

Desarrollo de diseño de experimentos, en el sobrepeso de llantas de producción regular.

Olman Mendoza Fernández¹

RESUMEN

Este proyecto trata sobre la solución a las causas que genera el sobrepeso en las llantas. Fue elaborado en la empresa Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A (BFCR), localizada en la Ribera de Belén.

Se desarrolla con el fin de dar una solución a la medida de la llanta que actualmente se produce con mayor sobrepeso y con ello establecer una metodología para resolver este problema en las demás medidas de llantas, que se fabrica con esta problemática en la empresa en cuestión.

Se determinó que la medida de llanta P205/75 R15 FR380, del diseño LOLA, es la que se produce actualmente con mayor sobrepeso y que la pared banda blanca es la causante de este exceso de hule, lo cual influye en que el peso final de la llanta verde, sea mayor a las tolerancias especificadas.

Mediante un análisis detallado se determinó que el problema de sobrepeso en la pared blanca del diseño LOLA, se debe a un error en la especificación de armado, lo que provocaba que BFCR tuviera perdidas mensuales de \$12 533.20 al producir esta llanta, pues el cálculo del costo de su producción se realiza con base en el peso de la especificación de armado. De esta manera se soluciona y se encuentra la causa raíz que generaba el sobrepeso en este diseño de llanta, el cual se cuantifica en un ahorro mensual de \$12 533.20 para BFCR, además se determina que la capacidad del proceso de armado de la llanta verde de la medida en cuestión es precisa y exacta generando una mejora de dicho proceso con respecto a la situación inicial.

En conclusión, con la implementación de las propuestas se pretende que los procesos de BFCR sean más centrados y exactos permitiendo reducir los costos de producción actuales, aplicando la metodología de seis sigma.

PALABRAS CLAVES: Sobrepeso, llanta, tolerancias, especificación y costos.

¹ Bachiller en Ingeniería Industrial, candidato a Licenciatura en Ingeniería Industrial, ULACIT. Correo electrónico: olmanmendoza@hotmail.com

ABSTRACT

The project is developed with the purpose of to provide a solution in accordance with the tire that at the moment takes place with greater overweight, and in this way to establish a methodology, to solve this problem in the other measures of tires that make with this problematic one in the company at issue.

The measurement of tire P205/75 R15 FR380 was determined that, design LOLA is the one that takes place at the moment with greater overweight and than the wall white band it is the cause of this excess of rubber, which influences that the final weight of the green tire is greater to the specified tolerances.

By means of an exhaustive analysis the problem of overweight in the white wall of design LOLA was determined that, is brought about by an error in the build tire specification of, which caused that BFCR had lost monthly of \$12 533, 20 month when producing this tire, because the calculation of the production cost of the same is realised with base to the weight of the build tire specification. Thus when finding this problem is solved and is the root cause that generated the overweight in this design of tire, which is quantified, in a monthly saving of \$12 533, 20 month, for BFCR, and it determines that the capacity of the process of armed of the green tire of the measurement at issue, is precise and exact generating an improvement of this process with respect to the initial situation.

In conclusion, with the implementation of the proposals it is tried that the BFCR processes are more exact trims and allowing reducing the present production costs, applying the six methodology of sigma.

KEY WORDS: Overweight, tire, tolerances, specification and cost.

INTRODUCCION

A. Identificación de la Empresa

1. Misión y Visión de la empresa

1.1 Misión

“Ser una empresa líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados con los más altos estándares de Calidad y Servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total”.

1.2 Visión

A continuación se muestra la visión de la empresa.

Figura N 1 “Visión de la empresa”



Fuente: Departamento de Calidad de BFCR.

2. Antecedentes Históricos

2.1 Historia en Costa Rica de Bridgestone Firestone

- Periodo 1967-1971

Inicia operaciones Industrias Firestone de Costa Rica (BFCR). Se empezó a trabajar con 200 funcionarios y se fabricaban 425 llantas al día. A principios de los años setenta se llegó a fabricar 1200 llantas por día.

- Periodo 1971-1985

Durante este tiempo la planta se expandió y en 1985 SUMMA S.A adquiere IFCR, cambiando así la razón social a Industrias Akron de Costa Rica S.A. Para este momento se fabricaban 2200 llantas por día.

- Periodo 1988-1996

A finales de los 80 Bridgestone Corporation adquiere la Firestone Rubber Company.

A mediados de los 90 se fabrica la primera llanta radial acero, la F570, contando con 570 trabajadores y fabricando 2400 llantas por día.

En 1996 se constituye una alianza estratégica con la corporación Bridgestone y cambia la razón social a Firestone de Costa Rica S.A.

- Periodo 1997-2002

Se exporta la primera llanta radial Turismo II a Estados Unidos y se obtiene la certificación ISO 9002.

A finales de los 90 se inaugura EXFISA, la Corporación Bridgestone compra la mayoría de las acciones y cambia la razón social a Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A.

Durante este periodo se fabricaban 5000 llantas y trabajaban 600 asociados. Se obtiene la certificación ISO 14001.

- Periodo 2002-2005

Se inicia el proceso de expansión y se obtiene la certificación QS 9000.

Específicamente en el año 2003 se fabrica la primera llanta de equipo original y nos otorgan el premio corporativo de seguridad y el premio corporativo de mantenimiento.

- Periodo 2005-2006

En este año se obtiene el Premio al Esfuerzo del Exportador de la Cámara de Exportadores de Costa Rica. Actualmente la compañía fabrica más de 12000 llantas diarias y se cuenta con la participación de más de 1000 colaboradores.

Se ha colocado como una de las primeras empresas exportadoras de productos no tradicionales de Costa Rica.

También en estos años se produce la primera llanta con tecnología Uni-T, la nueva Destination de Firestone.

Se lanza al mercado la nueva CV3000 de Firestone, la nueva generación en llantas de carga.

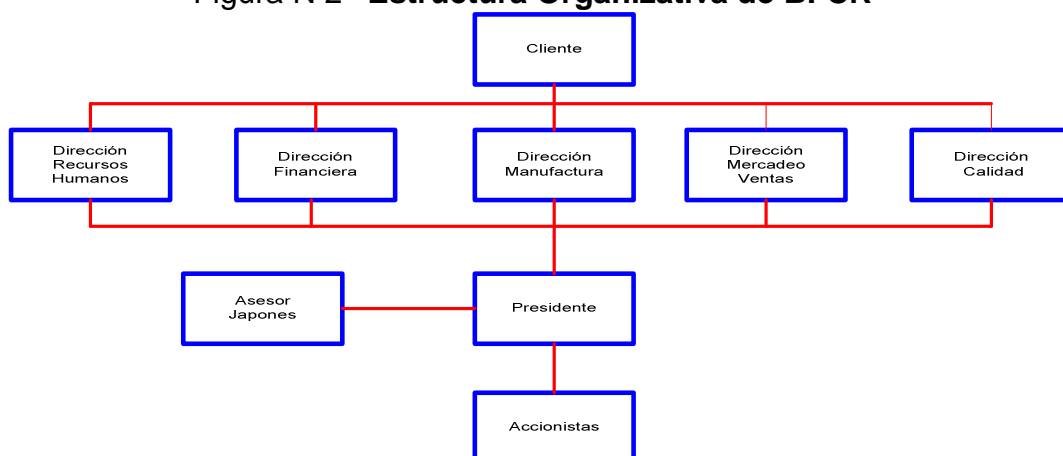
Se produce la primera llanta marca Bridgestone de reemplazo, la Potenza RE740.

Después de un largo proceso de preparación se produce en Costa Rica la primera llanta High Performance, Potenza GIII

3. Estructura Organizativa

Bridgestone Firestone de Costa Rica es una corporación que integra actualmente a 1000 trabajadores los cuales se distribuyen en las diferentes áreas que se describen a continuación.

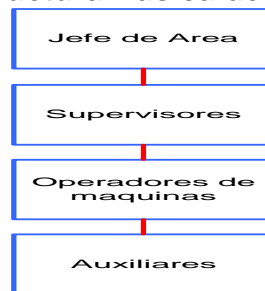
Figura N 2 “Estructura Organizativa de BFCR”



Fuente: Departamento RRHH de BFCR

El proyecto por realizar se enfoca en el área de manufactura, la cual se distribuye de la siguiente manera; vea la siguiente figura.

Figura N 3 “Estructura Básica de Manufactura”



Fuente: Departamento de RRHH de BFCR.

4. Tipos de Productos

En Bridgestone Firestone de Costa Rica se producen varios tipos de llantas para diferentes necesidades y diferentes mercados, se diferencian entre sí por la marca, en Costa Rica se producen: Bridgestone, Firestone y Seiberling. Los tipos de llantas de las diferentes marcas que existen se muestran a continuación:

Cuadro N 1 “Tipo y Marcas de Llantas de BFCR”

<i>Firestone</i>	<i>Bridgestone</i>	<i>Seiberling</i>
Camión Convencional	Camión Convencional	Camión Convencional
Camión Radial	Camión Radial	Camioneta Radial
Camioneta Convencional	Camioneta Radial	Pasajero
Camioneta Radial	Camioneta Radial Comercial	
Camioneta Radial Comercial	Pasajero	
Llantas Agrícolas		
Pasajero		

Fuente: Departamento de Mercadeo y Ventas de BFCR.

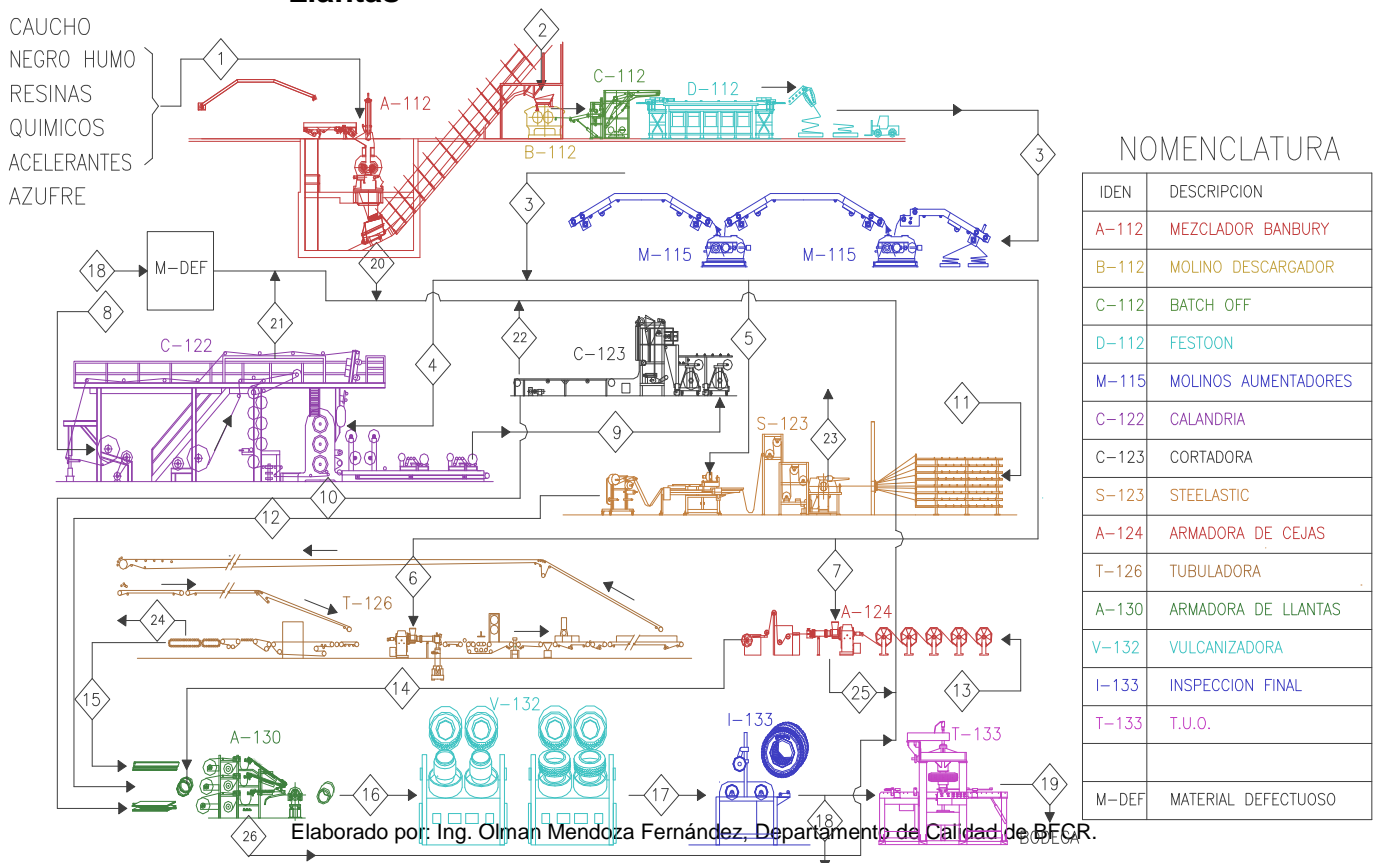
De la producción actual un 85% está enfocado en la producción de llantas de pasajero radial, camioneta radial y las llantas para repuesto para equipo original.

En cuanto a las llantas TSR (TEMPA SPARE) o llantas de repuesto para equipo original, la empresa está produciendo alrededor de un 50%, del 85% anterior de su producción en este tipo de llanta, está llanta se esta exportando a los Estados Unidos y Japón, donde las distribuyen a las empresas ensambladoras de autos como la General Motors, Chrysler y GMC.

5. Descripción del Proceso Productivo

El proceso productivo de BFCR involucra diez etapas definidas para la elaboración de llantas; a continuación se detalla:

Figura N 4 “Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Llantas”



5.1 Mezclador Banbury

Aunque las diferentes partes de la llanta requieren distintos tipos de componentes de hule para lograr características específicas, todos los compuestos para la manufactura de las llantas contienen hule natural o sintético, cargas reforzantes, antioxidantes, plastificantes y agentes vulcanizantes. La materia prima es medida específicamente para el tipo de compuesto de hule que será producido y luego es mezclado en el “Banbury”. Al terminar este proceso se obtiene la materia principal (hule), para formar los diferentes componentes de las llantas. Todos los componentes son obtenidos de este material de hule empleando dos procesos: calandrado y tubulado o extrusión.

5.2 Calandrado

En la fabricación de llantas, el calandrado es el proceso en el cual los componentes se obtienen al presionar el hule entre dos grandes rodillos. Las láminas de hule que proceden de la mezcladora Banbury se introducen en molinos donde son calandrados y luego enrollados para su posterior proceso. Los principales componentes que se obtienen en el proceso de calandrado son el sellante, los insertos y las telas. En caso del sellante y los insertos están compuestos únicamente por hule, para las telas se utiliza poliéster, el rayón y el nylon que impregnadas de hule para formar los rollos de telas.

5.3 Cortadoras

En el caso de los rollos de telas, pasan a las cortadoras para ser cortados con ángulo, ancho y largo especificado.

5.4 Steelastic, Aros y Cejas

En Steelastic, es donde se desarrollan las capas de acero para las llantas, estas capas están compuestas por hule y alambres de cobre. Su función básica, es darle forma y resistencia a la llanta.

El aro es alambre de acero revestido de cobre para evitar la oxidación, aislados individualmente por compuestos de hule para evitar la fricción. Su función es la de fijar (anclar) la llanta en el "rin" o aro y deben tener alta resistencia a la ruptura.

Los hilos de alambre alineados, son pasados por una pequeña extrusora, la cual se encarga en una sola pasada de recubrirlos con un hule especial, quedando los hilos aislados entre sí. El resultado es una banda de hule que en su interior contiene los alambres de acero.

La unidad compensadora suministra la banda con alambre de acero, para que sea enrollada continuamente sobre sí misma en un aro el número de vueltas o capas que establezca la especificación.

La ceja queda lista para su utilización en el Departamento de Armado después de que en varias máquinas se le aplica el filler o relleno.

La ceja es la parte de la llanta que hace contacto con el vehículo a través de su aro y le da mayor rigidez. Algunas de las funciones de la ceja son: evitar que la llanta se deforme; mantener la llanta unida al vehículo; transmitir las fuerzas de dirección, tracción y frenado del vehículo.

5.5 Tubuladora

En la máquina tubuladora los compuestos del hule pasan por un molde que distribuye el volumen del hule para formar la parte de la llanta que se va fabricar. El tubulado es el proceso mediante el cual se obtiene el rodado o piso de la llanta, los costados o paredes y los rellenos (filler para la ceja).

Rodado de la llanta: El piso es el compuesto que en la llanta tendrá el contacto con el pavimento. El hule con que está formado debe resistir la abrasión y ruptura.

Paredes: Son las partes laterales de la carcasa; cubiertas por compuestos de hule con una alta resistencia a la fatiga por reflexión.

5.6 Armado de Llanta Verde

La primera etapa de la construcción de las llantas radiales se denomina carcasa. Posteriormente a las carcasas se les coloca sus bandas estabilizadoras y la banda de rodamiento llamado paquete.

Es el área donde convergen todos los materiales y componentes provenientes de tubuladora, cejas, calandra, cortadoras y steelastic.

Sobre el tambor se van enrollando las capas de tela para formar la carcasa o cuerpo de telas de la llanta. Luego de formada la carcasa se coloca la banda de rodamiento y las paredes laterales. El tambor es abatido y el producto obtenido se denomina llanta verde.

En su parte interior las llantas radiales llevan un componente denominado sellante, que es una cámara que no deja escapar el aire, además cuenta en sus extremos con gomas de abrasión que protegen la región de la ceja.

5.7 Vulcanizado

Todos los componentes de la llanta se unen para formar la llanta verde o cruda. Esta se lleva al molde de vulcanización y se coloca sobre una bolsa inflable de vulcanizado. La bolsa se infla para expandir la llanta y que ésta tome forma dentro del molde. La presión comprime la llanta verde forzándola a tomar la figura del molde. Este molde conformará el diseño de la banda de rodamiento.

Durante el proceso de vulcanización, la plancha aplica calor y presión para mejorar la resistencia y elasticidad de los compuestos del hule. La llanta después de salir de la prensa de vulcanización es inflada a presiones especificadas con el objeto de que al enfriarse no pierda sus dimensiones también especificadas.

5.8 Inspección Final

La llanta seguidamente está lista para el acabado final y la inspección. Pasa por un departamento de pelado, donde se le quitan los excedentes de hule. La llanta acabada se examina manualmente y pasa por un optimizador de uniformidad para determinar el punto alto o punto de balanceo. Este punto se marca para que ajuste bien al montarse la llanta en el aro. Después de la inspección, se lleva a la bodega y posteriormente al centro de distribución.

B. Justificación

En la actualidad algunas de las llantas producidas por Bridgestone Firestone de Costa Rica, S.A (BFCR) presentan un problema de sobrepeso, lo que significa que el producto final posee más hule del que se establece en la especificación técnica de producción de la llanta. Debido a lo anterior, se desea conocer cuáles son las causas que generan ese sobrepeso, esto principalmente porque el precio final de la llanta para el consumidor se establece de acuerdo a la cantidad de hule que esta consume al producirse y esta cantidad debería coincidir con las especificación técnica de producción.

Otra situación que se une a esta problemática es el hecho de que la Corporación desea estandarizar los procesos de producción en las distintas plantas (EEUU, Argentina, Brasil, Costa Rica, entre otros), de manera que las llantas que se produzcan tengan las mismas condiciones. Es decir que se cumpla con las especificaciones de hule que se necesita para producir

determinado diseño, pues el precio de la llanta lo establecerá la Corporación de acuerdo a la especificación de producción.

De tal modo si alguna de las distintas medidas de llantas que se producen en Costa Rica tiene problemas de sobrepeso, los costos de la empresa se verán afectados, ya que se están produciendo llantas con más hule de lo especificado. Esta unificación de precios servirá para que no exista competencia entre las plantas de la Corporación, es decir que a la hora de importar o exportar una llanta de otra planta no se tenga que vender o comprar a un precio menor o mayor al que se produce en determinado país, generando con esto diferencias entre los precios que pagará el consumidor y la competencia de productos entre las plantas. A través del presente proyecto se realizará el estudio en una medida de las llantas producidas actualmente, que tenga mayor sobrepeso. Con ello se determinará la causa raíz del problema y aplicar una solución a esta condición. Además este proyecto servirá de consulta para atacar el problema en las demás medidas de llantas que la planta produce con sobrepeso.

C. Objetivos de Investigación

1. Objetivo General

- Determinar y brindar una solución a los factores que influyen en la fabricación de las llantas que actualmente se produce con mayor sobrepeso en BFCR.

2. Objetivos Generales

- Determinar cuál es la medida que se está produciendo con mayor sobrepeso actualmente.
- Analizar cuáles son los componentes de la llanta que influyen más en el sobrepeso de la llanta seleccionada.
- Analizar los procesos de los componentes que tienen sobrepeso, para determinar cuáles son las causas que lo generan a la hora de producir el material.
- Determinar cuál es el costo para la compañía de producir llantas con sobrepeso.

DESARROLLO

A. Metodología

1 Definición del Problema

Esta etapa consiste en delimitar área en la cual se va a enfocar el proyecto. Así las cosas, se determina el problema por analizar y con ello se determinan las acciones o propuestas de mejora necesarias para erradicarlo.

2. Recolección de Información

Una vez definido el problema se recolectará la información relacionada con el producto involucrado. En este caso, recolectar la información de una de las medidas de llantas que se producen actualmente con sobrepeso, dicha información se relacionará con las especificaciones técnicas de producción que deben cumplir esas llantas, para que sean producidas con los estándares establecidos.

3. Diagnóstico de la Situación Actual

Consiste en analizar y desarrollar diseños de experimentos en la producción actual, con el fin de poder determinar los problemas actuales. Se desarrollaron los siguientes pasos:

1. *Identificación de las llantas con sobrepeso:* se realizó un muestreo para determinar las medidas de llantas que tienen problemas de peso, es decir, que sobrepasan las tolerancias específicas.
2. *Muestreo de peso de componentes:* se realizó para localizar el componente que causa el problema de sobrepeso en las llantas.
3. *Análisis de procesos de producción:* una vez determinados los componentes que causan el sobrepeso en la llanta, se analizará el proceso productivo que se utiliza actualmente.
4. *Análisis de causa raíz de problemas de sobrepeso:* a cada proceso que se encuentre generando componentes con exceso de peso se le realizó un análisis que permitió determinar las causas que están generando esta problemática.
5. *Análisis de costos:* se realizó para determinar cuál es el impacto económico sobre los costos de producción que genera producir llantas con sobrepeso.

4 Conclusiones y Recomendaciones

Se establecerán todos los resultados obtenidos al desarrollar el estudio. De modo que se expondrán las conclusiones más importantes, así como los beneficios que se pueden obtener al poner en práctica las soluciones al problema actual, además se plantearán algunas recomendaciones que ayuden a mejorar los aspectos relacionados con los objetivos del proyecto.

B. Análisis y Discusión de Resultados

1. Proceso de Producción

El proceso actual de Bridgestone Firestone de Costa Rica (BFRCR) cuenta con 9 procesos productivos, a saber: Banbury, tubuladoras, cejas, calandra, cortadoras, steelastic, armado, dopado, vulcanizado e inspección final.

La materia prima principal es preparada en el Banbury, de aquí se produce el hule con el cual se fabricarán cada uno de los componentes de la llanta, es decir: el Banbury suministra la materia prima a los procesos de tubuladora, cejas, calandra, cortadoras, y steelastic. El armado es donde se fabrica la llanta en dos etapas diferentes, una vez producida la llanta pasa a vulcanización en

donde la llanta es vulcanizada. Después de vulcanizadas todas deben pasar por inspección final con el propósito de garantizar que toda llanta que ingresa a la bodega cuente con todos los requisitos establecidos por las políticas de la empresa.

Cada uno de los procesos consta de una especificación técnica (Cardex) que indica a los operarios las condiciones con las cuales se debe producir cada uno de los componentes, como por ejemplo: velocidades, temperaturas de las máquinas, tipos y condiciones de los materiales, anchos, pesos, largos y otras características que deben presentar cada uno de los componentes al finalizar el proceso. Todas estas especificaciones son aprobadas y modificadas si es el caso, por los ingenieros químicos y técnicos encargados de cada proceso productivo.

Como se dijo anteriormente en el banbury se produce la materia prima principal (hule) para fabricar los diferentes componentes de las llantas; en tubuladora se producen filler para cejas, paredes y rodados; en la calandra se obtienen los sellantes, telas e insertos para telas; en las cortadoras se realizan los cortes de las telas según lo especifica el cardex para cada medida de llanta; en las cejas se producen los aros, que se unen con el filler y se obtienen las cejas; en steelastic se obtienen las capas estabilizadoras. Todos estos componentes mencionados son para armar la llanta.

El proceso de armado de una llanta consta de dos etapas. En la planta se conoce como la primera etapa la fabricación de la carcasa y la segunda etapa: la fabricación de la llanta verde. Las máquinas que se utilizan para fabricar la llanta en la primera etapa se les conoce como 88's y módulos I etapa, en estas máquinas el operador arma las carcassas, las coloca en una carreta y las envía al operador de segunda etapa utiliza las maquinas que se les conoce como 99's y módulos II etapa.

Para el armado de la primera etapa se utilizan los siguientes componentes: Sellante, tela, cejas, pared negra, y pared banda blanca. Para el armado de la llanta verde se utiliza los siguientes componentes: Carcasa, capas de acero, cap strip, cap ply, spiral layer y rodado.

Cada uno de los componentes tiene un peso en kilogramos, esto con el fin de que la llanta al final tanto en la carcasa como en la llanta verde tengan el peso correcto establecido en la especificación, de modo que la llanta no tenga ni más ni menos hule de lo que se requiere. Es importante mencionar que existe una tolerancia del $\pm 3\%$ del peso para cada llanta permitido por el departamento técnico. Todas aquellas llantas que sobrepasen este rango deben ser analizadas por ese mismo departamento para darles una disposición.

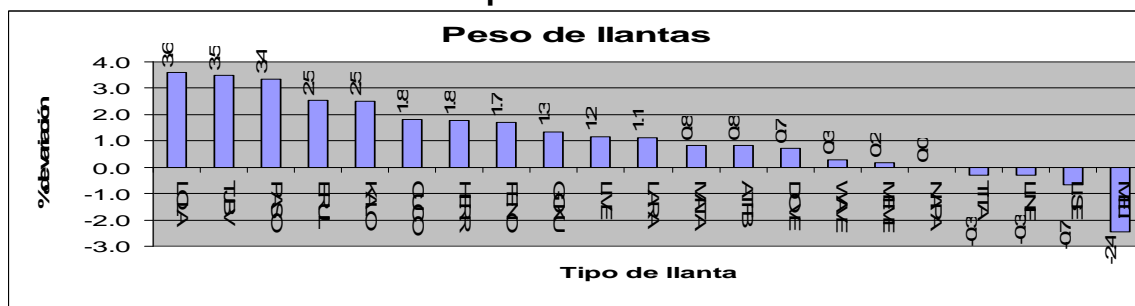
2. Producción Actual

Actualmente BFCR produce 12000 llantas diarias de diferentes diseños tanto en camión, camioneta, pasajero radial y uso temporal (llantas para equipo original). Se sospecha que algunas de las medidas de la producción actual presenta problemas de sobre peso. Por tanto se desea analizar un pequeño

grupo de medidas que son las que actualmente se producen en mayor cantidad, con el fin de confirmar o descartar dicha sospecha en las medidas seleccionadas.

“Según Walpole y Myers (1996) $n = 30$ es una muestra significativa, según el teorema de límite central” en el análisis de muestreo de cada medida y para determinar cual de estas son las que presentan problemas de sobrepeso. De la manera se presenta la información de los datos recolectados. Se detalla cada uno de los pesos para cada medida: el peso especificado, la tolerancia, el promedio de las muestras tomadas, la deferencia que existe entre el promedio y la especificación, el porcentaje de variación que presenta el promedio con respecto a la especificación y la desviación estándar de la muestra. Con lo anterior se obtiene que existen tres medidas con problemas de sobrepeso, es decir que sobrepasan el 3% establecido. A continuación se presenta una gráfica, donde se evidencia la medida que tiene el mayor porcentaje de variación de peso con un 3.6% según el muestreo es P205/75 R15 FR380 (LOLA), por lo que esta medida es la seleccionada para realizar el estudio de sobrepeso.

Figura N 5 “Porcentaje de Variación del Peso con respecto a la Especificación”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández, Departamento de Calidad de BFCR.

Para determinar si con el número de muestras preliminares ($n = 30$), se puede asegurar que el error al estimar μ (población) es menor que (se determina que el error sea menor que 0.05) “De acuerdo a Montgomery (2006) se analiza con la siguiente ecuación”.

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2$$

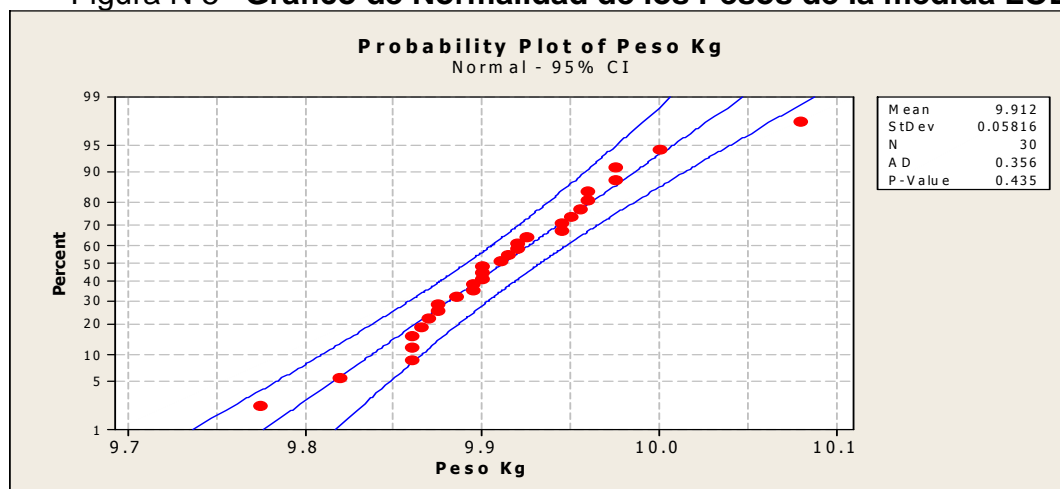
Donde los tamaños de las muestras indican que para las 21

diseños de llantas muestreadas, los resultados llegan a tener una confianza del 95%. Del mismo modo, se supone que los datos recopilados proyectan una tendencia normal, según el teorema de límite central.

Por lo tanto, se puede concluir que de los 21 diseños de llantas muestreadas tres (LOLA, TJBV y PASO), presentan problemas de sobrepeso, pues se encuentran a más del 3% de tolerancia establecido, lo que representa un 14.3% del total de diseños muestreados. Además solo una medida la NAPA, se encuentra de acuerdo con la especificación, pues posee únicamente un 0.007 % de sobrepeso, lo que no es realmente significativo. Por último la MELI es la llanta que presenta problemas de peso al menos con un 2.4 %, sin embargo, se encuentra dentro de la tolerancia según lo especificado.

Con los datos obtenidos en el muestreo de la medida LOLA la cual con un tamaño de muestra igual a 30, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que los datos se comportan normalmente.

Figura N 5 “Gráfico de Normalidad de los Pesos de la medida LOLA”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

“Según Pande, Neuman y Cavanagh (2002) establece que H_0 : es comprobar la normalidad de los datos, por lo observado el valor p indica que hay evidencia estadística suficiente para no rechazar H_0 , pues este tiene un valor de 0.435, que es mayor a $\alpha = 0.05$, por último aplicando el teorema del límite central se puede reafirmar la normalidad de los datos.”

3 Muestreo de Componentes

Un vez seleccionada la medida con problemas de sobrepeso, se comenzará a tomar muestras de los pesos en las etapas de armado, es decir en I etapa (carcasa) y II etapa (llanta verde). Se tomará como referencia la especificación técnica de armado, con el propósito de comparar los pesos reales obtenidos en el muestreo versus los especificados en cardex para cada componente en cada etapa, esto con el fin de determinar cuál de los procesos de armado utiliza componentes con sobrepeso.

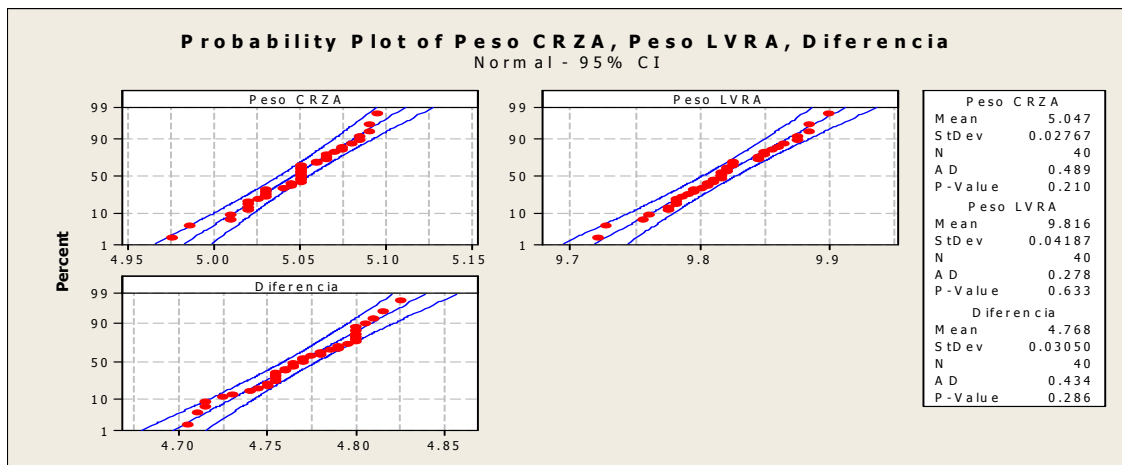
Con el fin de realizar el análisis de una forma objetiva y simple, se tomarán en cuenta las siguientes conclusiones: si el peso de la carcasa está excediendo a lo especificado, significa que alguno de los componentes que la forman están generando sobrepeso es decir, que se deberán tomar muestras de pesos del sellante, telas, cejas y paredes. Por el contrario si el peso de la llanta verde es la que presenta exceso una vez descartada la carcasa esto indicará que los componentes como la capa estabilizadora, cap strip o el rodado son los que están generando el problema de sobrepeso en la llanta verde.

Para determinar cuál de los componentes es o son los que están causando un exceso en el peso de la llanta verde se realizó el muestreo de la siguiente manera: dado que en las llantas se utiliza un código de barras, con el fin de poder generar trazabilidad, en la primera etapa se pesó la carcasa y en la segunda la llanta verde, por consiguiente primero se pesó la carcasa y se anotó el código de barras de la misma, para determinar cuál es el peso de los

componentes de la segunda etapa (el paquete), una vez armada la llanta verde se localizo el respectivo código de barra y se pesó la llanta verde con lo que se obtiene el peso total de la llanta verde y por diferencia se obtiene el peso del paquete. Analizando los datos se detecta que existe un problema de sobrepeso en la carcasa, la cual excede en un 6.35% el peso especificado, esto indica que uno o varios componentes de la primera etapa están provocando este problema. En cuanto al paquete se observa que existe un 1.1% menos del peso con respecto a la especificación, por último con respecto al peso de la llanta verde, se obtiene que existe un 2.6 % de sobrepeso.

En la siguiente figura N 6, se observa que los datos del muestreo de la carcasa, llanta verde y la diferencia entre ambos se comportan normalmente. Se concluye que teniendo un nivel de confianza del 95%, según los valores p de cada prueba hay evidencia estadística suficiente para no rechazar H_0 para la normalidad de los datos.

Figura N 6 “Prueba de Normalidad de los datos de la carcasa, Llanta Verde y el Paquete”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Continuando con el muestreo y conociendo que la carcasa es la que presenta problemas de sobrepeso, se realizó la recolección de datos sobre el peso de los componentes que forman la carcasa. Así se establece que el tamaño de muestra preliminar para cada componente sea de $n=5$.

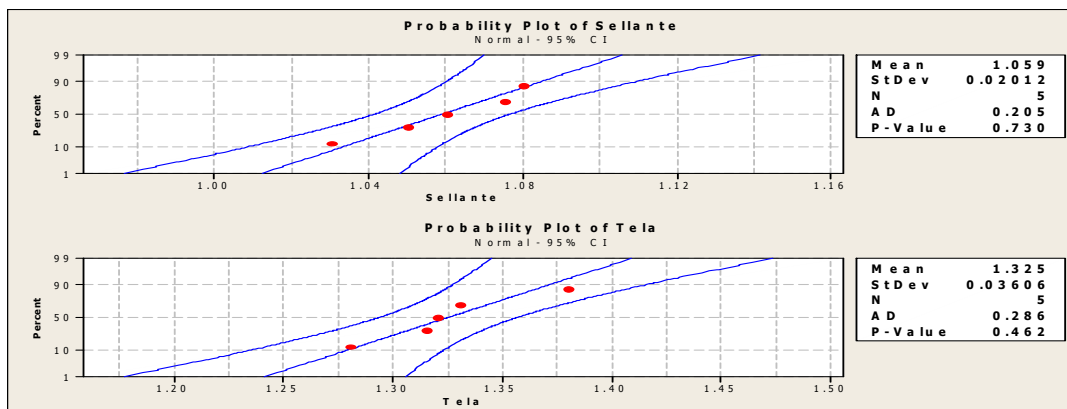
Con este análisis se detectan dos problemas: el principal es que la pared blanca se encuentra a un 55.23% más del peso especificado, lo cual aporta la mayor parte del sobrepeso a la carcasa. El otro problema es que la pared negra se encuentra a un 5.3% menos de lo especificado, esto supera las tolerancias establecidas y a pesar de que no representa un problema de sobrepeso, indirectamente podría afectar el peso final de la carcasa. Partiendo del supuesto de que no existe el problema de peso a menos en la pared negra, manteniéndose esta igual a la especificación (0.8722 Kg.) y si la pared blanca continúa con el problema de sobrepeso actual, al aumentarse el peso de la pared negra proporcionalmente se aumentará el peso de la carcasa a un aproximado de 7.8% agravando con esto el problema de sobrepeso.

Comparando los datos obtenidos con las 5 muestras de componentes se puede observar que el peso total de cada carcasa sumando cada componente, tiene un promedio de 5.07 kg, el cual es muy similar al promedio obtenido con el muestreo de las 40 carcasas, lo que presume que los pesos componentes se comportan de una forma normal, sin embargo estadísticamente no lo podemos asegurar.

“Montgomery (2006) plantea que para poder asegurar que el tamaño de muestras es suficiente con un $n < 30$ para este caso en específico $n = 5$, utilizamos la distribución t de student con el fin de obtener el tamaño de muestra adecuado para el muestreo final, utilizando el promedio y la desviación estándar de cada muestra y requiriendo que la estimación del \bar{X} este dentro de un $\pm 5\%$ (error 0.05) de μ (poblacion), con un nivel de confianza del 95% y v (grados de libertad) = 4, obtenemos que las muestras preliminares son suficientes”. La utilización distribución t de “student” se debe a que se supone que los componentes se comportan de forma normal, además esta distribución es similar a la distribución normal, por lo que estadísticamente podemos basarnos en el teorema de límite central y decir que conforme aumente el n los datos se comportarán normalmente.

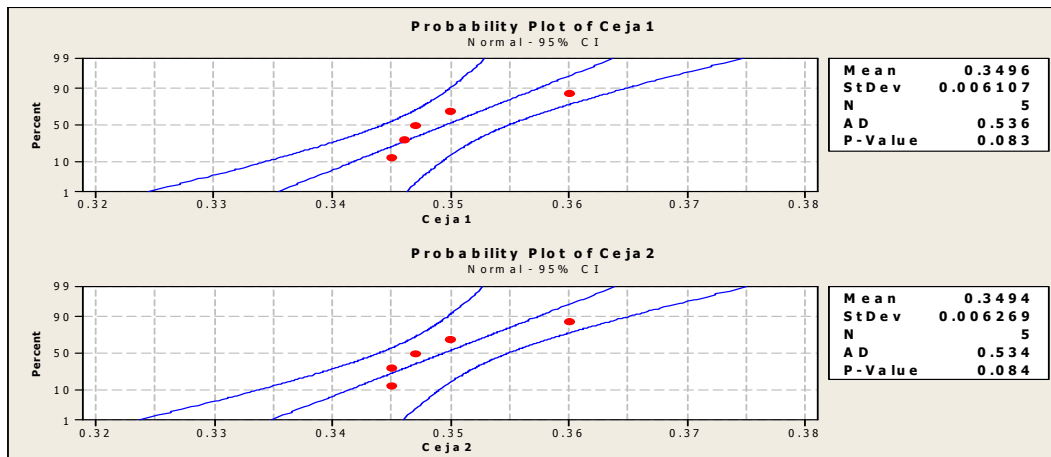
En la figuras N 7, 8 y 9 se muestran las pruebas de normalidad, para cada de los componentes con dos datos obtenidos en el muestreo, lo que se puede observar es que todos los componentes se ajustan a la distribución normal y planteando que H_0 : de comprobar la normalidad de los datos se puede indicar que con un nivel de confianza del 95%, según los valores p obtenidos en cada prueba hay evidencia estadística suficiente para no rechazar H_0 y confirmar los datos se comportan normalmente.

Figura N 7 “Pruebas de Normalidad del Sellante y Tela”



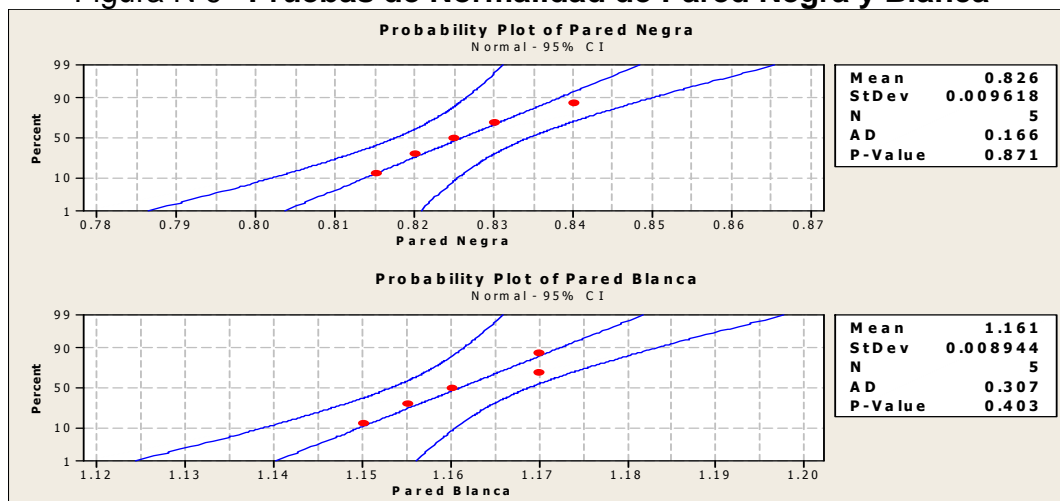
Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Figura N 8 “Pruebas de Normalidad de las Cejas”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Figura N 9 “Pruebas de Normalidad de Pared Negra y Blanca”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

4. Análisis de Capacidad de Proceso

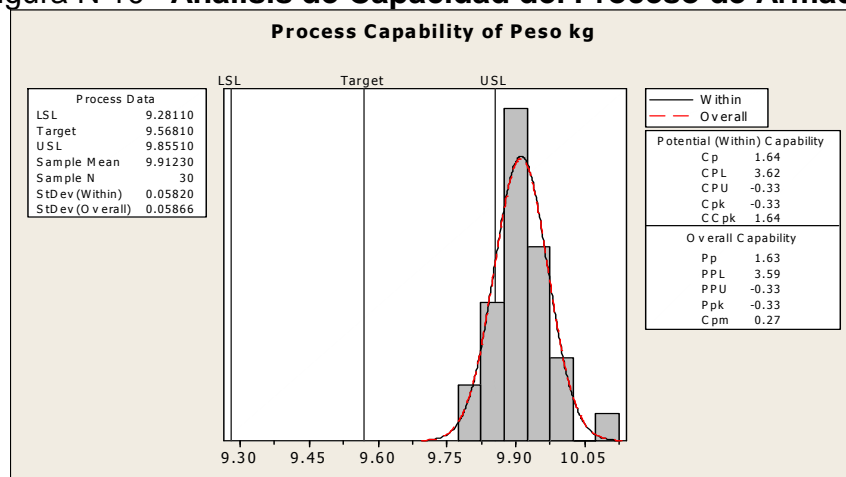
“Según Montgomery (2006) hay que considerar la variabilidad del proceso”, se realizará un análisis de capacidad de proceso para determinar las condiciones actuales del proceso de armado de llantas, tomando primeramente las 30 primeras muestras de llanta verde, con esto se determina que según la Figura N 10, el proceso de armado con respecto a la especificación de peso, se considera preciso pero sin exactitud, esto razonando a que la desviación estándar del proceso es pequeña, lo que significa que es poco variable, sin embargo no cumple con las especificaciones establecidas, por lo que el proceso se encuentra fuera de control.

“Montgomery (2006) plantea que es importante realizar una comparación de los índices de capacidad de proceso cp y cpk obtenidos con las muestras”, de ahí se comparan con los que establece la práctica estándar de BFCR para determinar si el proceso es capaz o no, con lo que se concluye con los datos indicados en la Figura N 10, que el proceso según el valor de cp se encuentra en el rango A, sin embargo según el valor cpk se encuentra en el rango D.

Con este análisis preliminar se podrá hacer una inferencia con respecto al comportamiento de cada uno de los procesos, en este caso para el de armado tanto en I como en II etapa, y para los procesos alimentadores de materiales para la fabricación de las llantas verdes. Sin embargo, para poder basar las conclusiones con técnicas de análisis estadístico adecuadas, se aprovecharán los muestreos realizados anteriormente, para poder concluir de forma adecuada.

Se analizará cada proceso por separado para luego unificar criterios y concluir de una forma general acerca del proceso del armado de llantas.

Figura N 10 “Análisis de Capacidad del Proceso de Armado”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

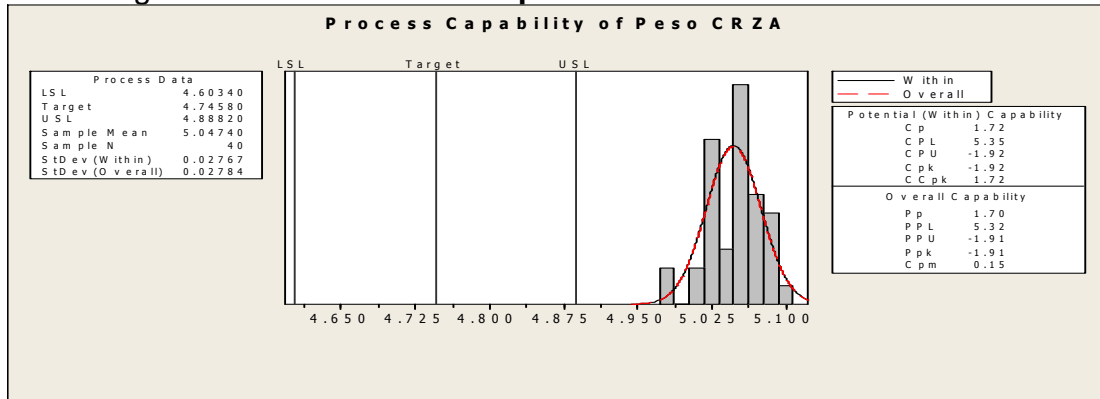
Utilizando los datos del muestreo de 40 llantas, se efectúa un análisis de las etapas de armado, se analizará el armado de la carcasa, del paquete y de la llanta verde. Según lo observado en las Figuras N 11, 12 y 13, se determina que el proceso de armado de la llanta LOLA es un proceso preciso pero no exacto, lo que pone en evidencia que este se encuentra fuera de control. En el Cuadro N 2 se muestran los valores de cp y cpk, además se muestra la clasificación de estos valores según lo establecido en la práctica estándar de BFCR, con lo que se reafirma lo anteriormente mencionado.

Cuadro N 2 “Análisis de Capacidad del Proceso de Armado”

Armado	cp	Cpk	Rango	
			Cp	cpk
Carcasa	1.72	-1.92	A	D
Paquete	1.58	0.99	A	D
Llanta verde	2.28	0.31	A	D

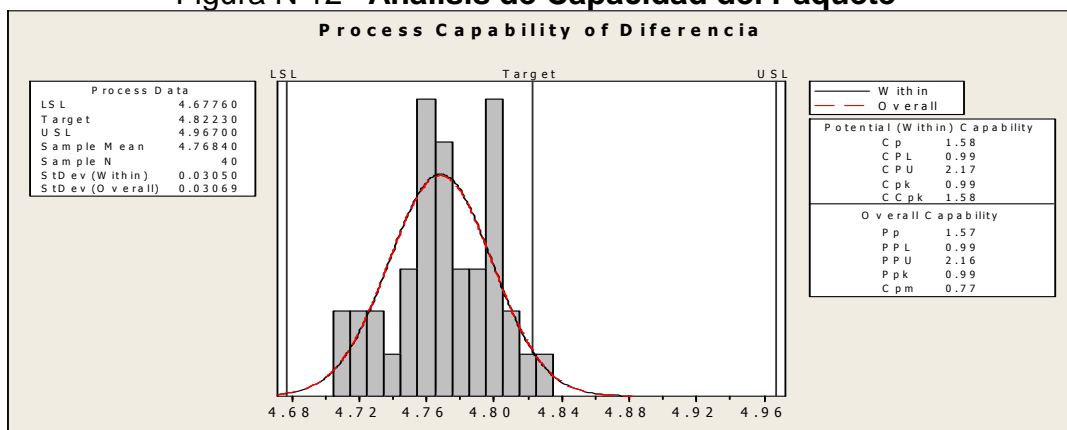
Fuente: Muestreo de Componentes

Figura N 11 “Análisis de Capacidad de Armado de Carcasa”



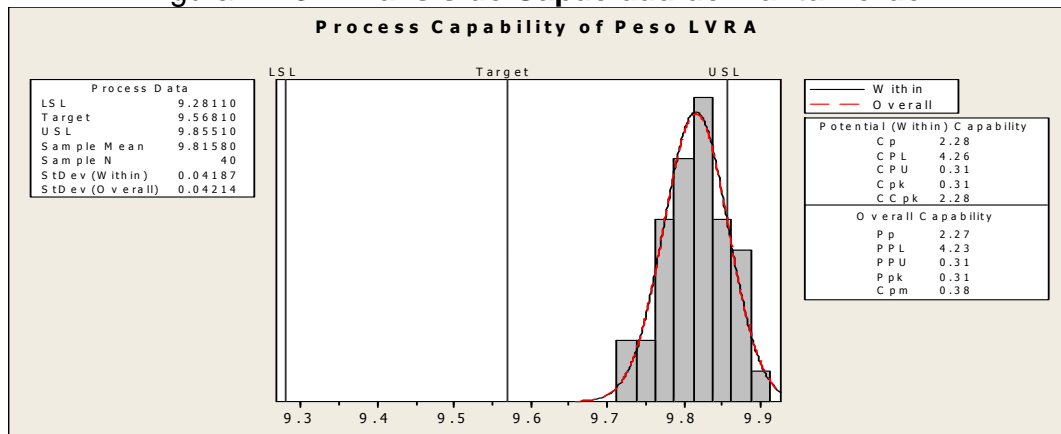
Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Figura N 12 “Análisis de Capacidad del Paquete”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Figura N 13 “Análisis de Capacidad de Llanta Verde”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

Como ya se conoce, cada componente que se fabrica proviene de un proceso antes de llegar a armado, enfocándose a la parte de componentes de la carcasa. En el caso del sellante y las telas se producen en la calandra 1 y 2 respectivamente; la pared blanca y negra se producen en la tubuladora y por último las cejas se producen con materiales de la tubuladora 3 y del proceso de aros.

Para llevar a cabo un análisis de capacidad y conocer cuál es la situación actual de estos procesos que afectan específicamente el armado de la carcasa de la medida LOLA, que en la actualidad presenta problemas de sobrepeso, se necesita tener un número de muestras aceptable que permita obtener resultados confiables; sin embargo, debido a que se cuenta con solamente 5 muestras de los componentes producidos en cada proceso es bastante arriesgado sacar conclusiones con esta cantidad de datos, si bien es cierto lo único que se puede concluir con el análisis de los datos del muestreo, analizando que la desviación estándar de las muestras es pequeña, se podría inferir que la variabilidad del proceso es pequeña por lo que los procesos son precisos, no obstante debido a la variación que se presenta del promedio de las muestras con respecto a las especificaciones y en especial la de las paredes, se puede inferir que el proceso es inexacto.

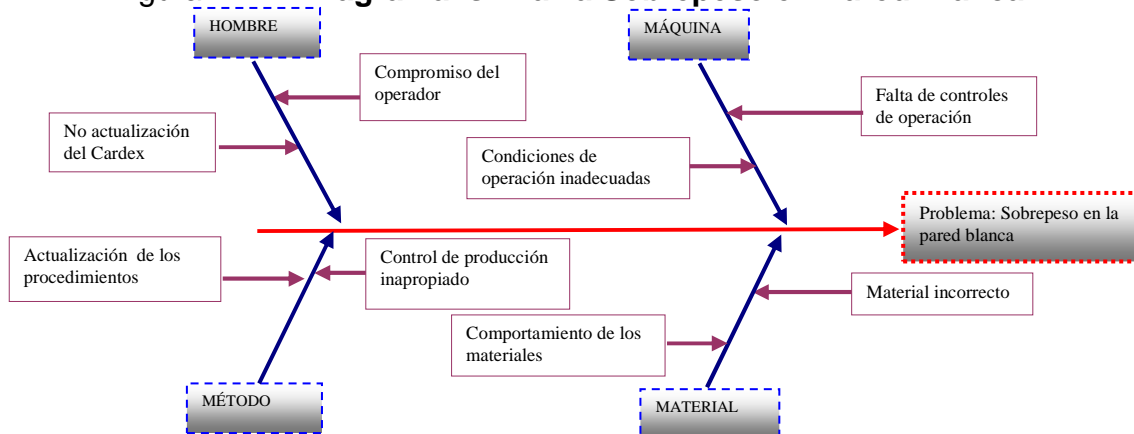
De todo lo anterior se llega a la conclusión general de que el proceso de armado de la llanta verde de la medida LOLA, tomado en cuenta los procesos implícitos en la elaboración de los componentes, es preciso pero inexacto y según lo establecido en la práctica estándar de BFCR la capacidad por variación de proceso es excelente, pero la capacidad de centrado de proceso es pobre.

5 Procesos de Producción con Problemas de Sobrepeso

Con los resultados obtenidos por el muestreo, se establece que el proceso de tubuladora es el que está generando problemas de sobrepeso en la pared blanca. Con la ayuda del código de barras de una de las 40 llantas muestreadas anteriormente, se puede obtener la trazabilidad de cada uno de los materiales utilizados para armar la llanta, por medio de "software" AS400 utilizando en este caso el "Barcode System", se puede observar que en la trazabilidad aparece lote de producción de la carcasa y se despliega cada uno de los componentes utilizados, a cada uno de estos materiales se les puede generar trazabilidad para saber que día, por quien, a que hora y con que lote fueron producidos. La utilización de la trazabilidad sirve en este caso para determinar en que tubuladora fue fabricada la pared blanca, para con ello realizar un análisis de las posibles causas que pueden generar el sobrepeso en este componente.

"Niebel (1993) propone una forma de recolectar la información para la 4M, por medio del diagrama de pescado" que se resume en la Figura N 14 se realizó un recorrido por la máquina y se conversó con los operarios, técnicos y otras personas que conocen el proceso de producción de la pared blanca.

Figura N 14 “Diagrama Ishikawa Sobrepeso en Pared Blanca”



Elaborado por: Ing. Olman Mendoza Fernández Departamento de Calidad

A. Hombre

El factor humano juega también un papel esencial en esta operación ya que del encargado depende que la misma se lleve a cabo adecuadamente. Para que esto sea posible, el colaborador debe contar con la capacitación adecuada. Otro elemento por considerar, es la experiencia de los trabajadores; pues se puede lograr optimizar el desarrollo de la operación, debido a su contacto continuo con dicho proceso, es posible generar información importante para el mejoramiento. Por otro lado para que un trabajador desarrolle sus actividades de una buena manera, no solo se requiere capacitación y experiencia, sino también que la Empresa le ofrezca motivación para que el se comprometa y colabore con los objetivos y políticas de la Compañía, además que le brinde las herramientas necesarias para cumplir adecuadamente con su trabajo.

B. Método

Las operaciones actualmente se emplean pueden estar afectadas por los métodos de trabajo utilizados, es por eso que se debe hacer énfasis en el desarrollo de los procedimientos actuales mediante las inspecciones de esos métodos con su respectiva documentación, de manera que se puedan recopilar aquellas fallas en las operaciones de trabajo.

C. Máquina

Las máquinas son las herramientas principales para la elaboración de la producción, por lo tanto el manejo y control adecuado de todos sus componentes debe estar supervisado por el operador o encargado de turno, de manera que si se detecta alguna anomalía esta sea notificada para evitar fallas mayores. El Departamento de Mantenimiento es el encargado de establecer los planes de mantenimiento tanto correctivos como preventivos, para evitar que la producción se detenga, cabe aclarar que este Departamento debe contar con el apoyo incondicional de la Gerencia para poder desarrollar los lineamientos, planes y estrategias para que las máquinas se encuentren calibradas adecuadamente y en perfecto funcionamiento, de manera que no genere

problema alguno por mal funcionamiento de un componente y con ello minimizar el fallo en todas aquellas operaciones que se consideren críticas.

D Material

El control sobre este factor es vital si se desea producir adecuadamente y con las especificaciones de proceso. En ocasiones el comportamiento de la materia prima, en este caso el hule, es irregular, pues varía de acuerdo a las condiciones ambientales, sin embargo no es un aspecto tan significativo para el peso del producto final.

7 Análisis de Costos

Como se sabe actualmente las compañías buscan ser más rentables y con ello obtener mejor utilización de los recursos que usan para producir sus productos. Como se observó en el muestreo de las 21 medidas de llantas que produce actualmente la planta, solo una de las medidas está dentro del objetivo especificado del peso y varias medidas se encuentran para arriba del 1% del peso especificado, lo que indudablemente genera pérdida de dinero a la Compañía pues cuanto más cantidad de materia prima tenga un componente, menor va a ser su aprovechamiento y mayor el consumo y por lo tanto, mayor el costo de producción.

Actualmente en BFCR los rubros de costo que se utilizan para producir una llanta son: materiales, mano de obra, carga fabril fija y carga fabril variable; con la suma de estos obtiene el total del costo para una determinada medida de llanta, y tomando en cuenta el valor del peso en la especificación divide el costo total entre el peso y obtiene el precio por kilogramo de hule producido.

En el caso de la medida en estudio, en el Cuadro N 3 se puede observar el desglose de cada unos los rubros mencionados anteriormente, además el precio por kg de hule según el peso establecido en la especificación, el valor de las cantidades se encuentra en dólares.

Cuadro N 3 “Costos del Diseño LOLA”

Medida	P205/75 R15 FR380 (2913)	
	Materiales	19.52
	Mano Obra	0.57
	Carga Fabril Fija	6.3
	Carga Fabril Variable	3.97
	Total	30.36
Peso especificado Kg.	9.5681	
Precio por Kg. de hule	3.1730	

Fuente: Departamento de Costos.

Según el Departamento de Programación de la Producción, de acuerdo con los datos que se muestran en el Cuadro N 4, en los últimos seis meses del año 2007 se han producido de esta medida un total de 68,356 llantas y en promedio

se producen 11,392 por mes, lo que representa en total promedio de kg de acuerdo con el peso especificado 654,037 kg en los últimos 6 meses y 13,328 kg por mes.

Mensualmente se programan para producir un promedio de 109 medidas diferentes, lo que representa un promedio de 3,490,364 kilogramos de hule por mes, como se puede observar en el Cuadro N

5.

Cuadro N 4 “Llantas de la Medida LOLA producidas en los últimos 6 meses”

Mes	Ticket de producción llanta Lola
Mayo	11,328.00
Junio	11,328.00
Julio	11,800.00
Agosto	10,800.00
Septiembre	11,400.00
Octubre	11,700.00
Total	68,356.00
Promedio	11,392.00
Total de Kg.	654,037.00

Fuente: Departamento de Programación de la Producción.

Cuadro N 5 “Cantidad General de Medidas Producidas en los últimos 6 meses”

	Medidas programadas	kilos por mes hule
	103	3,420,615.97
	109	3,406,126.01
	109	3,544,139.57
	116	3,496,267.00
	103	3,421,505.92
	113	3,654,726.97
Total	109	3,490,563.57

Fuente: Departamento de Programación de la Producción.

Analizando los costos de la medida en estudio si se toma en cuenta que actualmente las mediada LOLA tiene un 3.02% de sobrepeso, lo que implica que por cada llanta que se produce se esta dando 0.2889 kg, lo que traduciendo a términos de costo representa \$ 0.9168 de perdida por llanta producida. La producción promedio de llantas por mes es de 11,392 lo que significa que se pierden por mes \$ 10,444.15 y por año \$ 125, 330.22.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se solucionó el problema de sobrepeso que existía en la llanta P/205/75R15 FR380, la cual era la que se producía con mayor sobrepeso en BFCR.

- Se determina que: los perfiles de la matriz con la cual se produce la pared blanca, tiene que modificarse en 4 puntos, con el fin de eliminar el exceso de hule y evitar que el componente con código 2415 se fabrique con sobrepeso.
- Existe un error en la especificación de armado, en la cual el peso de la pared banda blanca no es el correcto.
- Existe una diferencia entre los pesos de la pared blanca del cardex de tubuladora y la especificación de armado la cual es de 0.2445.
- Se realiza la modificación para que el peso de la pared banda blanca se corrija en el cardex de armado y pase a ser de 0.7479 kg a 1.1033 kg.
- Los pesos reales de la carcasa y la llanta verde de la medida LOLA deben ser 5.1012 y 9.9235 respectivamente.
- Con la corrección del peso en la especificación, la capacidad del proceso de armado de la llanta verde (de la medida LOLA) paso a ser excelente y el centrado del proceso aceptable.
- El costo de producción se redujo en \$ 0.1135 por kg de hule producido.
- La solución al problema brindado genera un ahorro de \$ 12 553.20 mensuales a la Empresa.
- Al corregir el peso de la pared blanca en la especificación de armado, las pérdidas para BFCR al producir la llanta LOLA en los próximos meses va a ser de \$ 0.
- Con la implementación de las propuestas de solución, BFCR reducirá la tolerancia del peso de los componentes producidos de un 3% a un 1%, lo cual genera las mejoras para la capacidad de centrado de los procesos y reducción en los costos de producción.
- Realizar una revisión de todos los cardex tanto de cada uno de los procesos, como de las especificaciones de armado con el fin de evitar que por errores de documentación se generen pérdidas de dinero para la Empresa.
- Utilizando la metodología que se siguió en este proyecto y estudiar las demás medidas de llantas para determinar cuáles son las causas de sobrepeso, y con ello genera un ahorro de dinero importante para BFCR.
- Enfocarse a solucionar los problemas de sobrepeso en los procesos donde se producen los componentes pues, una vez que la llanta esta armada no se puede realizar ninguna corrección.
- Cada proceso tenga un grupo de mejora con el fin de monitorear los problemas que se presentan con respecto al sobrepeso y, que además, en este grupo puedan participar los operarios de las máquinas involucradas en la generación de problemas de sobrepeso.
- Realizar la mejora de los perfiles de las matrices de la pared blanca y la pared negra de la medida LOLA, con el fin de producir una capacidad de centrado mucho mejor al proceso de armado de la carcasa.

BIBLIOGRAFIA

1. Libros

García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo, Medición del trabajo Ingeniería de Métodos. México: Editorial Mc Graw - Hill, 2000.

Montgomery, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos. México, Limusa Wiley, Segunda Edición, 2006

Pande Peter, Neuman Robert, Cavanagh Roland. Las claves de seis sigma. Editorial Mac Graw Hill, Primera Edición, 2002.

Walpole y Myers. Probabilidad y Estadística. Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición, 1999.

Niebel Benjamín. Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos. Alfaomega Segunda edición, 1993

2. Internet

<http://www.udl.es/usuarios/seio2003/treballs/Tort.pdf>

<http://www.ceroaverias.com/estrategia%20seis%20sigma.htm>

<http://www.isixsigma.com/spotlight/>

<http://www.ge.com/sixsigma/>

<http://www.ge.com/sixsigma/SixSigma.pdf>

<http://www.honeywell.com/sixsigma/>

<http://www.successfulleanmanufacturing.com/>

[http://www.uch.edu.ar/rrhh/Management/Calidad%20Total/Seis%20Sigma%20\(I\).doc](http://www.uch.edu.ar/rrhh/Management/Calidad%20Total/Seis%20Sigma%20(I).doc)

<http://www.isixsigma.com/me/>

<http://www.smartdraw.com/specials/isoflowcharting.asp?id=15243>

<http://www.ovitztaylorgates.com/TheSixSigmaToolBox.html>

<http://www.isixsigma.com/library/content/c020617a.asp>

[http://www.6sigma.us/MeasurementSystemsAnalysis\(MSA\).html](http://www.6sigma.us/MeasurementSystemsAnalysis(MSA).html)

<http://www.qualityamerica.com/QAProducts/greenbelt.htm>