre otras. De acuerdo al estudio y análisis realizado en los juegos axiales y de engranaje, así como del balanceo de corona, se puede concluir que una de las razones principales de fallas en la corona y el piñón, se debe a una deficiente alineación y, a una mala lubricación en los rodamientos y pistas.

En un estudio realizado de 36 semanas en el año 99 (14/01/99-14/10/99) y, a través de las planillas causa rechazo de reductores (Tabla # 12, Anexos), se observaron 162 piñones, de los cuales 143, que representan un 88,27%, presentan dientes cariados, y otros 7, que representa un 4,32%, presentan dientes fisurados (Gráfico # 1, Anexos). De igual modo, se observaron 20 eje corona, de los cuales 10, que representan el 50%, presentan dientes cariados, y otros 2, que representan un 10%, presentan dientes fisurados (Gráfico # 2, Anexos).

La alineación ya ha sido estudiada. En el caso de la lubricación de los rodamientos y pistas, la cual se realiza a través de salpiqueo, se recomienda realizar un muestreo de aceptación del aceite cada cierto tiempo, con el fin de verificar las características óptimas necesarias, y sus posibles desviaciones, dados los factores de temperatura y presión presentes en el cárter. La disminución de la viscosidad y capacidad de lubricación del aceite, así como la formación de espuma, son causas atribuibles a la aparición de poros y pérdidas en el material de las pistas de rodamientos, así como la presencia de las caries y fisuras en los engranajes.

Cuando el bogie entra al mantenimiento preventivo, lugar donde se verifica el nivel de aceite, se recomienda no completar con aceite nuevo la cantidad faltante, si el mismo está contaminado. En este caso, se deberá vaciar todo el aceite, y se colocará la cantidad necesaria de aceite nuevo.

De igual manera, se recomienda mejorar la inspección visual de los piñones y coronas, a través de la técnica de ultrasonido, tomando decisiones con un mejor criterio para el rechazo

de los elementos. También se recomienda, lubricar con una grasa inerte al aceite, el piñón y la corona en el proceso de montaje del reductor, queriendo minimizar el contacto metal-metal entre los dientes, dado que actualmente el eje equipado es rodado por los rieles hasta el departamento de montaje del bogie, sin una lubricación inicial.

Se propone considerar la realización de pruebas de vibración y ruido a los reductores, garantizando así que los ejes equipados puestos en el servcio comercial, cumplen con las especificaciones necesarias.

8.2 Taller de Máquinas Giratorias

En este departamento se estudian y se analizan las siguientes variables operativas:

8.2.1 Juego Axial del Inducido en la Carcaza o Estator

Esta actividad es realizada en un soporte basculante, siendo colocado el motor de manera horizontal. La operación es ejecutada por una sola persona. El juego axial del inducido debe estar en 0,30 mm < X < 0,57 mm (Tabla # 13, Anexos).

Se procede a realizar el juego axial del inducido, el cual se mide con un reloj comparador colocado en cualquiera de las tapas de rodamiento del motor. Para realizar el juego axial del inducido (Foto # 17,Anexos), se procede a colocar una llave de 30 mm en los bordes de los orificios de la carcaza del motor (Foto # 18, Anexos), a nivel del ventilador de la tapa lado acople (Foto # 19, Anexos), permitiéndole a la persona, efectuar una palanca al inducido, consiguiendo el desplazamiento del mismo.

Nota Especial: en el manual de revisión general y de mantenimiento para los motores de tracción de vieja generación N° 163.000.05.12, de última revisión 02/03/98 de la compañía Alstom de Venezuela, bajo el contrato MC-2757, documento B, emitido por el departamento de operaciones, se estipula en el punto 8.35, un procedimiento para la realización del juego axial, el cual carece de credibilidad (Tabla # 14, Anexos) dado el contraste o desviación

presentada con el procedimiento actual, mencionado en el párrafo anterior. De igual modo, la especificación del juego axial reflejada es 0,03 mm < X < 0,3 mm, contrasta con los valores estipulados en la Ficha de Salida (Tabla # 13, Anexos), evidenciándose una contradicción.

Se observa que la fuerza aplicada al inducido, no es perpendicular al plano del desplazamiento, y la magnitud de la fuerza, la cual deber ser igual o ligeramente mayor al peso del inducido (235 kg. aproximadamente), tampoco se cumple.

Propuestas de mejora:

Se recomienda realizar el juego axial del inducido de manera vertical y no horizontal. Se deben cumplir dos (2) condiciones necesarias para garantizar de manera óptima, la realización del juego axial. La primera de ellas, es que la magnitud de la fuerza aplicada, debe ser igual o ligeramente mayor al peso propio del conjunto y, la segunda, es que la fuerza axial aplicada, debe ser perpendicular al plano de desplazamiento.

En una inspección realizada a la data de los motores de tracción del año 99 de Alstom de Venezuela, se pudo observar que de un total de 125 motores para mantenimiento de quinto nivel, 108 de ellos, lo cual representa un 86,4%, presentan desprendimiento del zuncho, tanto del lado acople, como del lado colector (Tabla # 15, Anexos).

Existen muchas causas atribuibles al desprendimiento del zuncho, tales como: mal juego entre los acoples del par tracción, problemas en los rodamientos del eje, funcionamiento dinámico del bogie, mal calaje en el eje del inducido y dientes golpeados del acople del motor, desbalanceo del ventilador, entre otras. Habiendo estudiado y analizado la mala ejecución del juego axial del inducido, se puede concluir que cuando el motor de tracción alcanza altas velocidades de funcionamiento, tiende a embalarse, y de esta manera, pierde el equilibrio dinámico requerido, chocando así contra las bobinas del estator, produciendo el daño.

8.2.2 Obstrucción de los Ductos de Ventilación en el Inducido

De un total de 125 motores de tracción reportados en el año 99 en la data de Alstom de Venezuela, se tomó una muestra de 88 , los cuales presentaban en promedio 89 % de obstrucción de los ductos de ventilación de inducido (Tabla # 16 y Foto # 20, Anexos). Los ductos de ventilación permiten circular el aire inducido por el ventilador, con el fin de permitir el intercambio de calor, evitando que las partes internas del motor se recalienten.

La causa principal de la obstrucción de los ductos, se debe al exceso de acumulación de fibra sintética, polvo y cualquier otro sucio que provenga de la vía, influyendo de manera directa en el deterioro del aislamiento, producto del exceso de temperatura, dado el sobrecalentamiento del motor de tracción. De igual manera, la cantidad de sucio que entra al motor influye en el funcionamiento óptimo de las escobillas, ya que las partículas de polvo metálico y sucio, actúan como un abrasivo entre las escobillas y la superficie del colector. Las consecuencias se reflejan en rayaduras en el colector y en el desgaste excesivo de las escobillas.

Los factores que más activamente contribuyen a la aparición de fallas en el estator son, generalmente, el polvo y la suciedad. Algunas formas de adherencias de polvo o suciedad son conductivas y llevan con facilidad al deterioro del aislamiento..

Propuestas de mejora:

Si bien es cierto, que no se dispone actualmente de una máquina de limpieza para las vías, eliminando de esta manera, gran cantidad de sucio, se debe tener en consideración el tiempo de vida media de los filtros, ya que estos son la única protección actual para mantener la limpieza dentro del motor de tracción.

Se recomienda revisar la frecuencia de cambio de los filtros, en función de las necesidades del sistema, así como el estudio de adquisición de nuevos y mejores filtros, mejorando de esta manera las condiciones de funcionamiento del motor de tracción.

8.2.3 Distancia entre el Portaescobilla y la Superficie del Colector

La distancia entre el portaescobillas y el colector, según el procedimiento de Alstom de Venezuela debe estar en 1,5 mm < X < 3,0 mm. Actualmente para la alineación y ajuste de la altura de los portaescobillas, respecto del colector, se procede inicialmente a fijar los cuatro (4) portescobillas (Figura # 11-5, Anexos) en sus respectivos bulones (Figura # 11-42, Anexos), así como la instalación de todos los terminales (Figura # 11-15, Anexos), para luego ensamblarlos en la corona (Figura # 11-1, Anexos).

Una vez que la corona posee todos sus órganos necesarios, se procede a fijar en un sujetador de corona o manzana (Foto # 21, Anexos).

Se hace una suposición en dicho procedimiento, el diámetro de la manzana, el cual es de 260,2 mm, es igual al diámetro del colector sin rectificar. De esta manera, se procede a colocar un calibrador de galgas con un espesor de 2 mm, entre los portaescobillas y las guías o soportes de la manzana (en todos los casos se coloca el valor es 2 mm). Posteriormente, se aprietan las tuercas de los cuatro (4) portaescobillas, respetándose el torque requerido.

Propuestas de mejora:

En cuanto a la anterior suposición, es conveniente señalar lo siguiente:

El diámetro de la manzana (260,2 mm), no es igual al diámetro del colector sin rectificar. De una muestra aleatoria de 42 motores de tracción, tomada en el año 99 de la data de la compañía Alstom de Venezuela, 10 de ellos, lo cual representan un 23,80%, se puede asumir la suposición como válida (Tabla # 17, Anexos).

Se presentan dos casos, que bien vale la pena estudiar con detenimiento: el primero de ellos, es cuando el diámetro del colector es mayor al diámetro de la manzana, y el segundo es, cuando el diámetro del colector es menor al diámetro de la manzana. Se recomienda medir inicialmente el diámetro del colector sin rectificar, con la ayuda de un vernier.

Para efectos de cálculos se tomará la diferencia en valor absoluto de los dos (2) casos

$$|\phi colector(sin.rectificar) - \phi manzana|$$

Se realizó una prueba con el primer caso, tomándose el motor # 1377 de la tabla # 17, cuyo diámetro sin rectificar es de 261,4 mm, evidenciándose que la distancia de los portaescobillas respecto al colector es de 3,13 mm, estando fuera del intervalo de especificación establecido, siendo mayor al límite superior de especificación (Ver Apéndice B. Cálculo de la Distancia entre el Portaescobilla y la Superficie del Colector, Primer Caso).

Propuestas de mejora:

Se recomienda tomar la medida del diámetro inicial del colector sin rectificar, antes de calibrar los portaescobillas. Con la medida anterior, se procede a buscar la diferencia existente con el diámetro de la manzana. De igual manera, se debe conocer el valor promedio de devaste de la superficie del colector (según data estadística).

Sumando el valor promedio de devaste en la superficie del colector, con la diferencia entre los diámetros del colector y la manzana, se tendrá un mejor criterio a la hora de determinar la distancia puesta por el calibrador de galgas en la manzana. De esta manera, se minimiza la posibilidad de encontrar portaescobillas fuera de especificación. Se sugiere moldear las escobillas nuevas antes de montarlas en el portaescobillas (Figura # 12, Anexos). De la muestra aleatoria de 42 motores de tracción (Tabla # 17, Anexos), se observó que la distancia de los portaescobillas en dos (2) motores de tracción, están fuera de especificación.

Es conveniente hacer una aclaratoria, en el plano 163.500/02.003. Conjunto Corona Portaescobilla del Motor de Tracción (Plano # 8, Anexos), se puede observar que la distancia entre el colector y el portaescobilla es de 2 mm ± 0,5 mm. De esta manera, se evidencia que el límite superior de especificación 2,5 mm dado por el plano, es inferior en 0,5 mm al límite superior reportado por Alstom de Venezuela en sus procedimientos.

Se recomienda aclarar y fijar el intervalo de especificación anterior, definiendo las medidas a respetar en el taller de máquinas giratorias, según criterios objetivos por parte de CAMETRO y Alstom de Venezuela. Asumiendo que el intervalo de especificación según plano, sea correcto: 2 mm ± 0,5 mm y, el devaste sea de 0,53 mm, se observa que de los 42 motores de tracción, 33 de ellos (Tabla # 17, Anexos), los cuales representan un 78,57%, están fuera de especificación. Como resultado de una mala calibración en los portaescobillla, se evidencia las siguientes consecuencias:

- Si la distancia de los portaescobillas es mayor a la requerida, se necesitará aumentar la presión en los resortes de la escobillas, causando desgaste excesivo en las escobillas y rayaduras en el colector, producto del polvo o sucio presente.

- Chisporroteos intensivos en la superficie del colector, originando un excesivo calentamiento en los portaescobillas, ya que las escobillas quedan flojas.

- Se ha evidenciado, según las variables anteriormente estudiadas, que existen problemas de vibración y desbalanceo en el motor, causando que las escobillas no tengan un buen contacto con la superficie del colector, siendo la conmutación defectuosa.

8.2.4 Rectificación del colector

Se procede a realizar el proceso de ovalización del motor con la ayuda de un perfilógrafo, a fin de determinar si es necesario rectificarlo o no. Si el valor de la ovalización es mayor a OV>0,03 mm, se procede a rectificar.

El proceso de rectificación se efectúa una vez colocados los portaescobillas y los rodamientos nuevos en las tapas, tanto del lado acople (Foto # 19, Anexos) como del lado colector (Foto # 22, Anexos). Para ello, se hace girar el motor, conectándose a una fuente de corriente continua. Para rectificar el colector del motor, se utiliza el equipo de rectificación y de aspiración, colocándose escobillas usadas. Una vez terminado el proceso de rectificación

(OV<0,03 mm), se limpia el colector de rebabas y otros restos o trazas de cobre, colocándose escobillas nuevas y verificando el torque de los tornillos de fijación del aislador.

Propuestas de mejora:

Se debe llevar una data estadística de cuanto se devasta en promedio la superficie del colector, para luego utilizarla como medida de referencia en la calibración de los portaescobillas.

Se sugiere rectificar el colector antes del proceso de montaje de los portaescobillas y de los rodamientos nuevos (en la etapa de desmontaje del motor), ya que existe la posibilidad de contaminación en los elementos, producto de las partículas o virutas de cobre desprendidas, causando fallas en el proceso de conmutación y, la reducción de la vida útil promedio de los rodamientos. La aspiración del equipo rectificador y el sopleteo con aire comprimido, no garantiza una limpieza efectiva.

De acuerdo al procedimiento actual, conviene recomendar la realización de un análisis en la grasa colocada para la lubricación de los rodamientos, así como supervisar las bobinas y portaescobilllas, una vez que el colector ha sido rectificado. Todo ello, con el fin de determinar la cantidad de partículas extrañas presentes en los elementos, determinando cual es el impacto real en el funcionamiento óptimo del motor de tracción.

8.2.5 Tensión de los Resortes de los Portaescobillas

La tensión de los resortes (Figura # 11-41, (Foto # 19, Anexos)) de los portaescobillas debe controlarse, colocándose para ello, un dinamometro de gancho (utilice una banda o gancho plástico tipo lazo de dimensiones apropiadas) en los elementos del resorte (portaescobilla sin la escobilla).

El procedimiento actual es el siguiente: una vez colocada la corona portaescobillas en la manzana, se procede a tirar cuidadosamente el resorte con la ayuda del dinamometro, llevando el resorte aproximadamente hasta la posición que corresponde a una escobilla nueva. Los

valores de la fuerza de los resortes deben estar alrededor de 3,3 kgf ± 0,4 kgf. En caso que existan desviaciones mayores, se sustituyen los resortes o la guía del portaescobillas. Nota: los pasadores de la manzana no están debidamente ajustados, presentando desgastes y roturas. Actualmente, se utilizan resortes nuevos en los portaescobillas, existiendo la tendencia errada de pensar que como son nuevos, "todos" vienen dentro de especificación.

Propuestas de mejora:

Aunque los resortes de los portaescobillas estén nuevos, se sugiere efectuar un muestreo de aceptación para decidir si el lote de 50 resortes, es aceptado o no, queriendo evitar la colocación de resortes fuera del intervalo de especificación. En Apéndice A-4, se realiza el procedimiento Muestreo de Aceptación para los Lotes de los Resortes de los Portaescobilas.

Se recomienda medir la tensión de los resortes de los portaescobillas, una vez que el motor este armado. De igual modo, debe verificar a la ahora de registrar la lectura, que el dinamometro se encuentre perpendicular al resorte. Se sugiere elaborar un plan de calibración para el dinamometro, queriendo con ello, minimizar lecturas erradas en el proceso, a causa de los equipos descalibrados.

Como complemento del estudio de esta variable, se realizó la calibración de los ocho (8) resortes de los cuatro (4) portaescobillas de una corona, en un motor de tracción. Dicha calibración, fue realizada con ayuda del dinamometro, un papel, escobillas nuevas y usadas, estando los portaescobillas montados en el motor armado. Se encontraron los siguientes valores:

Con escobillas nuevas: 3,4 kgf; 4,2 kgf; 4,1 kgf; 3,8 kgf; 3,8 kgf; 3,5 kgf; 3,5 kgf y 3,2 kgf. De acuerdo al intervalo de especificación, 4 de 8 resortes, los cuales representan un 50%, están fuera de especificación. Se evidencia tensión alta en los resortes.

Con escobillas usadas: 3,4 kfg, 3,8 kfg; 3,8 kfg; 3,8 kfg; 3,5 kfg; 3,6 kfg, 3,5 kfg y 36,5 kfg.

De acuerdo al intervalo de especificación, 3 de 8 resortes, los cuales representan un 37,5%, están fuera de especificación.

El estudio se realizó con escobillas nuevas y usadas, teniendo como objetivo, verificar el comportamiento inicial y posterior de la tensión en los resortes de los porta escobillas. Si la presión de las escobillas es demasiada, tanto las escobillas como las láminas del colector se desgastarán en exceso. En caso contrario, si la presión de las escobillas es demasiado pequeña, éstas tienden a saltar ligeramente y se produce un gran chisporroteo en la superficie de contacto del segmento escobilla-colector, siendo la conmutación defectuosa.

8.2.6 Evaluación del Estado de las Roscas en las Tapas del Motor de Tracción.

Dentro de la evaluación de las roscas, se estudian dos tipos: roscas de los tornillos del brazo soporte y, las roscas donde se colocan los tornillos HM 20 de fijación del motor con el reductor. Para el análisis del estado de las roscas, se realizaron dos pruebas. A continuación, se presentan:

8.2.6.1 Roscas en la Tapa Lado Colector del Motor para el Brazo Soporte: son tres (3) roscas y están situadas en la tapa del lado colector. Las roscas fueron numeradas en sentido antihorario, comenzando por la superior derecha. En esta prueba, se verifica el juego axial de los tornillos con sus roscas. Para la realización del estudio se contó con un reloj comparador, los tornillos del brazo soporte ϕ 26 H12 y un pasa no pasa. Nota: el criterio de aceptación para el pasa no pasa, es que no de más de vuelta y media en la rosca, con el lado del no pasa.

Caso con tornillos: se procede a colocar el tornillo ϕ 26 H12 en la rosca. Posteriormente, es fijado el reloj comparador en la tapa del motor lado colector, colocando la punta en la cabeza del tornillo, verificando así el juego axial (Foto # 23, Anexos). Dicho procedimiento, se realiza en las tres (3) roscas del brazo soporte.

Los valores obtenidos en la tapa del colector # 766, del motor de tracción # 766, utilizando los tornillos son:

Tabla # 1 Holgura en las Roscas del Brazo Soporte. Caso Tornillos.

# Tornillos	Holgura Presente (mm)	Lado no Pasa
1	0,44	> 1,5 vueltas
2	0,40	> 1,5 vueltas
3	0,51	> 1,5 vueltas

Fuente: Elaboración Propia

Caso con el pasa no pasa: se procede a colocar el pasa no pasa en la rosca. Posteriormente, es fijado el reloj comparador en la tapa del motor lado colector, colocando la punta en el cabeza del pasa no pasa, verificando así el juego axial. Dicho procedimiento, se realiza en las tres (3) roscas del brazo soporte.

Los valores obtenidos en la tapa del colector # 1165, del motor de tracción # 266, utilizando el pasa no pasa son:

Tabla # 2 Holgura en las Roscas del Brazo Soporte. Caso Pasa No Pasa

# Tornillos	Holgura Presente (mm)	Lado no Pasa
1	0,40	> 1,5 vueltas
2	0,42	> 1,5 vueltas
3	0,98	> 1,5 vueltas

Fuente: Elaboración Propia

El hecho de tener mayor holgura en los tornillos de la permitida y, en especial en el tornillo # 3, contribuye a que el brazo soporte presente mayor vibración y fatiga, dado el comportamiento dinámico presentado por dicho elemento.

En el caso de las roscas del brazo soporte, se utiliza un sellador o loctite 222 a la hora de apretar los tornillos, teniendo como valor en holgura máxima del diámetro 0,12 mm (Tabla # 18, Anexos). Si observamos las holguras reportadas en las dos tablas anteriores, se

verifica que existe una diferencia considerable, entre lo que cubre la película del loctite 222 y la rosca, permitiendo que los tornillos tengan mayor libertad para moverse, aumentando la vibración.

8.2.6.2 Roscas de la Tapa Lado Acople del Motor para los Tornillos HM 20 de fijación del motor con el reductor: se procede a realizar el mismo procedimiento para verificar el juego axial de los tornillos HM 20. En este caso, solo se tomaron las medidas con los tornillos HM 20. Los tornillos fueron numerados en sentido antihorario, comenzando por superior del lado derecho. Los valores obtenidos en las roscas de los tornillos de sujeción del motor reductor, medidos en el motor de tracción # 1490 y, en la tapa lado acople # 325 son:

Tabla # 3. Holgura en las roscas de los Tornillos HM 20. Caso Tornillos.

# Tornillos	Holgura Presente (mm)
1	0,24
2	0,24
3	0.05
4	0,30
5	0,35
6	0,36
7	0,09
8	0,28
9	0,45
10	0,32
11	0,36

Fuente: Elaboración Propia

El loctite 271 permite una holgura máxima de 0,22 mm (Tabla # 18, Anexos), evidenciándose juegos u holguras en algunos tornillos, las cuales contribuyen a aumentar la vibración.

De un total de 125 motores de tracción reportados en el año 99 de la data de Alstom de Venezuela (Tabla # 15, Anexos), 88 tapas del lado colector, lo cual representan un 70,4%,

poseen roscas dañadas. De este 70,4%, 28 tapas que representan un 31,81%, poseen 2 roscas malas y 1 buena, quedando un 68,19% con todas las roscas malas.

Propuestas de mejora:

Se recomienda rectificar las roscas de la tapa lado colector y, de los tornillos de sujeción del motor reductor en la tapa lado acople, de manera de garantizar el juego axial permitido. De igual modo, se deben establecer criterios objetivos, para decidir cuando una tapa se monta o no en un motor de tracción.

8.2.7 Calaje del Acople del Motor de Tracción en el Inducido

El intervalo de especificación del acople debe estar en 13,5 mm < X < 14,5 mm (Plano # 9, Anexos). El procedimiento actual para el calaje del acople o manguito en el eje del inducido, ejecutado en el taller de máquinas giratorias, es el siguiente:

Se procede a presentar en frío el acople del motor en el eje del inducido, midiéndose con un vernier la distancia entre el extremo del eje del inducido y la posición del acople. Posteriormente, se calienta el acople del motor con la ayuda de un calentador por inducción a una temperatura de 200 °C; para luego colocarlo en el eje del inducido.

Si el acople penetra 0,9 + 0,15 mm respecto a la medida inicial en frío, se considera dentro de especificación (Tabla # 19, Anexos). En caso de no tener esos valores, se procede a desmontar el acople y se repite la operación. Una vez colocado el acople, se pone la arandela estriada (Figura # 13-8, Anexos) y la tuerca especial (Ver Figura # 13-12, Anexos) que fija el acople, a un torque de 15 Kgfm.

Una de las causas observadas en los motores de tracción, producto de una mala penetración o calaje en el acople, es un par de transmisión deficiente, el cual trae como consecuencia la presencia de acoples girados, es decir, el acople se arrecuesta del eje del inducido. En los

meses de mayo hasta octubre del año 99, se registraron en la data de motores de tracción de Alstom de Venezuela un total de 10 motores con acoples girados (Tabla # 20, Anexos).

El hecho que los acoples se giren, trae como consecuencia directa que al tratar de sacarlos, el material del eje del inducido se desgarre, ya que no se cuenta actualmente en el taller de máquinas giratorias, con una herramienta capaz de realizar el trabajo de una manera eficiente. En los meses de febrero hasta diciembre del año 99, según data de Alstom de Venezuela, se registraron un total de 12 ejes desgarrados (Tabla # 21, Anexos).

Propuestas de mejora:

El valor de penetración 0,9 + 0,15 mm, no es un patrón de calidad, ya que no indica que el acople esté dentro del intervalo de especificación requerida. En la ficha de salida, solo se anota la penetración (Tabla # 13, Anexos), de esta manera no se puede inferir en cuanto queda la penetración final del acople, medida desde el extremo del inducido. Se recomienda mejorar la información contenida en la ficha de salida, agregando la penetración en frío. De esta manera, se sabrá cual fue el calaje final del acople en el eje del inducido.

Si al presentar el acople en frío, se registra una medida menor a 12,6 mm y, la penetración es de 0,9 mm, el acople estará fuera de especificación, es decir, el valor será menor al límite inferior de especificación (13,5 mm). En este caso, se recomienda calentar más el acople (sujeto a la temperatura máxima permitida, de manera que no presente cambio en la estructura del material), con el fin de dilatar el material, expandiendo el diámetro, para que la penetración sea mayor y, pueda cumplir con la especificación. En caso que no se pueda expandir más, se deberá retirar el acople.

La profundidad inicial de los dientes de los acoples, tanto motor como reductor, es de 40 mm según plano (Plano # 9, Anexos). Se procedió a tomar una muestra de 12 acoples del reductor, verificando la profundidad de los dientes, los datos reportados son los siguientes:

Tabla # 4. Profundidad de los Dientes de los Acoples del Reductor

Profundidad Inicial Acople (mm)	Profundidad Actual Acople (mm)	Diferencia (mm)
40,0	37,9	2,1
40,0	38,0	2,0
40,0	37,9	2,1
40,0	37,9	2,1
40,0	38,0	2,0
40,0	38,0	2,0
40,0	37,8	2,2
40,0	37,7	2,3
40,0	37,9	2,1
40,0	37,6	2,4
40,0	37,9	2,1
40,0	37,8	2,2
Valor promedio: 40,0 mm	Valor promedio: 37,87 mm	Promedio: 2,13 mm

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla # 4, se observa un desgaste excesivo en los dientes de los acoples del reductor, teniendo una diferencia promedio de 2,13 mm. Igual conclusión se llegó con una muestra de 16 acoples del motor, teniendo una diferencia promedio de 2,05 mm. Las especificaciones dadas en el plano, no se cumplen. Nota: Los acoples del motor y del reductor fueron maquinados, desconociéndose el número total de ellos.

Inicialmente la holgura necesaria entre los acoples del motor y del reductor era de 3 mm, según plano (Plano # 9, Anexos), debido al maquinado, dicha holgura o juego se hace mayor, llegando inclusive a un valor cercano de 7,18 mm.

Analizados los valores anteriores, se puede concluir que el par de transmisión presente en el conjunto motor reductor no es óptimo, ya que presenta mayor holgura o juego del requerido por especificación, siendo esta una causa que contribuye en gran medida, a la presencia de

acoples girados, desbalanceo del motor y posibles fisuras o caries en el piñón de 16 dientes, al igual que en la corona de 97 dientes.

Se sugiere rediseñar y estudiar con mayor detenimiento las dimensiones del acople elástico (Foto # 5, Anexos), el cual tiene un ancho actualmente de 34,06 mm (el valor es el resultado del promedio de 28 acoples), garantizando así las condiciones y especificaciones necesarias en el par de tracción, ajustadas a los valores actuales de la profundidad de los dientes de los acoples, motor y reductor.

Los acoples elásticos neutralizan pequeños defectos de alineación, pero cuando estos defectos son grandes, existe la posibilidad de desgaste prematuro del elemento. Es conveniente, realizar un estudio a los acople elásticos, con el fin de determinar su funcionamiento óptimo. De igual modo, se recomienda verificar la conicidad presente el eje del inducido, observando si existen rayaduras, golpes o grietas en la superficie, que puedan contribuir a un mal calaje y decalaje del acople o manguito.

No se deben colocar acoples en el eje del inducido del motor, que presenten dientes golpeados o con filos, contribuyendo al paralelismo necesario entre ambos acoples, motor reductor. De igual manera, debe hacerse un estudio para el desgaste de los acoples, verificando que el paso entre ellos, sea el requerido.

En el proceso de mantenimiento de cuarto (4) nivel realizado a los motores de tracción, básicamente en el área de desmontaje, se procede a desarmar todos los componentes sin estudiar como vienen y que características presentan, de esta forma se pierde información valiosa sobre el comportamiento del motor en el bogie de tracción. Se deben considerar variables como: tiempo de funcionamiento, juegos radiales y axiales presentes, ovalización, estado de los rodamientos, etc.

8.2.8 Lavado y Secado de los motores

Desarmado el motor de tracción en el taller de máquinas giratorias, se procede a llevar la carcaza y el inducido en un carro de transportación hacia el área de lavado, con el fin de eliminar los rastros de sucio y polvo presente. Para la limpieza de los elementos, se cuenta con una máquina denominada hidroyet, la cual suministra agua caliente (o fría) a presión, permitiendo remover cualquier partícula en la superficie.

Una vez limpios y secos, se traslada el inducido y la carcaza (estator) al horno o estufa, por medio de grúas o con carros de transporte, manteniéndolos durante cinco (5) horas a una temperatura de 120 C°, a fin de eliminar cualquier rastro de humedad.

Propuestas de mejora:

" El agua puede usarse para el lavado de los motores eléctricos que han quedado taponados por lodos u otros materiales extraños durante su uso. La presión del agua para el lavado de partes aisladas por medio del chorro, no debe pasar de 1,76 kg/cm^2 (25 lb/plg^2). Después de haber sometido un motor a alguna operación de limpieza en la que se ha empleado agua, las superficies deben secarse cuidadosamente con un paño limpio, sobre todo el aislamiento que debe ser atendido de inmediato, para mantener la penetración del agua lo más baja posible" (2).

La superficie del inducido es 318 plg^2 aproximadamente, siendo la presión de trabajo actual, superior a los 1000 lb/plg^2. Se evidencia que la presión del agua suministrada por la máquina hidroyet a los elementos, es muy superior a la estipulada por el Manual de Mantenimiento Westinhouse. Se sugiere mantener la presión del agua en un rango adecuado para la limpieza del inducido y la carcaza, ya que valores más altos de los estipulados, causarían desprendimiento y deterioro en el aislamiento, bobinas y desgaste excesivo del zuncho.

(2) Manual de Mantenimiento Industrial Westinhouse C.A Cap 3, Pág 76.

Se recomienda estudiar la posibilidad de limpiar los motores de tracción con aire comprimido, por succión o frotamiento. " El aire comprimido no debe aplicarse si no se tiene la certeza de que está seco, pues de lo contrario el agua se depositará en sitios de la máquina en los que puede originar desperfectos. De igual modo, debe controlarse la presión de operación no siendo superior a los 3,5 kg/cm^2 (50 lb/plg^2) " (2).

Se recomienda verificar el tipo de aislamiento de los motores, verificando la temperatura máxima tolerable de operación y el tiempo de secado, de manera de no dañar el aislamiento.

"Cuando los motores son secados por calentadores eléctricos u hornos, se aconseja establecer una circulación de aire para que arrastre el aire cargado de humedad, evitando la formación de temperaturas altas en formas de focos de calor que pudieran desarrollarse en el aparato" (2).

8.3 Taller Auxiliar Bogie

En este departamento se estudian y se analizan las siguientes variables operativas:

8.3.1 Análisis y Selección de la Biela de Suspensión del Reductor

Una vez que se recibe la biela de suspensión del departamento de desmontaje del bogie, se comienza una operación de recuperación y selección. Se procede a retirar las gomas o bujes viejos de la biela, cambiándolas por unas nuevas. El proceso de aceptación o rechazo es el siguiente:

Se procede a realizar un estudio de las fallas presentes en la biela, tanto a nivel de la garganta punto "A", como de la rosca punto "B" (Tabla # 22 y Plano # 10), con la ayuda de la técnica de magnetoscopia. Si las fisuras o grietas en el material son considerables, la biela es rechazada. En caso contrario, se procede a realizar otra prueba a la biela, que se describe a continuación:

(2) Manual de Mantenimiento Industrial Westinhouse C.A Cap 3, Pág 76.

Sobre una mesa de mármol alineada, se procede a nivelar la biela sobre unos apoyos, con la ayuda de un vernier, verificando la especificación de paralelismo según plano, la cual es 0,2 mm como máximo (Plano # 10, Anexos). Para ello, se coloca un reloj comparador en la zona de la garganta, procediendo a darle vuelta a la biela, midiendo el valor respecto a un punto de referencia inicial.

Si el valor es mayor a 0,2 mm, la biela es rechazada, si el valor es menor a 0,2 mm, la biela es aceptada. El estatus de las pruebas es reportado en el acta de control taller auxiliar (Tabla # 22, Anexos). De igual modo, es analizado el diámetro donde va colocado el buje o goma de la biela.

Propuestas de mejora:

Para la realización de la prueba de paralelismo, se recomienda utilizar un número mayor de relojes compradores (>1), pudiendo visualizar de una manera más clara el comportamiento real de la biela, identificando posibles torsiones. Con los relojes comparadores, se construye una curva experimental, la cual es comparada con un curva teórica construida con una biela nueva, verificándose las diferencias y desviaciones presentes, permitiendo tener un criterio más objetivo y representativo, a la hora de rechazar o aceptar la biela.

También se sugiere la verificación y análisis del estado de los radios, a nivel de la garganta y rosca, los cuales son puntos de concentración de esfuerzos. De esta manera, se complementa el estudio para la biela.

El hecho que la biela de suspensión no cumpla con las condiciones requeridas, contribuye en cierto grado, a la desalineación presente en el conjunto motor reductor. Las gomas o bujes de la biela de suspensión presentan una falla característica. De una muestra de 15 gomas o bujes, estudiadas de ambos lados (Tabla # 23, Anexos), se concluye que del lado del motor (L1), 9 de ellas, lo cual representan un 60%, presentan abultamiento moderado en el borde; 5 de ellas, lo cual representa un 33,33%,, presentan un abultamiento fuerte, solo una presenta un estado aceptable. Con estos datos, se concluye que el pasador de la biela de suspensión, el cual va

colocado en el buje o goma, está trabajando mal, evidenciándose casos de rotura, a nivel de la rosca (Plano # 7-16, Anexos).

De igual manera, del lado del chásis (L2), se concluye que 9 de ellas, lo cual representan un 60%, presentan abultamiento fuerte en el borde, 5 de ellas, lo cual representa un 33,33%,, presentan un abultamiento moderado, solo una presenta un estado aceptable.

8.3.2 Análisis y Selección del Brazo Soporte del Motor de Tracción

Actualmente en el Taller de Auxiliar Bogie se procede a realizar un estudio de las fallas presentes en el brazo soporte, tanto a nivel de la garganta, como de la rosca, con la ayuda de la técnica de magnetoscopia. Si las fisuras o grietas en el material son considerables, el brazo soporte es rechazado.

Propuestas de mejora:

Debido al comportamiento del brazo soporte del motor en el bogie, las gomas o bujes de la base del motor de tracción, donde se apoya del brazo soporte presentan una falla característica, evidenciándose la mala alineación. De una muestra de 21 gomas o bujes (Tabla # 24, Anexos), se concluye que del lado del motor (L1), 14 de ellas, lo cual representan un 66,67%, presentan grietas fuertes entre 5 y 6 mm, respecto al diámetro interior de la goma. En ese mismo sentido, 7 de ellas, lo cual representa un 33,33%, presentan grietas moderadas entre 5 y 6 mm, respecto al diámetro interior de la goma. Con estos datos se concluye que, el brazo soporte tiende a comprimir y expandir las gomas, generando esfuerzos radiales.

De igual manera, del lado del chásis (L2), se concluye que 3 de ellas, lo cual representan un 14,3%, presentan abultamientos fuertes, 16 de ellas, lo cual representa un 76,2%, presentan abultamientos moderados, solo 2 de ellas, presentan un estado aceptable. Se recomienda la verificación y análisis del estado de los radios, a nivel de la garganta y rosca, los cuales son puntos de concentración de esfuerzos. De esta manera, se complementa el estudio del brazo soporte.

8.4 Montaje de Elementos en el Bogie

En este departamento se estudian y se analizan las siguientes variables operativas:

8.4.1 Verificación de la Compresión en los Elementos Batra (Gomas)

La suspensión de un reductor está compuesta por varios elementos: 2 tapas externas (Plano # 7-22, Anexos), 2 batras o gomas (Plano # 7-24, Anexos) y, 2 dos tapas internas (Plano # 7-23, Anexos). Dicha suspensión, está colocada en un guarda batra, el cual va soldado al semíchásis del bogie (Foto # 12, Anexos). El procedimiento de ejecución para el montaje del conjunto manguito-batra es el siguiente:

Se coloca el manguito (Plano # 7-21, Anexos) de manera perpendicular al plano de la mesa de trabajo, luego es atravesado por una tapa externa, un batra, seguido de una tapa interna. Una vez ensamblado la mitad del conjunto anterior, se procede a repetir la operación hasta completar todos los elementos.

Se coloca 2 calzas de medición de 10 mm en el medio de las platinas internas, colocadas diametralmente opuestas. Dicha calzas, son patrones o referencias que corresponden aproximadamente, al espesor de la placa soldada de guarda batra en el semichásis (suposición).

Se procede a medir la distancia comprendida entre la parte superior del manguito (tope) y, la tapa externa, con la ayuda de un vernier. La distancia esperada debe ser 23 mm, procediendo a colocar una calza de 9 mm (Ver Anexo # 5-27) para el conjunto de suspensión. Las calzas con que se cuentan tienen valores de 8, 9, 10 y 11 mm de espesor.

Existen casos, donde las distancia reportada es mayor o menor a 23 mm. Si es > 23 mm, se procede a colocar una calza de 10 mm, tratando siempre que la tapa externa quede al ras con la base del manguito. En caso que la distancia sea < 23 mm, se procede a colocar una calza de 8 mm, tratando siempre que la tapa externa quede al ras con la base del manguito.

Seleccionada la calza necesaria, se procede a montar todo el conjunto de suspensión de la biela del reductor, en el guarda batra del semichásis. Para ello, se utiliza un dado espolón, una llave modificada de 50 mm, una llave de 30 mm, un dado de 30 mm y un rachet. Actualmente, se cierra todo el conjunto a tope, es decir, se le aplica un torque máximo.

Propuestas de mejora:

La suspensión de la biela del reductor, es de vital importancia para la alineación y balanceo del conjunto motor reductor, es por ello que conviene hacer las siguientes consideraciones:

Actualmente, no se verifica la compresión necesaria de los batras o gomas, la cual debe dar una flecha de 9 mm < X < 10 mm, según Plano # 7. Durante el estudio de la variable, se registraron valores de 14 sistemas de suspensión (Tabla # 25, Anexos). Las conclusiones son, 6 de los sistemas, lo cual representa un 42,85%, se observaron con compresiones de batra fuera de especificación.

La suposición de asumir que la calza de 10 mm, es igual al espesor de la placa soldada en el semichásis, no siempre es válida, recomendándose mejorar este procedimiento. De igual modo, existe un problema adicional, y es que la altura de la placa en el guarda batra, no siempre es la misma, contribuyendo al mal posicionamiento del sistema de suspensión de la biela de suspensión. El torque que se le da actualmente al conjunto de suspensión, no es el requerido según especificaciones. El valor de especificación según Plano # 7 es 50 mdaN. El hecho que no se le aplique el torque necesario, trae como consecuencia, que la compresión de las gomas o batras sea deficiente, quedando la suspensión de la biela sujeta a mayores esfuerzo y vibraciones.

8.4.2 Estado de las Roscas del Semichásis para la Sujeción de la Base del Motor de Tracción

Las roscas de los tornillos de sujeción de la base del motor, son rectificadas con un taladro magnético, un juego de mechas y helicoidales, pasándolas de rosca M12 a M14.

Propuestas de mejora:

En el procedimiento de rectificación de las roscas, se hace necesario comentar las siguiente observaciones: Con la ayuda de un pasa no pasa, se verificaron las roscas en los semichásis donde van montadas las bases del motor. De 11 soportes de base de motor (Tabla # 26, Anexos) de bogie ya ensamblados, se llegó a la siguiente conclusión:

Lado no pasa: criterio de aceptación < 1,5 vueltas. De un total de 11 soportes de base, 2 de ellas, lo cual representa un 18,18%, presentan problemas en las roscas (>1,5 vueltas).

Lado pasa: no se pudo medir el juego u holgura de los tornillos, dado lo incómodo, pero se logró identificar un aspecto importante, la perpendicularidad del pasa no pasa. De los 11 soportes de bases, 5 de ellas, lo cual representa un 45,45%, se evidencia que el pasa no pasa, no queda perpendicular al plano del soporte la base en el semichásis.

El hecho que los tornillos no estén perpendiculares al plano del soporte de la base del motor, trae como consecuencia, que la fijación de la base del motor, la cual suspende al conjunto motor reductor, no sea la más adecuada, favoreciendo la posibilidad de generar mayores vibraciones.

8.5 Alineación Final del Bogie

En este departamento se estudian y se analizan las siguientes variables operativas:

8.5.1 Alineación de la Biela de Suspensión del Reductor

En esta área de trabajo, se recibe el bogie completamente armado del taller de montaje. La altura de la biela de suspensión del reductor, según el procedimiento de ANF Bombardier Transport, debe estar en 137 ± 2 mm.

La alineación esta sujeta a la cantidad de lainas colocadas en la base del motor, así como las calzas colocadas en la biela de suspensión del reductor. Generalmente, las lainas colocadas en la base del motor son de 5 mm, teniendo como espesor máximo 7,5 mm. De igual modo, las calzas colocadas a la biela son de 3 mm, teniendo como máximo 6 mm.

Con la ayuda de una barra de aluminio y un metro, se procede a medir la distancia "a", comprendida entre el centro del pasador de la biela y la base del riel. Se procede a medir la distancia "b", la cual está comprendida entre el punto inferior del eje de las ruedas y la base del riel. De igual modo, se mide el diámetro del eje, que dividido en 2, da el valor "c".

Finalmente, la altura de la biela de suspensión del reductor se obtiene así: a – (c + b), siendo verificada con el valor del intervalo de especificación.

Propuestas de mejora:

Como complemento del estudio de la variable, se tomó una muestra de 138 bielas de suspensión, equivalentes a 69 bogies (Tabla # 27, Anexos), arrojando las siguientes conclusiones:

Un total de 45 bielas, las cuales representan un 32,60%, están fuera de especificación, siendo el valor final, mayor al límite de especificación superior del intervalo. Dado que el bogie es simétrico, la altura de las dos (2) bielas de suspensión deberían ser iguales. De los datos anteriores, se encontró que de las bielas (52) que presentaban diferencias en sus alturas, estas diferían en promedio con un valor de 0,85 mm.

Los resultados comentados anteriormente, reflejan el estado de la alineación final de la biela. Se recomienda profundizar en el tema, queriendo buscar un método o procedimiento más óptimo para la realización, inspección y verificación de la operación, minimizando así la posibilidad que las bielas de suspensión estén fuera de especificación.

8.5.2 Juego/Holgura del Deflector con la Caja Interna del Rodamiento de Corona

Esta holgura del deflector con la caja interna de rodamiento de corona (Foto # 13, Anexos), viene a verificar el estado del juego axial del eje corona, discutido anteriormente. El valor de la holgura, según el acta de control montaje bogie de la compañía ANF Bombardier Transport (Tabla # 28-13), es de 1 mm, siendo repartido en 0,5 mm.

Propuestas de mejora:

Como complemento del estudio de la presente variable, se tomó una muestra de 138 juego u holguras, equivalentes a 69 bogies (Tabla # 27), arrojando las siguientes conclusiones:

Un total de 133 juegos u holguras, las cuales representan un 96,37%, están fuera de especificación. De los datos anteriores, se encontró que de los juegos u holguras, que no están repartidos en 0,5 mm cada uno, presentan una diferencia en promedio de 0,18 mm.

Todas estos valores fuera de especificación, son debidos a que son colocadas cajas de rodamientos y deflectores desgastados o golpeados, no respetándose así las condiciones de operación.

Una vez alineada la biela de suspensión y, realizado el juego u holgura del deflector con la caja, el bogie es trasladado al torno, para nivelar las alturas de las ruedas. Dado que la distancias de las ruedas disminuye, se evidencian cambios en los valores de las alineaciones anteriores. Se recomienda pasar primero el bogie al torno, antes de alinearlo. De igual modo, se recomienda alinear el bogie con la traviesa colocada.

Se sugiere realizar un estudio más detallado en la alineación del bogie, viendo la posibilidad de realizar las medidas con el peso de la carrocería y, sobre rieles que no sean los de los talleres.

CAPÍTULO IX

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROCESO

9.1 Consideraciones de Seguridad Industrial en el Proceso

La definición establecida de Seguridad Industrial según la Norma Venezolana COVENIN 2260-88 es la siguiente, " Es el conjunto de principios, leyes, criterios y normas formuladas cuyo objetivo es el de controlar el riesgo de accidentes y daños, tanto a las personas como a los equipos y materiales que intervienen en el desarrollo de toda actividad productiva ".

En base a la definición anterior, se deben tener en cuenta algunas consideraciones en las instalaciones de los patios y talleres de mantenimiento de CAMETRO en Propatria, durante la realización de todas las operaciones unitarias del proceso, proporcionando así la máxima productividad y bienestar para todos los que laboran:

- La disposición general de las instalaciones deberá ser eficiente, ordena y pulcra.
- Las estaciones de trabajo deberán identificarse con claridad, de manera que los trabajadores puedan ser asignados según la disposición de trabajo más efectiva.
- El flujo de material se debe diseñar de modo que se evite el movimiento innecesario de los trabajadores para realizar un trabajo dado.
- Se deben establecer planes de aprovechamiento del tiempo en instalaciones de uso frecuente, con el objetivo definido de evitar que los trabajadores tengan que esperar para hacer uso de cualquier equipo o aparato.
- Se debe establecer un sistema de advertencia y una red de comunicaciones en caso de emergencias como incendios, explosiones, lesiones y otros sucesos que afecten el bienestar de los trabajadores.
- Se deberá crear y mantener el interés de la seguridad industrial en las instalaciones, contando con la participación del personal ejecutivo, a través reuniones, eventos, campañas, distribución periódica de boletines informativos, con el fin de informar, analizar y discutir temas sobre prevención de accidentes y enfermedades profesionales.
- Se deberá establecer un sistema de inspección acorde con las operaciones unitarias del proceso, para detectar condiciones y/o actos inseguros. Dicha inspecciones, se clasifican en: Periódicas, Intermitentes y Especiales.

En cuanto a los talleres o departamentos estudiados durante las operaciones unitarias del proceso, conviene recomendar algunas medidas e implementos de seguridad:

- Respetar las normas de seguridad establecidas por la Empresa.
- Utilizar siempre en el horario de trabajo, las dotaciones básicas que han sido asignadas por la empresa, en lo que se refiere al uniforme, botas y casco.
- Cuando se utiliza la grúa puente, procurar que el polipasto no se bambolee bruscamente, percatándose que durante su movimiento longitudinal y transversal no golpee a las personas, equipos o la carga.
- Tener presente que las cargas no se deben elevar en exceso sobre el nivel del piso, cuando éstas se van a mover de un sitio a otro.
- Utilizar las herramientas adecuadas, procurando no golpear o dejar caer los instrumentos de medida ni las herramientas.
- Cuando manipule con solventes y sustancias inflamables, no fume ni encienda fuego.
- Cuando se saque del horno o se retire del calentador por inducción alguna pieza, se deberá usar siempre guantes de amianto.
- Colocar siempre los tornillos, tuercas, arandelas y piezas pequeñas en un recipiente, para que no se extravíen.
- Efectuar siempre el trabajo en forma consciente y efectiva, para evitar pérdidas de tiempo en correcciones posteriores.
- Limpiar el piso cuando se derrame aceite o grasa, a fin de evitar accidentes futuros.
- Cuando se trabaje con los motores, cerciórese que los mismos estén desconectados de la red eléctrica.
- Cuando coloque las piezas o componentes de los motores y/o reductores en el carro de transporte, debe verificarse que estén bien colocadas en la plataforma.

CAPÍTULO X

ESTUDIO DE COSTOS DEL PROYECTO

10.1 Estudio de Costo del Proyecto

El estudio de costo del proyecto está directamente asociado con las mejoras planteadas en las variables operativas y las propuestas de alternativas de cambio en el proceso. Debido a que no se conoce la operatividad y comportamiento de los principales elementos del bogie, durante un tiempo representativo de funcionamiento con las respectivas mejoras, se evidencia una limitante en la realización de un estudio cuantitativo de costos de mantenimiento, que permita el contraste con las características originales de operación.

El acceso a la información de los costos de mantenimiento durante la realización del proyecto fue limitado, dada la complejidad que posee la estructura de costos en la CAMETRO y sus subcontratistas. Actualmente, se está negociando algunas modificaciones al contrato de mantenimiento ajustado a las necesidades reales de operación. Dadas las condiciones anteriores, las mejoras planteadas al proceso pueden ser medidas a través de un estudio cualitativo, el cual evidencie la contribución e importancia en la realización de las operaciones actuales.

En estos momentos, la Compañía Anónima Metro de Caracas realiza quince años luego del inicio de la operación comercial, un mantenimiento de media vida a los vagones de primera generación, incluyendo los bogies de tracción de los trenes, siendo ejecutado a través de la subcontratista Alstom de Venezuela. Dicho mantenimiento, consiste en reparar y/o sustituir los elementos principales del bogie, queriendo con ello garantizar las condiciones necesarias de operación durante un lapso de tiempo establecido. Es conveniente aclarar, que la experiencia adquirida en los trabajos realizados es relativamente corta.

Actualmente, el costo de reposición de un bogie nuevo se estima en 250.000$. El costo de mantenimiento promedio invertido por bogie oscila entre 36.000 $ y 38.000 $, para una flota estimada de 770 bogies, teniendo como respaldo una garantía de 1 a 2 años.

En función de los resultados obtenidos en el estudio realizado, se puede concluir que existen debilidades presentes en la ejecución de las operaciones.

En el ámbito de los reductores, se observaron las siguientes características: deficiencia en la realización del juego axial, tanto en el piñón de 16 dientes como en el eje corona, así como en el balanceo de la corona de 97 dientes, entre otras. Los datos obtenidos en el taller de reductores indican que en el año 1999 y comienzo del 2000 se rechazaron 139 ejes corona, siendo las principales causas: dientes de la corona cariados y fisurados, desgarre y picaduras en el eje, entre otras (Tabla # 29, Anexos). De igual modo, se evidenció durante el año 1999 un rechazo de 162 piñones (Tabla # 12, Anexos), siendo las principales causas: dientes cariados y fisurados. Las fallas en los reductores son atribuibles a una mala alineación y lubricación en los elementos.

El costo asociado por el desmontaje y montaje de las ruedas de 97 dientes, según la partida BO-SE-003 contrato MC 2757 (Tabla # 30, Anexos) es de 2.500$ y, de 1.429$ aproximadamente, por cada piñón rechazado.

En cuanto a los motores de tracción, se observaron las siguientes características: deficiencia en la realización del juego axial del inducido, deficiencias en el procedimiento de calibración de los portaescobilllas respecto al colector, así como en el proceso secado y lavado, resortes de los portaescobillas fuera de especificación, entre otras. De acuerdo a los datos suministrados por el taller de máquinas giratorias de Alstom de Venezuela, en el año 1999 fueron enviado un total de 125 motores de tracción a mantenimiento de quinto nivel (Tabla # 15, Anexos), siendo las principales causas: desprendimiento del zuncho, tanto del lado acople como del lado colector, bajo aislamiento en el motor, rosca M18 con juegos y deformes, inducido en corto, flash y chisporroteo en el colector, así como presencia de rayas y golpes. Las fallas en los motores de tracción son atribuibles a una mala alineación y calibración de los elementos, así como el procedimiento de secado y lavado.

El costo aproximado de adquisición de un motor de tracción es de 90.000$. El costo asociado por la revisión general y reparación de un motor de tracción, para un mantenimiento de quinto nivel, según la partida MO-SE-111 Contrato MC 2757, oscila entre 6.000$ y 9.000$.

De igual modo, en el montaje y alineación final del bogie se observaron las siguientes características: deficiencia en el procedimiento del juego u holgura del deflector respecto a la caja interna de rodamiento de corona, así como el no cumplimiento de la compresión en los elementos batra y el ajuste de la altura de la biela de suspensión del reductor. Las fallas en el sistema de suspensión del conjunto motor reductor son atribuibles a una deficiente alineación y ajuste en los elementos.

Teniendo en cuenta la contribución de las fallas operacionales nombradas anteriormente en el desempeño óptimo del conjunto motor reductor, se formularon las propuestas de mejoras necesarias, con el objetivo de alargar la vida media de los componentes, dado el alto costo de reemplazo, bien sea, integral o parcial.

Es cierto que las propuestas de alternativas no reducen el costo de inversión inicial por mantenimiento de media vida, pero si contribuyen a mejorar las ejecuciones en las operaciones del proceso con un nivel de calidad aceptable. En este sentido, se garantiza una mayor disponibilidad de los componentes, evitando de esta manera los costos de penalización, los cuales son cuantificados en términos monetarios por el tiempo que un equipo no está disponible para ser operado, incumpliéndose los planes de producción y ventas de la compañía, además de la garantía de media vida remanente de los equipos.

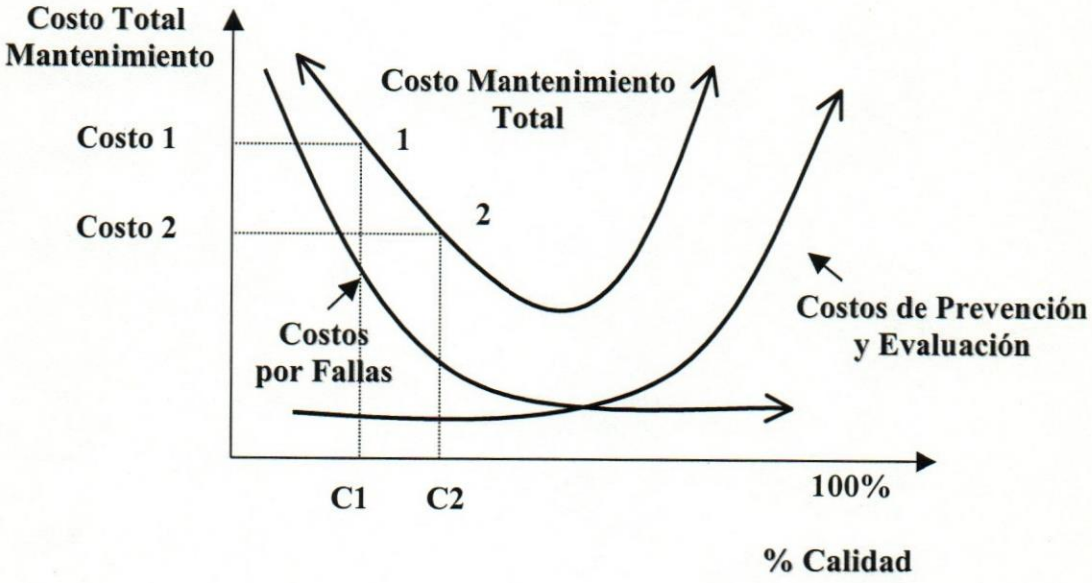
En el Apéndice A. Propuestas de Alternativas para el Proceso de Montaje, se sugirieron cambios orientados hacia la logística de operaciones. Los cambios están enfocados en diversas áreas: una planificación de materiales ajustada a las necesidades reales de demanda en el taller de reductores, identificación y disminución de cuellos de botellas en las etapas de la línea de producción.

Con la contribución de los cambios realizados en el proceso de montaje, se espera disminuir las horas hombres ociosas y las paradas innecesarias en la línea de producción, así como el tiempo de espera de los bogies necesarios para el funcionamiento del tren.

Con el estudio y mejora del proceso de montaje del conjunto motor reductor del bogie de tracción, se logró reducir varias de las fallas internas y externas presentes en los talleres de mantenimiento, aumentando el nivel de calidad en las variables a controlar y en las operaciones ejecutadas, contribuyendo de esta manera a disminuir el costo de mantenimiento total. El hecho que las operaciones se ejecuten de una manera correcta y según especificación, evidencia un mayor interés en la evaluación y prevención del proceso en estudio.

El poder pasar del punto 1 al punto 2 en la gráfica # 2, refleja una contribución significativa en el mejoramiento continuo de las actividades presentes en el estudio.

Gráfica # 2 Costos de Calidad



Fuente: Curso Reducción y Control de Costos en Procesos Industriales. Qualitechnic Consulting, C.A

El costo de inversión por mantenimiento oscila entre un 10% y 15% del costo inicial de reposición del material, el cual referido a la naturaleza del mantenimiento de media vida, estaría dentro de los parámetros normalmente aceptados para esta actividad en los metros.

Con la realización del mantenimiento de media vida, se espera garantizar el funcionamiento de los bogies de tracción durante 15 años más, teniendo como meta la operación total de 30 años para su retiro total.

CAPÍTULO XI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La alineación y balanceo del conjunto motor reductor de un bogie, se ve influenciada por las debilidades existentes en las siguientes variables operativas: juego axial del piñón y de la rueda dentada de 97 dientes, así como su juego entre engranajes, la suspensión y altura de las bielas del reductor, juego axial y de engranaje entre los acoples del par de transmisión, entre otras.

Las gomas utilizadas en la unión de los semichásis, en la biela de suspensión del reductor y en la base del motor, las cuales sirven para absorber y minimizar las vibraciones, presentan deformaciones, grietas y abultamientos, reflejando problemas de alineación en el comportamiento real del conjunto motor reductor y, en general del bogie.

Las pistas de la corona y del piñón presentan rayaduras, poros y pérdidas de material, como consecuencia de una mala alineación y lubricación en los rodamientos.

Las fallas internas y externas presentadas en el proceso de montaje del conjunto motor reductor, pueden ser disminuidas a través de las propuestas de mejoras, promoviendo la evaluación y prevención en las operaciones, minimizando de esta manera los costos por mala calidad.

La inspección y evaluación realizada a la biela de suspensión del reductor por parte del departamento auxiliar bogie, no garantiza de una manera confiable las condiciones requeridas para su montaje.

La mayoría de los instrumentos y equipos de medición utilizados en las operaciones unitarias, se encuentran fuera de tolerancia, aumentando la posibilidad de errores en el control de las variables operativas para el proceso.

Actualmente el Metro de Caracas no efectúa planes de muestreo de aceptación con un nivel de calidad aceptable para los elementos y componentes suministrados por los diversos subcontratistas.

A menudo se evidencia, como la calidad asociada al proceso de montaje del conjunto motor reductor, se ve desplazada por la cantidad de bogie reparados, lo que trae consigo devoluciones y reprocesos; causando de esta manera indisponibilidad en el sistema de servicio, es decir, la producción prevalece frente a la calidad.

La planificación de materiales o insumos para las operaciones y actividades en los talleres de mantenimiento no se ajusta a las demandas reales del proceso de montaje, en los cuales se evidencian, paradas innecesarias en la línea de producción y, en algunos casos se colocan elementos de segunda; trayendo como consecuencia el incumplimiento de las especificaciones requeridas.

La ejecución de un incorrecto proceso de montaje y la no adeacuada alineación en sus respectivas etapas, repercute directamente en el desbalance del conjunto motor reductor y, por ende en el mal funcionamiento de los trenes.

RECOMENDACIONES

Implementar planes muestreo de aceptación en las operaciones unitarias del proceso de montaje, garantizando de esta manera un nivel de calidad aceptable en los componentes y elementos.

Diseñar un plan de mantenimiento a los compresores y grúas, ajustado a las necesidades reales de operación en los talleres, queriendo con ello, minimizar las paradas innecesarias en la línea de producción, aumentando la disponibilidad del número de bogie al servicio comercial.

Mejorar la comunicación, el apoyo y la coordinación de las operaciones existentes entre la Compañía Metro de Caracas y sus subcontratistas, trabajando de esta manera, bajo un objetivo común de mejorar el servicio comercial, basado en el concepto de clientes internos y externos.

Formular mejoras en la planificación de los inventarios existentes de los talleres de mantenimiento, ajustados a las demandas de los insumos requeridos por las operaciones. Dicha planificación, debe estar acorde con el número promedio de bogie a reparar y a sus fallas presentadas, todo con el apoyo de una data estadística.

Establecer un plan de calibración para los equipos e instrumentos de medición, ajustados a la frecuencia y necesidades de los departamentos.

Mejorar las condiciones existentes en las mesas de trabajo, tanto vertical como horizontal, de los talleres de reductores y máquinas giratorias.

Implementar la utilización de equipos de medición para vibraciones en los motores de tracción, ampliando de esta manera, la inspección y evaluación en las pruebas de salida en el taller de máquinas giratorias (Figura # 14, Anexos).

Tomar en consideración el análisis y estudio de las variables operativas del proceso, así como las propuestas de alternativas de cambio, presentadas en el Trabajo Especial de Grado.

Promover el control estadístico de proceso en las operaciones de calibración y ajuste, en los talleres de mantenimiento, a través de paquetes de computación, queriendo mejorar los procedimientos existentes (Figura # 15, Anexos).

Estudiar la propuesta de nuevos equipos referentes al monitoreo de la condición y balanceo del motor, así como el análisis y condición del aceite del cárter en el reductor, todo con la finalidad de ofrecer un mantenimiento predictivo, que ayude a mejorar y alargar la vida útil de los elementos del bogie (Figura # 16, Anexos).

Iniciar programas de capacitación y entrenamiento a todo el personal de los talleres de mantenimiento, tanto de CAMETRO como de las subcontratistas, queriendo destinar mayores recursos para las actividades de evaluación y prevención a las operaciones del proceso, minimizando de esta manera, los costos de mala calidad por fallas internas y externas.

Verificar el estado de los componentes y partes del bogie, una vez que son desarmados en el taller de desmontaje, obteniéndose de esta manera, información valiosa sobre el comportamiento del conjunto motor reductor en el sistema, la cual servirá de base para tomar acciones concretas de mejoras

Estudiar el comportamiento de la vida útil promedio de las siguientes gomas o bujes: articulación del bogie, base del motor, acople elástico y la biela de suspensión del reductor, determinado la facultad de minimizar o absorber las vibraciones de la vía y del comportamiento dinámico del bogie. Todo ello, con la finalidad de retirar las gomas, antes que se comporten como cuerpos rígidos, aumentando las vibraciones en los elementos del conjunto motor reductor.

Se recomienda verificar las distancias diagonales y laterales de los semichásis emsamblados, dada la simetría del bogie (Figura # 17, Anexos), aumentando el control e inspección en el proceso, garantizando una adecuada alineación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

(a) FREUD, Jhon E.; WALPOLE, Ronald E. "Estadística Matemática con Aplicaciones". 4ta. Edición. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México 1990, Págs 375-380.

(b) SABINO, Carlos A. "Como Hacer una Tesis". 1ra Edición. Editorial PANAPO. Caracas 1987.

(c) ROSENBERG, Robert. "Reparación de Motores Eléctricos". Tomo I. 7ma. Edición. Editorial Gustavo Gilis, S.A México 1970, Págs 255-264.

(d) WOHLGEMUTH, M. J. "Manual de Mantenimiento Industrial Westinhouse C.A". Capítulo III Motores Eléctricos, Págs 52-70.

(e) Catálogo # 12 de Mantenimiento del Bogie. CAMETRO. Caracas, 1984. Frameca.

(f) CHAPMAN, Stephen J. "Máquinas Eléctricas". 2da Edición. Editorial Mc Graw Hill. Colombia, 93. Págs 261-270.

(g) JURAN, J.M. "Planificación y Análisis de la Calidad". Editorial REVERTÉ, S.A Barcelona, España, 1981. Págs 52-57, 385-394.

(h) HERNÁNDEZ, Santiago; DÍAZ, Nelson; SUÁREZ, Yuestas. "Modelaje y Simulación del Brazo Soporte Motor Tracción bajo Esfuerzos y Deformaciones por Efectos de Cargas Dinámicas". UNEXPO. Caracas 1996.

(i) Norma Venezolana COVENIN 2270:1995 Comité de Higiene y Seguridad Industrial. Integración y Funcionamiento. 2da Revisión.

(j) Norma Venezolana COVENIN 2270:88 Programa de Higiene y Seguridad Industrial. Aspectos Generales.

(k) Instructivo de Tesis para el Estudiante. Facultad de Ingeniería. UCAB

(l) Curso. Reducción y Control de Costos en Procesos Industriales. Qualitechnic Consulting, C.A. Caracas 1999.

(m) Manual de Revisión General y de Mantenimiento para los Motores de Tracción, Alstom de Venezuela. Contrato MC-2757, Documento B. Caracas 1997.

(n) www.skf.com, www.mitutoyo.com, www.facom.com, www.statustech.com.

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas