

# **Diseño de un programa de mantenimiento y control operacional para neumáticos de camiones mezcladores de hormigón**

P. Barrezuela<sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
p\_barrezuela@hotmail.com<sup>1</sup>

## **Resumen**

*El objetivo del informe es el de determinar los problemas que inciden en el alto costo kilométrico en los neumáticos de los camiones mezcladores y diseñar un programa de mantenimiento y control operacional adecuado que permita lograr disminuir el costo kilométrico de los neumáticos de los mezcladores.*

*Para poder alcanzar los objetivos trazados, el informe describe cuales son las consideraciones para elegir el neumático adecuado, rendimiento kilométrico, resistencia a las agresiones en obra y a las perforaciones, adherencia dentro y fuera de carretera, las partes fundamentales de un neumático radial, cual debe ser el cuidado y el mantenimiento de los neumáticos.*

*Finalmente se plantea como solución el diseñar un programa de mantenimiento estandarizado y un control operacional sobre las presiones, alineación, balanceo, convergencia, divergencia, sistema de suspensión, sistema de dirección y reencauches de los neumáticos, más una alianza estratégica con proveedor de esta línea para alcanzar una mayor vida útil de los neumáticos y como consecuencia un decremento en el costo kilométrico de aproximadamente un 30% de los mismos.*

**Palabras claves:** Control operacional, neumático radial, rendimiento kilométrico, vida útil de los neumáticos.

## **Abstract**

*The objective of this report is to determine the problems which impinge on the high cost per kilometer in the tires of mixing trucks and to design a program of maintenance and adequate operational control that allows to accomplish a diminishment in the cost per kilometer of mixing trucks tires*

*To be able to achieve those set objectives, this report describes which the considerations to choose the adequate tire, performance per kilometer, endurance to the construction sites and perforations, on – and – off – the – road adhesion are, the main parts of a radial tire, how to take care of and provide maintenance to tires.*

*Finally as solutions to be put forward: to design a program of standardized maintenance and an operational control of pressure, alignment, balance, convergence, divergence, suspension system, direction and re-rubbery of tires, plus a strategic alliance with a supplier of this product to reach a loner useful life of the tires and as a consequence a decrease in the cost per kilometer of approximately 30 percent.*

**Key words:** Operational control, radial tire, performance per kilometer, useful life of the tires.

## 1. Introducción

La construcción en nuestro país tiene mucha fuerza, por lo que la demanda de hormigón es grande y lo es también para las industrias productoras de hormigón premezclado.

Para atender este aumento de demanda se necesita una gran flota de camiones mezcladores en el cual se han detectado problemas en el diseño y grandes deficiencias en el mantenimiento de los neumáticos, lo que genera un impacto directo en la vida útil de los neumáticos y como consecuencia se tienen elevados costos en el rubro de neumáticos de los camiones mezcladores, indisponibilidad de equipos y provocan una merma de ingresos y, así mismo, originan un incremento de los costos de producción.

En este informe se analiza la falta de un programa de mantenimiento y control de neumáticos, falta de mantenimiento autónomo por parte del operador de los camiones mezcladores, y falta de alianzas estratégicas con proveedores que cubran la necesidad presentada.

El objetivo general es implementar un programa de mantenimiento y control de neumáticos de camiones mezcladores de hormigón con el fin de aumentar la disponibilidad de camiones durante el proceso productivo y disminuir costos en el rubro de los neumáticos.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Definición de hormigón premezclado.

El hormigón es un material compuesto, que consiste de manera esencial en una mezcla uniforme, entre cemento, agua, agregados de diversos tamaños y aditivos.

El cemento y el agua se combinan químicamente y cuando se seca forma un material parecido a la roca.

El porcentaje de los elementos que componen el hormigón es de 45% de agregado fino (arena), 34% de agregado grueso, 13% de cemento y 8% de agua.

### 2.2. Descripción del proceso de elaboración del hormigón premezclado.

Se puede describir el proceso de elaboración del hormigón premezclado de la siguiente manera:

El material agregado es transportado por camiones (bañeras y volquetes), desde la mina de agregados hasta la Planta Hormigonera y su peso es controlado al ingreso a la planta.

El material agregado es apilado en campos abiertos y según el tipo de material. Al material agregado se le da un tratamiento de hidratación (una corrección de humedad para el diseño).



Figura 1. Recepción del material agregado.

Un Cargador Frontal alimenta de material agregado a una tolva receptora, y esta a su vez alimenta de material a una banda transportadora de rodillos (Banda Transportadora 1), que transporta el material hasta el Silo de agregados. En el interior del Silo existen varios compartimentos, en donde el material se distribuye mediante un canalón a cada compartimiento según su tipo.

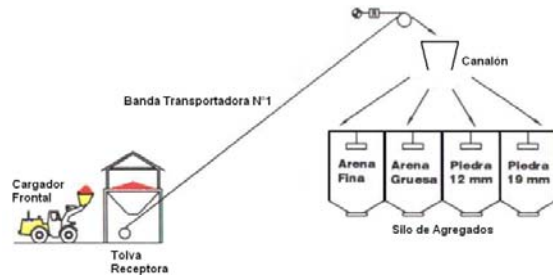


Figura 2. Alimentación del Silo de Agregados

El silo de agregados alimenta a una balanza (celdas de carga) y la cantidad de material lo determina el tipo de hormigón a producirse.

La balanza de dosificación de agregados alimenta de material a una banda transportadora de rodillos (Banda Transportadora 2), que descarga el material a la tolva de dosificación hacia los camiones Mixer, la descarga es directa y en seco.

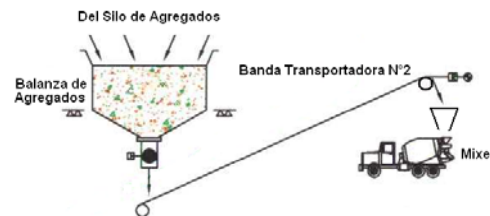
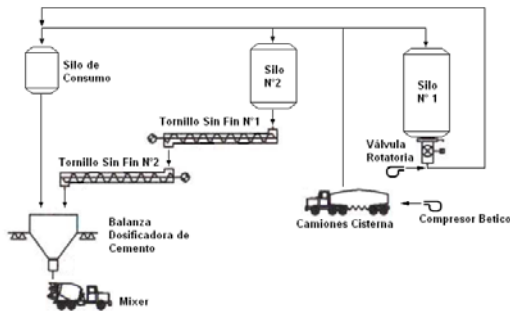


Figura 3. Dosificación de Agregados

El Cemento es trasladado desde las plantas de Cemento en camiones cisternas hasta la planta Hormigonera y su peso es controlado al ingreso a la planta. El Cemento es descargado a través de un compresor hacia los silos de reserva o stock (Silo 1 y Silo 2 de 350ton y 105ton respectivamente). Mediante un transportador Neumático (soplador y una válvula rotatoria), el cemento es transportado al silo de consumo; al sufrir una falla en el transporte neumático, existe un transporte por medio de un Tornillo sin fin que se encuentra en silo 2 y alimenta a otro transportador de Tornillo sin fin que alimenta a la balanza dosificadora de cemento y esta a su vez directamente a los camiones hormigoneros. Todos los silos tienen un sistema de aireador y vibradores eléctricos que cumplen la función de evitar que el cemento se pegue a las paredes de los silos.

El Silo de consumo de cemento alimenta a una balanza mediante una válvula tipo mariposa, en donde la cantidad de cemento lo determina el tipo de hormigón a producirse.



**Figura 4.** Alimentación y Dosificación de Cemento

La dosificación de agua se la realiza mediante una bomba y un contador de agua.

La dosificación de aditivos se controla mediante sensores y una bomba.

La mezcla entre cemento, agregados, agua y aditivo se produce en el tambor de transporte de los camiones Mixer.

El hormigón se traslada hacia los lugares de construcción en los camiones mezcladores de hormigón denominados Mixer.

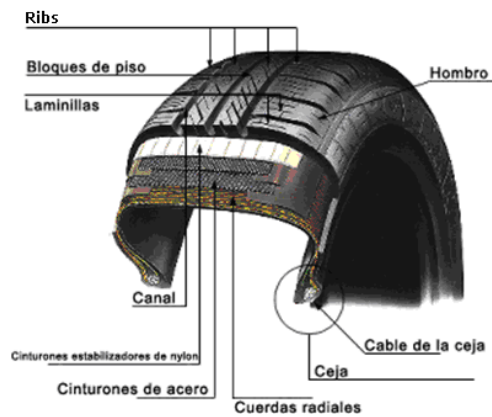
- ✓ Es una potente herramienta para evaluar el desempeño del personal ya que está basada en indicadores de gestión.
- ✓ La metodología facilita la comunicación y entendimiento de los objetivos de la compañía en todos los niveles de la organización.
- ✓ Hace de la estrategia un proceso continuo

### 2.3. Consideraciones para elegir el neumático adecuado.

La elección de neumáticos no es trivial. En el mercado existen una gran cantidad de fabricantes que ofrecen neumáticos para toda clase de vehículos. Sin embargo, si se desconocen los factores básicos para elegir la llanta adecuada, a menudo se cometen errores que atentan contra la seguridad y la economía.

Elegir neumáticos es una decisión que no debería hacerse sin tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Tipo de vehículo que conduce.
- ✓ La forma en que maneja.
- ✓ El tipo de camino que recorre cada día.
- ✓ Las condiciones del camino.
- ✓ Las condiciones climáticas.



**Figura 5.** Estructura de un neumático radial.

### 3. Análisis actual de las condiciones de los neumáticos, del sistema motriz y de suspensión.

Durante los trabajos que se han realizado a los neumáticos de la flota de los mixers de la planta hormigonera por parte del departamento de mantenimiento, se ha realizado un análisis completo de los diferentes daños que se presentan en los neumáticos durante la jornada de trabajo, además de los diversos daños presentados en la suspensión y el sistema motriz, el cual se ha clasificado por apariencia del neumático y las causas del daño, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Problemas de presiones en neumáticos.
- ✓ Daños en la banda de rodadura de los neumáticos.
- ✓ Daños en el flanco de los neumáticos.
- ✓ Daños en la carcasa e interior de los neumáticos.

### 3.1. Análisis y costos del actual sistema de mantenimiento.

Una vez realizada una evaluación general y exhaustiva a los neumáticos, sistema motriz y de suspensión de los mixers, se pudieron evidenciar un gran número de debilidades de las cuales detallamos:

- ✓ Camiones hormigoneros con llantas de diferentes marcas, dimensiones y labrados, lo que ocasiona daños en el sistema motriz y suspensión del mixer.
- ✓ Los neumáticos no se han seleccionado considerando las condiciones de diseño del mismo, lo que ocasiona daños acelerados por terrenos agresivos para el neumático seleccionado o daños en el sistema de suspensión.
- ✓ Camiones hormigoneros con llantas que no mantenían las presiones adecuadas ya sean por encima del límite superior o del límite inferior,

lo que ocasiona desgastes acelerados de la banda de rodamiento o desprendimiento de goma.

- ✓ Camiones hormigoneros que se encontraban desalineados y desbalanceados, ya sea que viene de fabrica o por no cumplir las fechas programadas del mantenimiento preventivo.
- ✓ Camiones hormigoneros con llantas que mantenían desgastes irregulares.
- ✓ Los neumáticos se cambian, una vez que se dañan o cumplen su vida útil.
- ✓ No se controlan las profundidades del labrado de los neumáticos y su respectiva rotación.

### **3.2. Costos actuales en el Mantenimiento de los neumáticos.**

Estas debilidades representan costos elevados para mantener operativa la flota de mixers en lo que tiene que ver con los neumáticos, costos que se deben principalmente por el gran número de neumáticos nuevos comprados dentro del año y sin que los anteriores cumplan su vida útil, otro alto valor mensual para el plan de mantenimiento es el pago de un Vulcanizador quien percibe un sueldo más beneficios de ley.

Los costos del personal de mantenimiento, y de movilización de neumáticos, sumados a los de herramientas y reparaciones de los neumáticos en lo que corresponde a parches, cambios de aros, cambio de válvulas hacen del costo del mantenimiento de los neumáticos los segundos más altos después del combustible en el año para uso de los mixers.

Los costos de un neumático nuevo de mixer delantero y posterior son de \$400,00 en cada mixer se utilizan 10 neumáticos, la suma por mixer está en \$4.000,00 , además cuando tenemos que cambiar neumáticos por una mala operación del chofer, por falta de presión apropiada, o por una falta de estudio del suelo de la obra a trabajar, los valores por unidad se incrementan por la necesidad de comprar varias unidades de manera urgente y en ocasiones si llega un nuevo mixer con un tipo de neumático inapropiado se necesitará cambiar hasta un juego completo de neumáticos, aros, pernos lo que directamente se cargan al gasto, por lo cual eleva aun más el costos del mantenimiento.

El costo anual del mantenimiento de neumáticos de 30 mixers para el año 2008 es de \$166.000, con un costo al año promedio por mixer de \$5.533,33.

## **4. Control operacional de los neumáticos de los camiones mezcladores de hormigón**

### **4.1. Mantenimiento Autónomo.**

El Mantenimiento Autónomo es una parte fundamental en el Mantenimiento Productivo Total - MPT (Mantenimiento Productivo Total). Este apartado,

junto con otros, como el Mantenimiento Preventivo, la Mejora Continua, la Capacitación-Formación del Personal, los Equipos e Instalaciones.

El personal más interesado en el Mantenimiento Autónomo, serán los Directores y Jefes de Producción y Mantenimiento, profesionales que tengan bajo su responsabilidad áreas de gestión humana, entrenamiento y capacitación-formación; pero queremos reseñar la imprescindible implicación de todos los estamentos de la Empresa en los Procesos de Implantación de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total.

### **4.2. Procedimiento de operación de camiones para maximizar la vida útil del neumático.**

En el procedimiento de operación de camiones se ingresaron nuevos puntos sobre neumáticos, en el cual el operador identifique y registre los problemas encontrados en los neumáticos del mixer durante la jornada de trabajo. Esto se debe aplicar luego de capacitar a los Operadores sobre como verificar presiones de aire, cuanta presión de aire debe tener el neumático, desgastes irregulares y el buen estado de los neumáticos.

Cuando la presión es correcta, los neumáticos tienen mejor agarre, soportan mejor los baches y el peso de la carga, trabajan a temperaturas más bajas lo que evita un desgaste prematuro y lo más importante, contribuyen al ahorro de combustible.

Es recomendable que revise la presión al menos cada semana, cuando vaya a realizar un viaje con carga y/o antes de hacer un viaje largo.

La operación de inflar ha de ser necesariamente realizada en 2 etapas:

Primera etapa:

- ✓ Inflar el neumático hasta 1,5 bar
- ✓ Hacer un examen general del neumático, lo que implica visualizar en todos sus costados internos y externos.
- ✓ La presencia de cualquier bulto o deformación implica que el neumático sea desmontado y examinado por un especialista.

Segunda etapa:

- ✓ Inflar hasta la presión deseada.

### **4.3. Inspección Operacional de los neumáticos.**

La razón más importante por la que se debe inspeccionar el neumático es la seguridad, tanto para el operador como para otras personas que circulen por la carretera.

Si encuentra un defecto en el o los neumáticos durante la inspección, se ahorrará problemas posteriores. Un defecto puede ocasionarle una vería en la carretera, la cual le puede costar tiempo y dinero, o lo que es peor, un choque.

La inspección de los neumáticos se dividen en tres etapas: Antes del viaje, durante el viaje, y posterior al viaje.

A qué se debe estar atento en estas inspecciones:

- ✓ Presión de aire excesiva o insuficiente
- ✓ Desgaste desparejo: las llantas delanteras deben tener una profundidad de dibujo de al menos 4/32 de pulgada en cada surco principal y las demás, 2/32 de pulgada. No debe verse nada del material a través del dibujo ni en los lados de la llanta.
- ✓ Cortes u otras averías
- ✓ Desprendimiento del dibujo
- ✓ Llantas dobles que entran en contacto entre sí o con otras piezas del vehículo
- ✓ Medidas desiguales
- ✓ Uso combinado de llantas radiales y de capas al sesgo
- ✓ Vástago de la válvula cortado o agrietado
- ✓ Llantas renovadas, recauchutadas y vulcanizadas en las ruedas delanteras de un autobús (están prohibidas).

Todas las novedades que el operador del mixer encuentre durante la inspección deben ser comunicadas a su superior inmediato o al departamento de mantenimiento, para tomar medidas correctivas inmediatas.

## 5. Diseño del programa de mantenimiento de los neumáticos

La duración de un neumático depende tanto de condiciones de uso como de las características propias del vehículo que la soporta. Usted puede hacer mucho para prolongar la vida de los neumáticos y garantizar su seguridad.

### 5.1. Mantenimiento de la presión de los neumáticos

La presión correcta es un factor de seguridad y duración, hay que controlarla en frío. En caso de realizar el control en caliente, añada 0,3 bar a la presión aconsejada. El control de las presiones de los neumáticos debe efectuarse diariamente, antes de iniciar cada jornada el operado debe llenar su hoja de inspección e informar al departamento de mantenimiento en caso de encontrar una presión excesivamente baja o un daño en el neumático.

Dentro del diseño de programa de mantenimiento y control operacional de neumáticos, se utiliza una tarjeta de control diario de equipos (Anexo A), en el cual se registran los datos de campo, en el que se detalla equipo, número de unidad, marca, modelo, tipo, además de registrar presión y medida del labrado de cada uno de los neumáticos.

Los ejecutivos que lideran el cambio en la organización son el Gerente General, Gerente de la división calzado, Jefe de planificación, Jefe de

mantenimiento, Jefe de RRHH, Jefe de aseguramiento de la calidad y Jefe de producción

### 5.2. Inspección de la banda de rodamiento

La inspección de la banda de rodamiento se realiza de forma semanal, por el personal de VAT, este control es registrado en la ficha de cada neumático.

Los neumáticos llevan unos testigos de desgaste (o llamados también Bibendum) situados en el hombro de los neumáticos indican el emplazamiento de los testigos de desgaste, situados a su vez en el medio de la banda de rodamiento.

Estos testigos son pequeñas protuberancias situadas en el fondo de los surcos o ranuras. Si la altura de la goma llega al nivel de dicha protuberancia (límite legal 1,6 mm) hay que cambiar los neumáticos, por uno nuevo o reencauchado, es recomendable hacer el reencauche antes de la desaparición del dibujo, cuando queden 2 ó 3 milímetros de profundidad.



Figura 6. Testigo de desgaste

### 5.3. Rotación de neumáticos.

Pasar los neumáticos del eje de tracción a los ejes no tractivos contribuye a aumentar su durabilidad y alargar su vida hasta en un 20%, siempre y cuando todos los neumáticos sean del mismo tipo. En el caso de los camiones mezcladores se puede hacer rotación de neumáticos delanteros entre camiones, debido a que determinados equipos han recorrido más que otros. Se recomienda hacerlo entre los 5 mil y 10 mil kilómetros.

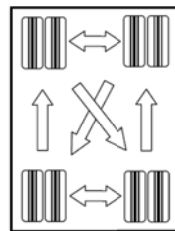


Figura 7. Rotación de llantas traseras.

En el diseño de programa de mantenimiento y control operacional de neumáticos, el técnico encargado del mantenimiento de los neumáticos utilizará una hoja de movimiento e inspección de neumáticos de equipos que es alimentado por la tarjeta de control de neumáticos, con lo cual en la hoja de movimientos e

inspección de neumáticos se detallan el estado de neumáticos por Mixer, en el que se especifica ubicación, presión, altura de labrado, marca de neumáticos, esto alimenta una gran matriz dinámica de control donde se especifica recorrido, número de reencauches, costo de neumático.

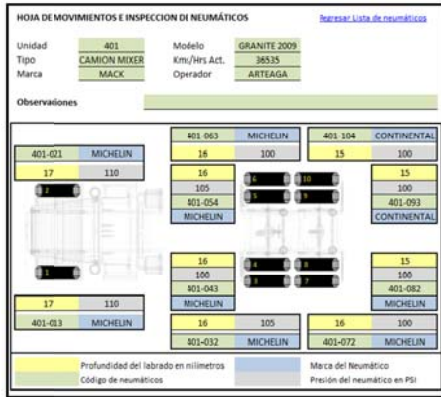


Figura 8. Hoja de movimiento e inspección de neumáticos

#### 5.4. Mantenimiento en Alineación y Balanceo.

##### 5.4.1. Alineación

Se dice que un vehículo está alineado adecuadamente cuando todos los componentes de la suspensión y la dirección se encuentran en buenas condiciones y cuando los mecanismos de la llanta y la rueda funcionan derechos y sin desviación. Se requiere de una alineación apropiada para que el desgaste de los surcos de las llantas sea uniforme y los virajes precisos. Un desgaste desigual de las llantas delanteras o traseras, o cambios en el manejo de su vehículo o en la respuesta de viraje (p. ej. cargarse hacia un lado) puede ser indicación de desalineación.

##### 5.4.2. Balanceo

Las llantas y los aros se descentran por la diferencia de pesos en los elementos que los componen. Este desequilibrio se arregla añadiendo pesos en las pestañas de la llanta, en las partes internas y externas del aro, equilibrando así la superficie de la llanta. La combinación exacta de dos equilibrios, uno estático y otro dinámico, dan como resultado una llanta bien balanceada.

#### 5.5. Proyección de costos y Beneficios del programa de Mantenimiento de neumáticos.

Con la implementación del Programa de mantenimiento de neumáticos se incluye el uso del vehículo de asistencia técnica (VAT) el que puede

desplazarse hasta donde se necesite, equipado con los servicios de: inflado, calibración de neumáticos, montaje, desmontaje, rotaciones de neumáticos, alineación (paralelismo), despinche y reparaciones menores. Además de contar con el personal técnico capacitado que realiza el análisis de los check list de operadores de mixers para el control del estado de los neumáticos, del desgaste de neumáticos por medio de una ficha técnica en las que registra cortes, las profundidades de los gemelos y así poder realizar la programación de mixers para reemplazos, rotaciones, o reencauches de neumáticos.

#### 5.5.1 Resultados

El costo anual del mantenimiento de neumáticos es elevado tomando como referencia el año 2008 por \$166.000 y el año 2009 por \$175.600, al implementar el programa de mantenimiento y control operacional para neumáticos más un proceso de reencauche se observa una mejora considerable de ahorro en el costo del mantenimiento a través de cada año, en el año de implementación 2010 el costo es de \$127.860, en el cual representa un 29,83% menos al costo del año 2008 y un 37,34% menos al costo del año 2009. Para el año 2011 el costo fue de \$50.460, el cual representa un 53,39% un valor mayor al esperado durante la implementación de este programa.

En la Figura 9 se observa en detalle el costo del mantenimiento mensual por año, para los años 2008 y 2009 donde no se cuenta con un programa de mantenimiento y control de neumáticos así como la aplicación del reencauche en el programa de mantenimiento más la alianza estratégicas para el servicio, se observan costos elevados de mantenimiento para los años 2010 y 2011 donde se inicia programa de mantenimiento y control de neumáticos tiene una disminución del costo del mantenimiento es mucho menor.

En las figuras 9, 10 y 11, podemos observar en detalle el desarrollo del programa de mantenimiento las curvas indican como se ha mejorado el control de los equipos en función al gasto, en definitiva costos ahorrados por la empresa que representan mejora en la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento.

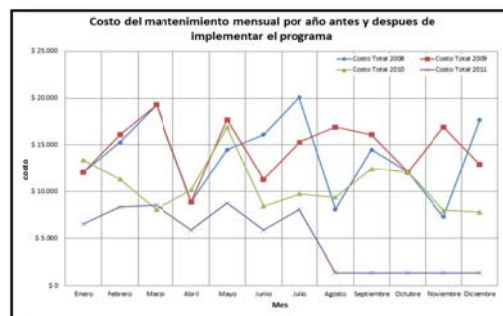


Figura 9. Costo mensual del mantenimiento mensual por año

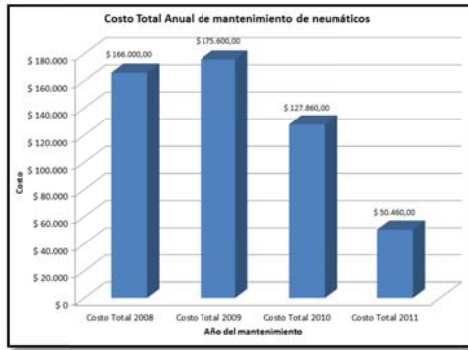


Figura 10. Costo Total anual del mantenimiento

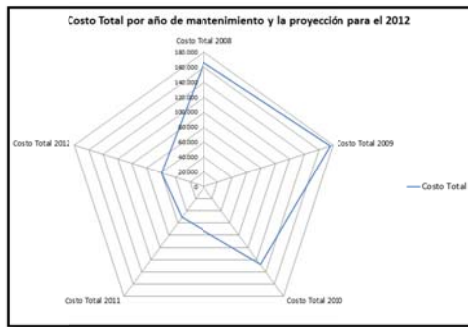


Figura 11. Costo Total anual del mantenimiento

## 6. Conclusiones

1) En la citada planta productora de hormigón premezclado se ha implantado un diseño de un proceso de mantenimiento y control operacional de los neumáticos de los mixers, a fin de maximizar su eficiencia dentro del servicio para el cual han sido diseñados, más allá de su vida útil estimada.

2) La implantación del programa se lo dividió en tres aspectos: El Aspecto Funcional, dirigido a los equipos, el Aspecto Recursos Humanos, enfocado al personal de la industria y el Aspecto Técnico, que es la Gestión de mantenimiento propiamente dicha.

3) El Aspecto funcional de implantación del diseño del programa de mantenimiento de los neumáticos es importante porque permite conocer los equipos y de esta forma se logra definir e identificar los equipos críticos, que permiten a su vez tomar una mayor atención en el mantenimiento de los mismos y dar prioridad a dichos equipos..

4) En el Aspecto relacionado al Recurso Humano, se desarrolló control operacional de los neumáticos de mixers, que nos permitió identificar las diferencias y necesidades de capacitación para el grupo humano del taller mecánico, y así lograr optimizar el recurso humano mediante la flexibilidad de las habilidades.

5) En el Aspecto Técnico, se dio un importante paso al implantar la Inspección Operacional de los neumáticos, pues se dio paso a una inspección dirigido a puntos específicos como son los neumáticos, así poder direccionar un mantenimiento dirigido y controlado

alineación, balanceo, convergencia, divergencia, revisión y ajuste de sistema de suspensión, revisión y ajuste de sistema de dirección, planificación de reencauche de neumáticos, además del control de los daños, reparación, rotación.

6) Con el programa de Mantenimiento de los neumáticos se logró obtener un mantenimiento organizado y planificado, puesto que aquí se considera la disponibilidad de mixers y los trabajos de mantenimiento prioritarios. Con el programa de mantenimiento nos permite identificar las necesidades de recursos y optimizar los esfuerzos de mantenimiento.

7) Con el programa de mantenimiento de neumáticos, las paradas emergentes y los trabajos de mantenimiento correctivo se han minimizado de manera considerable y esto lo podemos sustentar por medio de los indicadores claves de mantenimiento.

8) Con el desarrollo del programa de mantenimiento se incrementó la disponibilidad de los equipos a un 95%, y por ende incrementó la seguridad de funcionamiento de los equipos.

9) Se logró estandarizar actividades de mantenimiento, es decir, especificar el tiempo que se requiere para realizar dichas actividades, los recursos que se necesitan y frecuencia para realizarlas. Esto permite tener un mantenimiento planificado, organizado, dirigido y controlado.

## 7. Recomendaciones

1) La alta administración de la empresa debe establecer adecuados canales de comunicación.

2) Para poder tener éxito es recomendable el apoyo total del personal de planta, de las jefaturas respectivas y además el profundo compromiso por parte de la alta Gerencia para poder llevar a cabo este programa.

## 8. Referencias

- [1]. TPM, Digital. Mantenimiento Productivo Total. [En línea] 8 de abril de 2008. <http://digitaltpm.blogspot.com/2008/04/las-caracteristicas-del-tpm-ms.html>.
- [2]. Scribd. [En línea] <http://es.scribd.com/doc/64315598/Las-partes-fundamentales-de-un-neumatico-radial-son>.
- [3]. Escuela de LLantas. : Compañía Hulera Goodyear Oxo S.A. de C.V.
- [4]. Firestone. Manual de información técnica para llantas de camión. México D.F. : s.n., 1989.
- [5]. Michelin. Guía básica de llantas.
- [6]. Council, The Maintenance. Guía de análisis de condiciones para llanta. USA : s.n., 1995.
- [7]. S.A., Nacional llantera. Apuntes de neumáticos.