

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Propuesta para la reducción de Producto No-Conforme en el  
Proceso de Reencauche al frío en *INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.***

**Andrés González, Oswaldo Andrade**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero  
Industrial

**Quito, Mayo 2010**

©Derechos de Autor  
Andrés González Vaca  
Oswaldo Enrique Andrade Armijos  
2010

## DEDICATORIA

*Oswaldo*

A mi familia, por su apoyo incondicional. A mi Padre, un ejemplo de decisión, perseverancia y disciplina.

*Andrés*

A mis padres, hermanos y familia, por su apoyo incondicional y por la fe.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos quienes conforman un equipo de trabajo organizado y comprometido con la mejora continua: Ing. Javier Pérez-Anda, Ing. Roberto Wohlgemuth, Ing. Guillermo Jarrin, y todos quienes conforman *INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.* Gracias por su apertura y colaboración.

## **RESUMEN**

El presente proyecto busca desarrollar una propuesta para la disminución de ajustes por producto no-conforme en el proceso de reencauche al frío en INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. El proyecto basa su proceder en la metodología de análisis y mejora Seis Sigma. Se siguen los cinco pasos de la metodología (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) empleando herramientas específicas en cada etapa. Se plantea un conjunto de acciones de mejora en donde destaca la ejecución de un diseño experimental para la optimización de uno de los sub-procesos críticos para la calidad del producto (vulcanizado). Finalmente se analiza la factibilidad técnica y económica de las mejoras propuestas estableciendo un plan de implementación y control.

## **ABSTRACT**

This project seeks to develop a proposal to decrease adjustments due to defective product in the cold retreading process at INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. The project is based upon the Six Sigma methodology. The five steps of this procedure (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) are followed using specific tools at each stage. A set of improvement actions were established and evaluated. The implementation of an experimental design stands out to optimize one of the critical sub-processes (Curing). Finally, the technical and economic feasibility is analyzed for all proposed improvements and a plan of implementation and control is established.

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo General: .....	1
1.2. Objetivos Específicos:.....	1
1.3. Antecedentes: .....	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
2.1. Descripción del Giro de Negocio e Historia: .....	3
2.2. Organigrama:.....	4
2.3. Marco Estratégico: .....	6
2.4. Cadena de Valor: .....	10
2.5. Lista Maestra de Procesos: .....	12
2.6. SIPOC.....	13
3. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1. Métodos y Estándares de Trabajo .....	15
3.2. Metodología Seis-Sigma:.....	16
3.2.1. Reseña Histórica .....	17
3.2.2. La Estrategia .....	17
3.2.3. DMAIC.....	18
3.2.4. Resumen.....	19
3.3. Control Estadístico de la Calidad: .....	20
3.4. Diseño de Experimentos.....	22
3.4.1. El diseño estadístico de experimentos .....	24
3.4.2. Secuencia lógica para el Diseño de Experimentos: .....	25
4. PRIMERA ETAPA: DEFINIR .....	26
4.1. Definición del Equipo de Trabajo .....	26
4.2. Definición del Problema.....	27
4.2.1. Uso de las 4W y 1H.....	27
4.3. Levantamiento de Procesos Productivos.....	28
4.3.1. Proceso de Recepción de Carcasas .....	29
4.3.2. Proceso de Inspección Inicial.....	29
4.3.3. Proceso de Raspado.....	30
4.3.4. Proceso de Cardeo .....	30

4.3.5.	Proceso de Reparación y Cementado.....	30
4.3.6.	Proceso de Resanado-Relleno .....	31
4.3.7.	Proceso de Embandado.....	31
4.3.8.	Proceso de Vulcanizado.....	31
4.3.9.	Proceso de Inspección Final .....	32
4.3.10.	Proceso de Distribución .....	32
4.4.	Desglose de Costos de Producción del Proceso Actual .....	32
4.5.	Enunciado Final del Problema .....	36
4.6.	Project Charter.....	36
5.	SEGUNDA ETAPA: MEDIR .....	36
5.1.	Históricos e Información Valiosa.....	37
5.2.	Determinación de Línea Base y Capacidad del Proceso .....	41
5.2.1.	Comportamiento del Proceso .....	41
5.2.2.	Capacidad Real del Proceso .....	47
6.	TERCERA ETAPA: ANALIZAR .....	50
6.1.	Análisis de Causalidad.....	50
6.2.	Análisis de Actividades Críticas para el Proceso y para la Calidad ..	67
6.2.1.	Vulcanizado.....	67
6.2.2.	Reparación .....	68
6.2.3.	Preparación-Cardeo .....	70
6.2.4.	Inspección Inicial .....	70
7.	CUARTA ETAPA: MEJORAR .....	72
7.1.	Propuesta de Mejora para el Proceso de Vulcanizado .....	72
7.1.1.	Materiales y equipo necesario:.....	72
7.1.2.	Equipo Humano:.....	72
7.1.3.	Procedimiento De Diseño De Experimento Para Especificación De Factores En Autoclave Salisbury. ....	73
7.1.4.	Establecimiento de Factores y Niveles:.....	74
7.1.5.	Diseño Del Experimento:.....	76
7.1.6.	Puntos Centrales .....	77
7.1.7.	Establecimiento De Punto Frío:.....	77
7.1.8.	Preparación de las Llantas:.....	78
7.1.9.	Realización De La Corrida: .....	79
7.1.10.	Medición De Resultados .....	79

7.1.11.	Documentación y Análisis De Resultados.....	80
7.1.12.	Optimización .....	97
7.1.13.	Establecimiento De Parámetros De Funcionamiento:.....	99
7.2.	Propuesta de Mejora para el Proceso de Reparación .....	100
7.3.	Propuesta de Mejora para proceso de Preparación .....	100
7.4.	Propuesta de Mejora para proceso de Inspección Inicial .....	101
7.5.	Plan de Mejora.....	102
7.6.	Estudio de Factibilidad de las Acciones Propuestas-Análisis Financiero.....	102
7.6.1.	Desglose del Costo Total del Proyecto .....	102
7.6.2.	Procedimiento para el análisis: .....	102
7.6.3.	Resultados .....	103
8.	QUINTA ETAPA: CONTROLAR.....	105
8.1.	Plan de Control .....	105
8.1.1.	Requerimientos: .....	105
8.2.	Plan de Comunicación .....	107
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
9.1.	Conclusiones .....	107
9.2.	Recomendaciones .....	108
10.	BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS .....	110

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 ORGANIGRAMA INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.....	5
FIGURA 2. CADENA DE VALOR DE LLANtera OSO .....	11
FIGURA 3. DIAGRAMA SIPOC- INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.....	14
FIGURA 4.LÓGICA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS .....	22
FIGURA 5. SECUENCIA PARA DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	25
FIGURA 6 DIAGRAMA DE PARETO DESGLOSE COSTOS DE PRODUCCIÓN ...	34
FIGURA 7.PARETO DICTÁMENES-TIPOS DE AJUSTES .....	39
FIGURA 8. DIAGRAMA DE PASTEL PORCENTUAL DE AJUSTES.....	40
FIGURA 9.PARETO ASIGNACIÓN DE AJUSTES A PROCESOS.....	40
FIGURA 10.CARTA DE CONTROL FRACCIÓN DISCONFORME SEMANAL.....	43
FIGURA 11. PRUEBA DE NORMALIDAD FRACCIÓN AJUSTES .....	44
FIGURA 12. PRUEBA DE NORMALIDAD DATOS MODIFICADOS.....	45
FIGURA 13.CARTAS DE CONTROL OBSERVACIONES INDIVIDUALES .....	47
FIGURA 14. ANÁLISIS DE CAPACIDAD FRACCIÓN AJUSTES .....	49
FIGURA 15.PROCEDIMIENTO ANÁLISIS CAUSA EFECTO .....	50
FIGURA 16. CAUSA-EFECTO AJUSTES VULCANIZADO .....	52
FIGURA 17. CAUSA-EFECTO POR TIPO DE FALLO VULCANIZADO .....	55
FIGURA 18. CAUSA- EFECTO TIPO DE FALLOS EN REPARACIÓN .....	60
FIGURA 19. CAUSA-EFECTO FALLOS EN REPARACIÓN .....	61
FIGURA 20.CAUSA-EFECTO TIPO DE FALLO POR PREPARACIÓN .....	63
FIGURA 21. CAUSA-EFECTO FALLOS EN PREPARACIÓN.....	64
FIGURA 22. CAUSA-EFECTO TIPO FALLOS POR INSP. INICIAL .....	66
FIGURA 23. FLUJO PARA DISEÑO EXPERIMENTAL EN VULCANIZADO .....	73
FIGURA 24. PASOS PARA LA MEDICIÓN DE RESULTADOS .....	80
FIGURA 25. NIVELES Y PUNTOS CENTRALES DEL DISEÑO .....	81
FIGURA 26. GRÁFICO DE MITAD DE PROBABILIDAD NORMAL.....	82
FIGURA 27. GRÁFICA DE PARETO DE LOS FACTORES .....	83
FIGURA 28. ERROR ESTÁNDAR LLANTA CONVENCIONAL .....	88
FIGURA 29.ERROR ESTÁNDAR LLANTA RADIAL.....	88
FIGURA 30. GRÁFICO DE PROBABILIDAD.....	91
FIGURA 31. GRÁFICO DE RESIDUALES VS. CORRIDA .....	92
FIGURA 32. GRÁFICO DE INTERACCIÓN LLANTA CONVENCIONAL.....	93
FIGURA 33. GRÁFICO DE INTERACCIÓN LLANTA RADIAL .....	93
FIGURA 34. GRÁFICA DE CONTORNO LLANTA CONEVCIONAL.....	94
FIGURA 35. GRÁFICA DE CONTORNO LLANTA CONVENCIONAL.....	95
FIGURA 36. GRÁFICA DE SUPERFICIE LLANTA RADIAL.....	95
FIGURA 37. GRÁFICA DE SUPERFICIE LLANTA CONVENCIONAL .....	96
FIGURA 38. GRÁFICA DE CUBO.....	97
FIGURA 39. GRÁFICA DE CONTORNO VALORES DESEADOS .....	98
FIGURA 40. GRÁFICA DE SUPERFICIE AREA DE OPTIMIZACIÓN.....	99
FIGURA 41. PROCEDIMIENTO ANÁLISIS FINANCIERO .....	102
FIGURA 42. SISTEMA DE CONTROL.....	105

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LLANTERA OSO .....	9
TABLA 2.LISTA MAESTRA PROCESOS .....	12
TABLA 3.DMAIC .....	19
TABLA 4. EQUIPO DE PROYECTO SEIS SIGMA .....	26
TABLA 5. CONTRIBUCIÓN POR RUBRO A COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	33
TABLA 6. DATOS DE PRODUCCIÓN Y AJUSTES SEMANAL CONFIDENCIAL .....	42
TABLA 7.RANKING INPUT ANALIZER .....	46
TABLA 8. TABLA DE INTERRELACIONES ENTRE CAUSAS .....	57
TABLA 9. TABLA DE INTERRELACIONES CAUSA-PROCESO .....	58
TABLA 10. MATRIZ DE INTERRELACIONES INSP. INICIAL .....	65
TABLA 11. VALORACIÓN DE ACTIVIDADES VULCANIZADO.....	68
TABLA 12. VALORACIÓN ACTIVIDADES REPARACIÓN.....	69
TABLA 13. VALORACIÓN DE ACTIVIDADES PREPARACIÓN .....	70
TABLA 14. VALORACIÓN DE ACTIVIDADES INSP. INICIAL .....	71
TABLA 15. FACTORES Y NIVELES PARA DISEÑO EXPERIMENTAL .....	76
TABLA 16. MODELO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	77
TABLA 17. RESPUESTAS DEL DISEÑO- VARIABLES CODIFICADAS .....	81
TABLA 18. ANÁLISIS ANOVA .....	84
TABLA 19. ANÁLISIS ANOVA FACTORES.....	84
TABLA 20. ANOVA MODELO COMPLETO.....	85
TABLA 21. ESTADISTICOS DEL ANOVA .....	85
TABLA 22. INTERVALOS DE CONFIANZA PARA COEFICIENTES.....	89

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivo General:

- El objetivo general del proyecto es desarrollar una propuesta viable para la disminución de ajustes por producto no conforme en el proceso de reencauche al frío, manteniendo un proceso de manufactura eficiente con valores aceptables en las medidas de desempeño de calidad. Se pretende analizar el funcionamiento actual de la planta en búsqueda de oportunidades de mejora para el proceso de reencauchado, teniendo como eje de desarrollo un esquema de proyecto Seis Sigma.

## 1.2. Objetivos Específicos:

- Medir el desempeño del proceso de reencauche al frío en función de la cantidad de producto no conforme generado por ajustes (índice de calidad de la empresa).
- Realizar un levantamiento de procesos estableciendo las fuentes de fallo en la calidad del producto final.
- Desarrollar una propuesta de mejora que sea técnica y económicamente sustentable para disminuir el índice de ajustes del 5% al 1.5%, usando:
  - Diseño experimental.
  - Métodos y estándares de trabajo.
  - Análisis financiero
- Presentar un plan de implementación y control de las mejoras propuestas.

## 1.3. Antecedentes:

- *INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.* es una empresa de manufactura dedicada al reencauche, importación y distribución de llantas en todo el país desde hace 70 años.
- “Actualmente el proceso de reencauche en el Ecuador es de alrededor del 12% del total de neumáticos” (Explored). Lo que se considera un

porcentaje bajo en relación a los otros países. Esto nos da la pauta del amplio potencial de este sector industrial.

- En los últimos años, y de acuerdo al positivo crecimiento de la responsabilidad ambiental, según el artículo citado anteriormente, se tiene como objetivo que el proceso en el Ecuador llegue a niveles similares a los de Colombia, en los que alcanza un total del 30% de las llantas. En Estados Unidos el reencauche alcanza un 75% del total de las llantas según el mismo artículo.
- Alrededor del 20% de las llantas que entran al proceso son rechazadas en la inspección inicial, esto de acuerdo a criterios de selección en los cuales se establece si la llanta esta o no en condiciones de ser reencauchada. (Perez-Anda)
- En la planta de producción *INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.* uno de los costos más significativos para la empresa es el pago de su *Garantía Total*, en donde están obligados a retribuir llantas nuevas a clientes que hayan recibido llantas reencauchadas defectuosas. De igual forma la empresa está incurriendo en costos por producto no conforme que debe ser reprocesado o en el peor de los casos desechado cuando existen defectos por ajustes. Se estima que los costos entre ajustes y pago de garantías asciende a cerca del 9% de los costos totales de producción. (Perez-Anda)
- Considerando el análisis anterior, y sabiendo que los ajustes están directamente relacionados a fallos en la calidad del proceso de reencauche, se prevé optimizar el proceso y por ende reducir el producto no-conforme a través de la metodología Seis Sigma.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1. Descripción del Giro de Negocio e Historia:

En Agosto de 1939, una familia de origen Alemán, migrantes de la segunda guerra mundial, debido a la necesidad de llantas que invadía el mundo por motivo de la guerra, fundaron, en el centro de Quito, bajo el hotel Magestic, un negocio mixto llamado, "*Oso Llantera Nacional y Lavandería Química*".

En los años 50's la planta se pasa al sector de la Floresta. Posteriormente, 4 de noviembre de 1970, Allende sube al poder y otra vez los migrantes de otros países formarían parte de la historia de la empresa. Un grupo turco-árabe, migrantes de Chile, vendrían a la ciudad de Quito, y comprarían la parte del negocio "LLANTERA OSO", dejando la lavandería Química a sus dueños originales.

En el año 1973, Assad Bucaram estaba por subir al poder, y el rumor de una prohibición de la importación de llantas se hacía fuerte en el país. Debido a esto, nace la idea, como dice el Ing. Roberto Wohlgemuth, Gerente actual de la llanta, "entonces... reencauchemos". Aprovechando esta oportunidad, la familia compra el negocio al grupo de empresarios chilenos, comenzando la historia de la familia Wohlgemuth y LLANTERA OSO.

En el año 1985 el barrio la Floresta es declarado zona residencial por el municipio, por lo que se toma la decisión de pasar la planta reencauchadora al sector de la avenida Eloy Alfaro. En el local de La Floresta, nace un gran negocio pero de corta duración, SERVITECA de LLANTERA OSO, en la cual se ofrece el servicio de vulcanización, alineación y balanceo de llantas, siendo pioneros en este negocio en el país.

Los problemas financieros debido a la guerra con el Perú en 1994 y la crisis económica de 1998-1999, llevaron a la liquidación de la venta al detal y se cierra SERVITECA de La Floresta. En el año 2001-2002 planta se traslada a su

ubicación actual, comenzando una nueva era para un negocio multi-generacional muy reconocido en el país. (Wolgemuth)

## **2.2. Organigrama:**

INDUSTRIAL OSO TIRES S.A., razón social de la empresa, se maneja como una organización funcional liderada por un gerente general, el Sr. Roberto Wohlgemuth. Bajo su gerencia general encontramos a un Director Comercial, un Gerente de Planta, y un Gerente Financiero. Bajo la Gerencia de Planta se encuentra un Jefe de Planta y los operarios. Bajo la Gerencia Financiera tenemos el área contable que consta de alrededor de tres personas. Finalmente bajo la dirección comercial encontramos la fuerza de ventas y distribución. En total, la empresa se compone de alrededor de 37 personas. En la Figura 1 se muestra el diagrama de la estructura organizacional de la empresa.



### 2.3. Marco Estratégico:

Tomado del marco estratégico propio de la empresa.

#### Misión:

*“Producir y mercadear en forma rentable nuestros productos y servicios a un precio justo, con la más alta calidad, para beneficio de nuestros clientes y el bienestar de nuestros asociados y accionistas.”*

#### Visión:

*“Creemos en Ecuador, en su gente, en desarrollar su máximo potencial mental y espiritual para comprender, modificar y disfrutar nuestro medio, tanto interno como externo, y mantener el liderazgo a través de la excelencia en todo lo que hacemos para deleite de nuestros clientes y asociados.”*

#### Análisis Situacional (FODA):

##### *FORTALEZAS:*

- Más de 70 años de experiencia
- Conocedores del Negocio (*know how, expertise*)
- Talento humano (altas competencias)
- Estructura organizacional sencilla.
- Gerencia comprometida al desarrollo y permanencia en el mercado.
- Renovación tecnológica reciente. (instalación de nueva y mejor maquinaria)

##### *OPORTUNIDADES:*

- Al dar impulso a la materia prima nacional, los costos de este rubro se reducirían considerablemente (solventes y químicos)
- Demanda de reencauche en el país esta despuntando considerablemente esto se evidencia por el crecimiento de la

industria en el país, hoy por hoy existen reencauchadoras con varias sucursales a nivel nacional. (Wolgemuth)

- Medidas arancelarias a importaciones para fabricación de producto nacional están bajando.
- Campañas y medidas Medio Ambientales, incentivan al reencauche de llantas.

#### *DEBILIDADES:*

- Baja participación de mercado. Alrededor del 8% del total del país.
- Procesos de toda la organización aun no están bien definidos.
- Renovación de Personal

#### *AMENAZAS:*

- Entorno político y legal.
- Sistema financiero nacional, poca capacidad de crédito y financiamiento.
- Competencia goza de altos capitales financieros (Durallanta, La Europea).
- Precio variable del petróleo compromete precio de materia prima (Bandas de Rodamiento).
- Incrédula percepción del consumidor con respecto a la fiabilidad de las llantas reencauchadas.

#### Factores Críticos de Éxito:

- Ofrecer un producto de primera calidad es un factor crítico de éxito para la compañía debido a que, al ser un producto que podría poner en riesgo la seguridad física de los usuarios, no podrá haber tolerancia con respecto a fallas de fabricación.
- El tiempo de respuesta es uno de los factores críticos de la compañía, ya que una de las exigencias del cliente es la devolución de sus carcasas ya reencauchadas en un tiempo

mínimo, siendo siempre un factor crítico y en el cual se busca ventaja competitiva sobre los clientes. El tiempo de fabricación y entrega promedio es de alrededor de 2 días mientras la competencia maneja tiempos de entrega cercanos a los 4 días.

- La entrega de las órdenes completas y según lo especificado es un factor crítico en la compañía. Las necesidades del cliente deben ser satisfechas según lo pactado y no por partes.
- La atención y servicio de primera es otro factor crítico. La cordialidad, y respeto hacia los clientes es clave para el desarrollo positivo del negocio.
- La innovación y el *know how* son críticos para el éxito de la compañía, la calidad y el costo de producción están directamente relacionados con la experiencia en el negocio.

#### Valores Corporativos:

- *Respeto*: mantener conductas que no agredan la integridad física ni psicológica, tanto dentro de la organización, como en la relación con el cliente.
- *Sentido de Rapidez*: todas las actividades que se realicen deberán realizarse de forma ágil y efectiva, ahorrando tiempo y dinero para la empresa.
- *Decencia*: promover un espíritu de respeto y, basándose en la premisa básica de que el cliente siempre tiene la razón, respetar y hacer respetar a los miembros, clientes y proveedores de la organización, sin juzgar sus valores, creencias o diferencias sociales, económicas, políticas o religiosas.
- *Puntualidad*: Respetar la puntualidad en el horario establecido. Tomar en cuenta que la puntualidad en el puesto de trabajo es una obligación del trabajador respecto a su empleador. Para ser puntual primeramente debemos ser conscientes que toda

persona, evento, reunión, actividad o cita tiene un grado particular de importancia. Nuestra palabra debería ser el sinónimo de garantía para contar con nuestra presencia en el momento preciso y necesario.

- *Honestidad*: mantener a todo momento el concepto básico de respetar el bien ajeno y decir siempre la verdad en cualquier ocasión que se presente en la organización.

\* Valores obtenidos de la entrevista con las gerencias.

#### Objetivos Estratégicos de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A:

Los objetivos estratégicos que se definieron junto con la gerencia se presentan en la Tabla 1.

<b>RECURSOS FINANCIEROS</b>	<b>CLIENTES/MERCADO</b>
Mantener un flujo de caja positivo en todos los meses del año.	Aumentar en un 150% las ventas directas al consumidor final
Aumentar las utilidades en un porcentaje fijo mensual (aun no definido)	Mantener la cuota actual de mercado por sub-distribuidores.
Mantener una razón de efectivo positiva y creciente.	Establecer una mejora continua en indicadores de servicio al cliente.
Mantener un valor positivo de la razón corriente.	Educar a los clientes con respecto a los requerimientos y buen trato de las carcasas, como bienestar económico para ellos.
<b>PROCESOS INTERNOS</b>	<b>APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO</b>
Mejora continua de los procesos internos.	Capacitar continuamente al personal.
Mantener una comunicación interna eficiente.	Mantener al personal motivado con el fin de obtener un buen desempeño.
<b>Reducir los ajustes en un 90%.</b>	Mantener la rotación de personal al mínimo posible.
Reducir al mínimo los desperdicios.	Mantener una relación positiva con Fortalecer a los proveedores críticos.

Tabla 1. Objetivos Estratégicos de LLANTERA OSO

Como podemos observar, uno de los objetivos estratégicos de la organización es la reducción de AJUSTES (Producto No-Conforme). Justamente en este punto es donde se alinea y toma forma el presente trabajo de titulación.

#### **2.4. Cadena de Valor:**

Junto con la Gerencia General de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. se realizó la siguiente Cadena de Valor que describe a groso modo el funcionamiento global de la organización:

## CADENA DE VALOR LLANTERA OSO S.A.

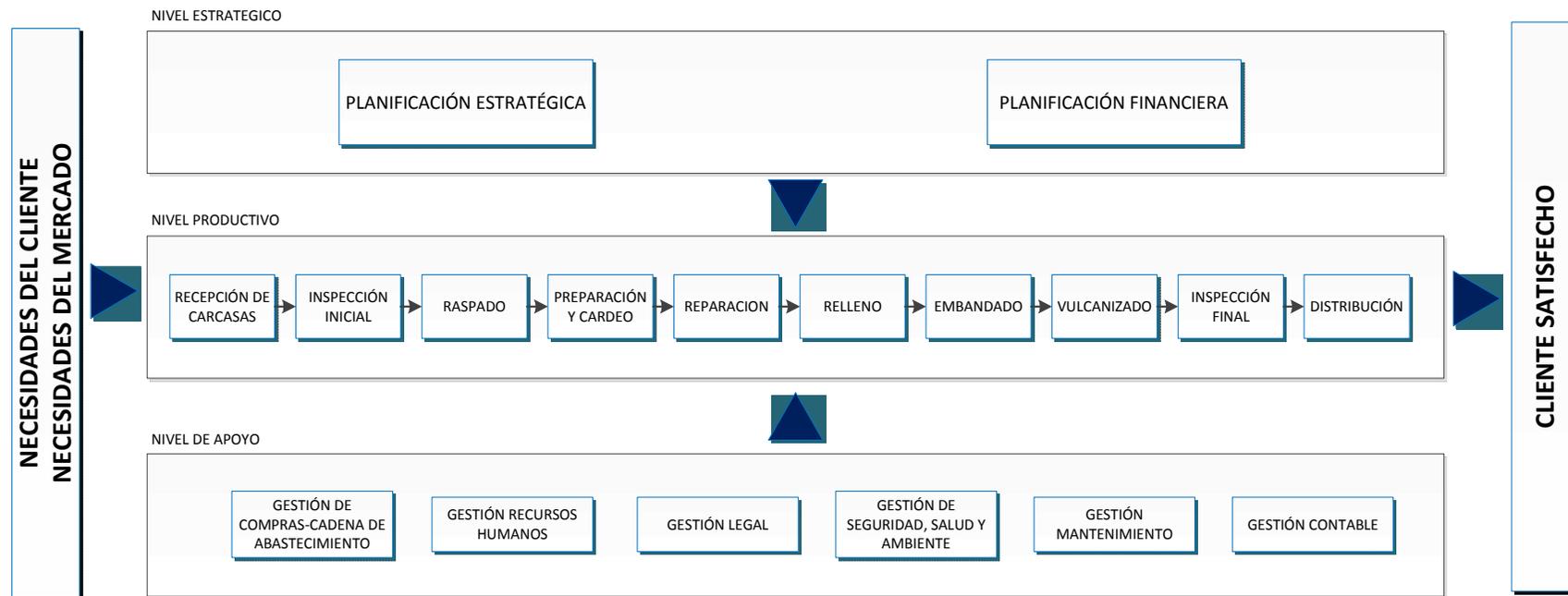


Figura 2. Cadena de Valor de LLANTERA OSO

## 2.5. Lista Maestra de Procesos:

De igual forma y con la ayuda de Gerentes y concedores de los procesos se plasmó la siguiente tabla maestra de procesos. Posteriormente en este trabajo se desarrollará el levantamiento de los procesos productivos de fabricación que son de especial interés para los objetivos de este proyecto.

LISTA MAESTRA DE PROCESOS-INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.		
Tipo/Jerarquía	MACRO-PROCESOS	PROCESO
GOBERNANTES	Planificación Financiera	Presupuesto Anual
		Proyección de Utilidad Anual
	Planificación Estratégica	Programación de Producción
		Búsqueda de Nuevos Mercados
Captación de Clientes		
PRODUCTIVOS	Proceso de Fabricación	Recepción de Carcasas
		Inspección Inicial
		Raspado
		Preparación y Cardeo
		Reparación
		Relleno
		Embandado
		Vulcanizado
	Inspección Final	
Proceso Distribución	Distribución-Entrega	
HABILITANTES	Proceso Administrativo-Contable	Contabilidad
		Administración de Inventarios
		Pago de Nómina
		Contratación de Bienes y Servicios
		Facturación
		Cobro
	Proceso de Recursos Humanos	Contratación de Personal
		Capacitación de Personal
	Proceso Legal	Obtención de Patentes
		Obtención de Registros
		Aseguramiento de Maquinaria
	Proceso de Compras	Adquisición de Materia Prima
		Compra de Insumos
	Proceso de Mantenimiento de Maquinaria	Compra de Herramientas y Maquinaria
Subcontratación		

Tabla 2. Lista Maestra Procesos

## **2.6. SIPOC**

El diagrama SIPOC permite hacer una introspección al proceso de reencauche en frío. La utilización de esta herramienta permite tener una imagen inter-funcional de las actividades en un solo diagrama, manteniendo una perspectiva general del proceso, las herramientas, clientes, proveedores y sistemas involucrados.

A continuación se presenta el diagrama SIPOC que se desarrolló junto con las distintas gerencias de la empresa:

## DIAGRAMA SIPOC - INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO PRODUCTIVO	SUB- PROCESO	SALIDA	CLIENTE
CONFIDENCIAL	Carcaza	RECEPCIÓN DE CARCAZAS		Carcaza Identificada	Inspección Inicial
	Grapas			Master Order	Administración de Procesos
	Master Order	INSPECCIÓN INICIAL	Carcaza Aprobada	RASPADO	
	Carcaza Identificada				
	Master Order				
	Pintura				
	Tiza				
	Lezna				
	Cuchillas	RASPADO	Carcaza Raspada	REPARACIÓN - CARDEO	
	Carcaza Aprobada	REPARACIÓN - CARDEO	Carcaza Reparada	REPARACIÓN - CEMENTADO	
	Carcaza Raspada				
	Piedras				
	Turbina				
	Cemento Butilo-Sol				
	Lezna				
	Butilo	REPARACIÓN - CEMENTADO	Reparación de Orificios	Carcaza Reparada-Cementada	RELLENADO
	Parches				
	Coal Fabric				
	Limpiador Químico				
	Solvente		Cementado		
	Piedras				
	Turbina				
	Tiza				
	Cemento				
	Cojín	RELLENADO	Carcaza Rellenada	EMBANDADO	
	Tira Mini extruder	EMBANDADO	Llanta embandada	VULCANIZADO - ENSOBRETADO	
	Cuerda de Nylon				
	Banda				
	Cojín				
	Grapas				
Tela					
Marquilla	VULCANIZADO- ENSOBRETADO	Ensobretado	Llanta ensobretada	Vulcanizado	
Disco de Corte					
Envelope					
Tubos		Vulcanizado			
Defensas					
Aro Lubricante					
Llanta ensobretada	INSPECCION FINAL	Llanta terminada	DISTRIBUCION		
Diesel					
Empaques					
Tecusob					
Telas					
Cemento				INSPECCION FINAL	Llanta terminada
Piedras					
Tungsteno					
Sticker					

Figura 3. Diagrama SIPOC- Industrial Oso Tires S.A.

\*La información con respecto a proveedores y materia prima es confidencial por lo que no se muestra en el diagrama.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Métodos y Estándares de Trabajo

El objetivo de los métodos y estándares de trabajo es minimizar los tiempos en los que se realizan las tareas en un sistema productivo. De igual forma buscan mejorar continuamente la calidad y confiabilidad de productos y servicios, minimizando los costos sin descuidar el uso de los mejores materiales directos e indirectos. Paralelamente se busca maximizar la seguridad, bienestar y productividad de las personas involucradas, mejorando las utilidades del negocio.

Los conceptos básicos utilizados en la ingeniería de métodos son los siguientes:

- Estándares: Son el resultado final del estudio de tiempos o medición del trabajo; que permiten establecer un tiempo estándar para hacer una tarea determinada, sobre la base de la medición del contenido de trabajo de un procedimiento preestablecido, con las consideraciones de tolerancias por fatiga, necesidades personales y demoras ineludibles.

(Cisneros).

- “Un proceso es efectivo cuando genera un producto o servicio que cumple consistentemente con los requerimientos del cliente, logrando su plena satisfacción.” (Cisneros)

- “Un proceso es eficiente cuando genera un producto o servicio haciendo la mejor utilización posible de los recursos.” (Cisneros)

- “Un proceso es flexible cuando es capaz de adaptarse ante las necesidades cambiantes de los clientes” (Cisneros)

- “ACTIVIDAD.- Conjunto de tareas, organizadas con alguna dinámica, con un claro inicio y fin, que permite producir una salida o un resultado para una subsiguiente actividad o cliente.”

- "TAREA.- Es la unidad fundamental del trabajo en un proceso y puede ser definida como una acción que produce una salida y que puede utilizar una o varias entradas."

El fin de la utilización de los métodos y estándares de trabajo es producir un producto de calidad siendo efectivos y eficientes, logrando reducir el tiempo de producción al contenido básico de trabajo, eliminando trabajos suplementarios y tiempos improductivos al menor costo posible.

Para esto las empresas buscan la orientación a los procesos y se utilizan diferentes herramientas para lograr el fin antes propuesto. Estas herramientas son las siguientes:

- Mapeo y diagramación de procesos.
- Estudio de tiempos y movimientos.
- Análisis de valor agregado.

La administración enfocada a los procesos es otro punto clave de las compañías de clase mundial. Esta metodología está enfocada en el cliente, define claramente los puntos de contacto, el responsable de cada proceso, las medidas de desempeño y las bases para el desarrollo y mejora continua de los mismos.

Para llegar a ser una empresa de clase mundial el análisis de la operación de las compañías es muy importante. En este se definen elementos de diseño, manejo de materiales, movimientos, planificación de las estaciones de trabajo, establecimiento de tolerancias y especificaciones y utilización de sistemas poka-yoke. Estas herramientas son la base de la ingeniería industrial para la optimización de procesos. (Cisneros)

En general los métodos y estándares de trabajo en un sistema de manufactura constituyen la estructura sobre la cual se va a desarrollar el proyecto Seis-Sigma.

### **3.2. Metodología Seis-Sigma:**

### **3.2.1. Reseña Histórica**

En el mundo empresarial actual, el mantenerse como empresa sólida y competitiva depende en gran parte de las estrategias y filosofías de negocio que se adopten. La metodología Seis Sigma, que se ha hecho especialmente popular en las últimas décadas es tanto una filosofía como una estrategia de negocios que busca la mejora en la calidad de los procesos atado en la mayoría de los casos a una mejora en resultados financieros. Seis-Sigma es, según expertos una efectiva herramienta para resolución de problemas. (Navarrete)

La filosofía de negocio Seis Sigma aparece en el año de 1982 en la multinacional MOTOROLA. Se le adjudica el desarrollo de la herramienta al ingeniero Bill Smith, colaborador del área de Calidad y al CEO en ese tiempo, Bob Galvin. En su esfuerzo por reducir la variabilidad en los procesos y reducir fallas en los equipos de televisión que fabricaban en aquel entonces, la herramienta se ejecuta con fantásticos resultados a corto plazo. Esta estrategia de negocio se popularizó posteriormente gracias a General Electric, compañía que supo potencializar la herramienta en muchos de sus procesos. (Pyzdeck, 2003)

Los resultados de la aplicación de la estrategia se ven reflejados en los indicadores financieros, tanto así que se calcula que hoy en día, Motorola ha ahorrado cerca de 11 billones en costos de producción con un incremento de cerca del 13% anual en su productividad. Se sabe que las compañías que han adoptado la estrategia pueden lograr ahorros importantes, aumentando rentabilidad y productividad, pues sus procesos mejoran en porcentajes cercanos al 70% en la mayoría de casos de éxito. (Navarrete, 2009)

### **3.2.2. La Estrategia**

Seis-Sigma es una estrategia de negocio que ataca dos perspectivas al mismo tiempo. La primera perspectiva tiene que ver con los requerimientos técnicos de análisis y evaluación, de ahí que la metodología basa su accionar en herramientas estadísticas. Esta base estadística permite garantizar de forma técnica los problemas y sustentar posibles soluciones. La segunda

perspectiva tiene que ver más con el enfoque al cliente, pues a la larga lo que busca la estrategia es cumplir con las necesidades del cliente generando producto y/o servicios que cumplan con las especificaciones demandadas por los clientes. (Pyzdeck, 2003)

La estadística en Seis-Sigma busca ajustar el desempeño de un proceso a un comportamiento de 6 desviaciones estándar. Dicho de otra forma, se busca una reducción considerable en la variabilidad de los procesos haciendo que los límites de especificación estén a seis desviaciones estándar de la media del proceso. Con esto se busca que la media del proceso puede desviarse hasta 1.5 desviaciones estándar del objetivo. Lo que se garantiza encasillando a los procesos dentro de este comportamiento es hacer que la probabilidad de errores sea altamente improbable. Se ha calculado que en un “Proceso Seis-Sigma” la probabilidad de que un producto sea no defectuoso es del 0,9999998. Esto se traduce en un máximo de 3,4 defectos por cada millón de oportunidades de tener un defecto (DPMO). (D. C. Montgomery)

### **3.2.3. DMAIC**

La metodología Seis-Sigma sigue un procedimiento esquemático de 5 pasos, con la finalidad última de llegar a mejorar un proceso dentro de parámetros aceptables. Los pasos del DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) según “The Six-Sigma Handbook” de Pzydek, se presentan en la siguiente tabla junto con un maletín de herramientas que comúnmente se usan para cada fase:

FASE	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS
<b>Definir</b>	En esta fase se definen las metas del proyecto de mejora. Es importante mencionar que en esta fase una fuente para definir metas es mediante la voz del cliente. Las metas del proyecto deben estar ligadas a las metas estratégicas de la organización considerando objetivos financieros y de procesos internos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujograma</li> <li>• Graficas de Proceso</li> <li>• 4W1H</li> <li>• Histogramas</li> <li>• Voz del Cliente</li> <li>• Project Charter</li> </ul>
<b>Medir</b>	En esta fase se recopila los datos del sistema en cuestión, estableciendo parámetros y las medidas de desempeño correspondientes para la medición del proceso. La determinación de la capacidad del proceso y la línea base de desempeño es vital.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control Estadístico de Procesos</li> <li>• Estudios de Capacidad del Proceso</li> <li>• Hojas de Verificación</li> <li>• Diagramas de Dispersión</li> <li>• Data Mining</li> </ul>
<b>Analizar</b>	En esta fase se hace el estudio del comportamiento del sistema una vez recopilados los datos. Se evalúa la situación actual y se la compara con la situación deseada. Se busca la causa raíz mediante métodos cualitativos y cuantitativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lluvia de Ideas</li> <li>• Diagramas Causa Efecto</li> <li>• Diagramas de Afinidad</li> <li>• Grafico de Pareto</li> <li>• Diagramas de Interrelación</li> <li>• Simulación</li> <li>• Justificación de costos</li> <li>• ANOVA</li> <li>• Pruebas de Hipótesis</li> <li>• AMEF</li> </ul>
<b>Mejorar</b>	La clave en esta fase es ser técnico y creativo en las mejoras que se van a proponer. Las mejoras deberán ser sustentables y alcanzables, con planes de acción bien definidos. Las mejoras deben ser justificadas estadísticamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de Experimentos</li> <li>• Control estadístico de Procesos</li> <li>• Estudio de Capacidad</li> <li>• Simulación</li> <li>• Las 7 magnificas de la Calidad</li> </ul>
<b>Controlar</b>	Consiste en establecer planes y procedimientos para asegurar que las mejoras propuestas sean sustentables en el tiempo y se mantengan activas. Además deberán establecerse sistemas de monitoreo del proceso para evidenciar el aporte real de la mejora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control estadístico de Procesos</li> <li>• Diagramas de Verificación</li> <li>• Diagramas de dispersión</li> <li>• Procedimientos</li> <li>• Sistemas Fools Proof o Poka Yoke</li> </ul>

Tabla 3.DMAIC

### 3.2.4. Resumen

En general la estrategia de Negocio Seis-Sigma tiene un potencial enorme para la mejora integral de sistemas productivos tanto en manufactura como en servicios. Los conceptos que utiliza esta metodología son claros y la base estructural de la misma es la estadística. Seguir el DMAIC, empleando

las herramientas que sean de más utilidad para el caso específico desencadenara en mejoras viables y sustentables que den un valor agregado al proceso y por ende a la organización.

### **3.3. Control Estadístico de la Calidad:**

El control estadístico de la calidad para un proyecto Seis-Sigma es vital. Mediante los métodos dictaminados por el control estadístico se puede verificar cuantitativa y gráficamente el comportamiento, el desempeño y la capacidad de un proceso en función de una dimensión de calidad establecida.

“El control estadístico de la calidad trata de los métodos estadísticos y otras técnicas para resolver problemas dirigidos a mejorar la calidad de los productos (bienes y servicios) utilizados en nuestra sociedad.” (Vergara)

Tomando en cuenta esta definición, se hace necesario el saber que es un producto de calidad, el cual es aquel que obteniendo ciertas características deseadas por el cliente, cumple con las expectativas del mismo o las excede. Para la aplicación del control estadístico de la calidad esta definición no es suficiente, por lo que se ha evolucionado y debatido en este tema llegando a la definición moderna en la cual se la trata como una relación inversa a la variabilidad.

La reducción en la variabilidad de los productos da como resultado una mejora en la calidad, la cual se ve reflejada directamente en los costos y dimensiones del producto.

Teniendo claros los conceptos anteriormente descritos, se hace más fácil definir el papel del control estadístico de la calidad, el cual utiliza métodos estadísticos y estrategias para disminuir y controlar la variabilidad.

#### Herramientas Utilizadas:

##### *Muestreo de aceptación:*

Técnica estadística utilizada en base a un muestreo por lotes de producción, en el cual se logra ahorros del 10% en relación a los ahorros por el control dentro de línea de producción. Es generalmente más utilizado para el aseguramiento de la calidad de los productos como requisito básico pedido

por los clientes en una cadena de suministro. Esta técnica no de retroalimentación, no es preventivo ni lleva a un mejoramiento de la calidad.

*Control de Procesos en Línea:*

Técnica estadística que utiliza diagramas de control, y otras herramientas para lograr mantener el sistema de producción bajo control. Provee herramientas para el análisis y retroalimentación de los ingenieros, con la cual pueden tomar decisiones en búsqueda de la reducción de la variabilidad. Para el control de procesos en línea se establecen los siguientes pasos principales:

- Recolección de datos, los cuales son la entrada básica para el análisis y control de una variable aleatoria de interés.
- Inferencia estadística: La realización de estimaciones de parámetros y pruebas de hipótesis para poder establecer conclusiones de una muestra según un nivel de confianza determinado.
- Definición del tipo de variación en los procesos, en la pieza misma, de una pieza a otra, o de un periodo de tiempo a otro.
- Establecimiento de causas fortuitas y asignables de la variabilidad en los procesos.
- Establecimiento de tipo de diagrama de control a utilizarse, por variables o por atributos.
- Determinación del estado del sistema, bajo control o fuera de control.
- Determinación de la capacidad del proceso.
- Utilización de herramientas para reducir la variabilidad y mitigar causas asignables.

Los diagramas de control de procesos son una herramienta probada y muy utilizada en la industria ya que han demostrado su efectividad en la prevención de defectos, ayudan a prevenir ajustes innecesarios en el proceso, proporcionan información de diagnóstico y sobre la capacidad del proceso.

Utilizando esta herramienta se buscará establecer los procesos bajo control y las pérdidas que actualmente se están dando en cada uno de los procesos, posteriormente se procederá a mitigar las causas asignables y a valorar los costos incurridos y beneficios obtenidos. (Vergara)

### 3.4. Diseño de Experimentos

El diseño y análisis de experimentos es una de las herramientas para analizar y mejorar en la metodología Seis Sigma.

Un experimento según Montgomery es una prueba o serie de pruebas en las cuales se hacen cambios en los datos de entrada del proceso, factores a los cuales está sujeto, para descontrolándolo, ver como estos cambios y en que magnitud afectan a la salida (resultados) del proceso. (D. Montgomery)

En la ingeniería la experimentación desempeña un papel importante en el diseño de nuevos productos así como en la mejora y establecimiento de parámetros de producción.

Esta herramienta permite y tiene como fin el establecer los criterios en los cuales se optimiza una respuesta sujeta a ciertos factores.

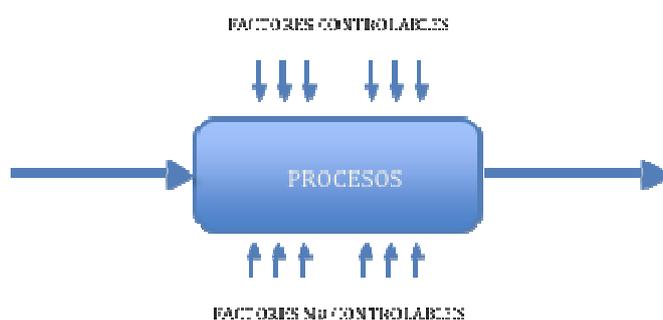


Figura 4. Lógica del Diseño de Experimentos

Los objetivos de un experimento según Montgomery pueden comprender los siguientes (D. Montgomery):

- Determinar cuáles son las variables, factores  $x$ 's que tienen mayor influencia sobre una salida  $y$ .
- Determinar cuál es el ajuste de las  $x$ 's que tiene mayor influencia para que  $y$  este casi siempre cerca de la especificación deseada.
- Determinar cuál es el ajuste de las  $x$ 's que tiene mayor influencia para reducir la variabilidad en la salida  $y$ .

- Determinar cuál es el ajuste de las  $x$ 's que tiene mayor influencia para que los efectos de las variables no controlables  $z$ 's sean mínimos.

Existen diferentes tipos de estrategia de experimentación, dependiendo del tipo de experimento y de la situación en la que este envuelto el mismo.

- **Enfoque de la mejor conjetura:** utilizado por ingenieros y científicos, en el cual se establece en función de la experiencia y del conocimiento teórico de los procesos en los cuales esté involucrado. Posee como desventaja que se podrían generar una cadena de conjeturas hasta encontrar la válida sin tener una secuencia que te asegure que vas a llegar a establecerla. Además no se puede llegar a saber si la conjetura encontrada es realmente la óptima, sino que se podría llegar a terminar las pruebas al encontrar una solución satisfactoria.
- **Enfoque de un factor a la vez:** este método consiste en seleccionar un punto de partida para cada factor, e ir variando uno a la vez en un rango establecido, de esta manera se va estableciendo como y en que tasa afectan cada uno de los factores a la respuesta. La desventaja de usar este tipo de análisis es que no se toma en cuenta la posible interacción entre factores, por lo cual no se tiene información de cómo reacciona la variable de respuesta a un cambio simultáneo en las  $x$ 's.
- **Experimento factorial:** Cuando se tiene más de un factor en un experimento el enfoque correcto de experimentación es el llamado factorial. En este se hacen variar en conjunto los factores  $x$ 's para ver como afectan a la salida  $y$ . Existen diferentes tipos de diseños factoriales los cuales dependen de la cantidad de factores a utilizarse, los niveles a medirse en los mismos, los bloqueos en relación a la capacidad de realizar las corridas, entre otros. En el diseño factorial se hace un uso más eficiente de los datos experimentales, ninguna otra estrategia, según Montgomery, hace un uso tan eficaz de datos obtenidos

### 3.4.1. El diseño estadístico de experimentos

Es el proceso mediante el cual se busca planear la realización del mismo de tal manera que se obtengan los datos necesarios y adecuados que permitan hacer conclusiones confiables y objetivas.

#### 3.4.1.1. Principios básicos:

- **Realización de replicas:** Repetición del experimento básico que permite obtener una estimación del error experimental, la cual se convierte en la unidad de medición básica para determinar si las diferencias observadas en los datos son estadísticamente diferentes. También permite el obtener una estimación más precisa sobre el efecto de un factor específico al realizar una comparación entre medias.
- **Aleatorización:** Es la base del uso de métodos estadísticos en el diseño experimental, en la cual se determina que tanto la asignación de material como el orden de realización de las corridas se realizaran al azar. Esto es básico ya que uno de los requisitos de los métodos estadísticos es que las observaciones, o errores, sean variables aleatorias con distribuciones independientes, además de que ayuda a sacar del promedio los efectos de los factores extraños que pudieran estar presentes.
- **Formación de bloques:** Es una técnica que ayuda a mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre factores de interés, utilizándola para reducir la variabilidad transmitida por factores que pueden influir en la respuesta experimental pero en los que no existe un interés específico. (D. Montgomery)

### 3.4.2. Secuencia lógica para el Diseño de Experimentos:

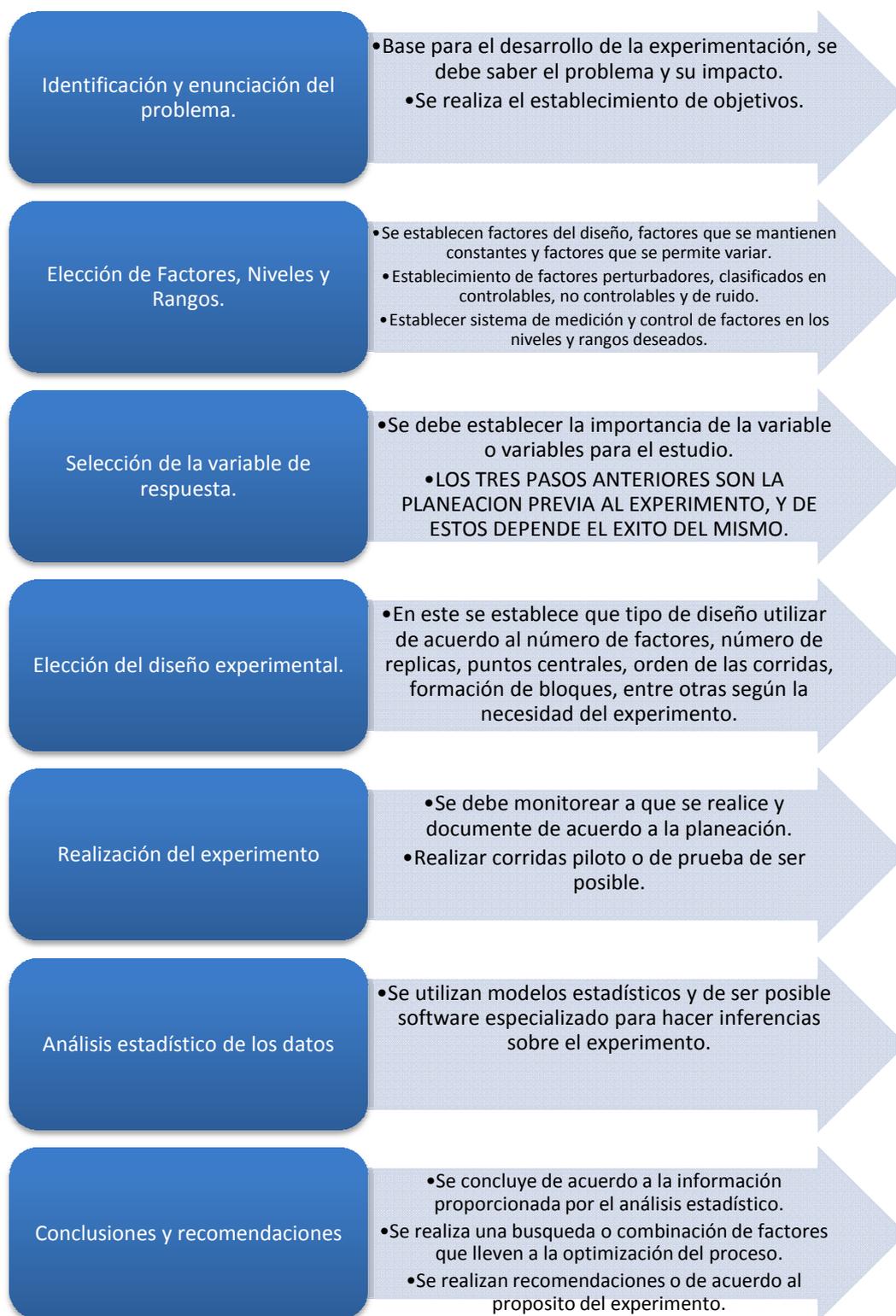


Figura 5. Secuencia para Diseño de Experimentos

## 4. PRIMERA ETAPA: DEFINIR

### 4.1. Definición del Equipo de Trabajo

Para el desarrollo del proyecto se deben establecer primeramente un equipo de trabajo, tanto con personas involucradas en el proceso, así como con expertos y personas externas que sepan sobre la tecnología.

EQUIPO DE TRABAJO		
NOMBRE	ROL	DISPONIBILIDAD
OSWALDO ANDRADE	LIDER SEIS SIGMA	100%
ANDRES GONZALEZ	LIDER SEIS SIGMA	100%
JAVIER PEREZ ANDA	DUEÑO DEL PROCESO	100%
ROBERTO WOHLGEMUTH	ASESOR POR EXPERIENCIA	60%
WEIMAR GIL	ASESOR POR EXPERIENCIA	25%
FERNANDO VACA	ASESOR TECNICO	10%
VICTOR NOROÑA	OPERADOR LIDER	100%
LUIS LEMA	OPERADOR LIDER	100%

Tabla 4. Equipo de Proyecto Seis Sigma

El equipo que se ha establecido cumple con fortalezas técnico-teóricas así como de experiencia en el reencauchado. Se involucra de igual manera a operadores líderes, con experiencia y actitud positiva hacia la empresa, para de esta manera lograr la participación del resto de operadores así como una apertura al cambio.

También se encuentra involucrado Roberto Wohlgemuth, Gerente General y accionista de la empresa, que tiene conocimiento del negocio e interés en la mejora continua de su empresa.

Javier Pérez-Anda, dueño del proceso y Gerente de Producción, es uno de los actores y principales involucrados, sin él, la programación y adaptabilidad de los recursos no pudiese ser posible.

Fernando Vaca es Ingeniero Mecánico y tiene especializaciones en caucho realizadas en el exterior así como experiencia en el trato, producción y desarrollo de productos de este material. Es un gran asesor técnico que ha ofrecido compartir sus conocimientos técnicos abierta y desinteresadamente para la consecución positiva de este proyecto.

## 4.2. Definición del Problema

### 4.2.1. Uso de las 4W y 1H

- WHAT?:

Industrial Oso Tires S.A. al ser una reencauchadora que maneja volúmenes importantes de producción, se ve afectada por la cantidad de producto no-conforme que se genera en su macro proceso de fabricación. Por la especial naturaleza del producto que se fabrica y por la falta de tecnología de detección temprana, muchas veces los defectos de las llantas reencauchadas no son detectados en piso, sino una vez que se han entregado y han sido utilizadas por el cliente. Es justamente aquí donde nace un problema con el que la empresa ha venido luchando por varios años, los *ajustes*. Estos ajustes no son más que los reclamos de los clientes por problemas con sus llantas.

La empresa revisa estas llantas y dictamina si en efecto los problemas de las llantas se deben a defectos de fabricación o a negligencia del cliente. La empresa mantiene una política de garantía total para sus llantas. Está obligada a devolver (mediante notas de crédito) un porcentaje del valor cancelado por el cliente en relación al nivel de desgaste de la llanta. La cantidad de ajustes que se reciben y se aceptan es relativamente alta, representando un costo elevado como se verá posteriormente en el desglose de costos. De todas formas queda claro que la *cantidad o porcentaje de ajustes* es una variable del proceso que se busca reducir, de ahí que se la puede considerar como la variable de respuesta a atacar en el presente proyecto.

- WHEN?:

Los ajustes ocurren cuando el cliente reclama los defectos de sus llantas y la empresa los aprueba como verdaderos problemas de

fabricación. Los ajustes son un problema que se presenta con altísima frecuencia, alrededor del 5% de la producción semanal.

- WHO?:

Todos quienes forman parte del proceso de reencauche comparten responsabilidad en el problema de ajustes. Esto incluye a operadores y personal administrativo que tiene a su cargo todos los procesos de fabricación.

- WHERE?:

El problema de ajustes es un problema de no-conformidad de producto, es un problema de fabricación al no cumplir con estándares de calidad, por lo tanto sucede en cualquiera de los **procesos productivos de fabricación**: inspección inicial, raspado, cardeo, reparación, resanado, embandado, vulcanización, producción final o incluso en procesos gerenciales como programación de producción.

- HOW?:

Los ajustes o defectos suceden por cualquier falla en el cumplimiento de los estándares de trabajo y los estándares de calidad por parte de los dueños de los distintos procesos productivos. Más adelante en el trabajo se investigarán las causas raíces de los defectos para de esta forma indagar en los procesos críticos que más están afectando a la generación de defectos. De todas formas es vital, el estudio de todos los procesos productivos para tener una idea general del proceso de fabricación. Esto es justamente lo que se pretende en el siguiente literal.

### **4.3. Levantamiento de Procesos Productivos**

Es de suma importancia, en la realización de un proyecto de mejora como lo es un proyecto Seis Sigma, que todos los procesos involucrados estén bien definidos. Esto es un aporte directo para definir el problema y ubicarlo dentro de un proceso específico. Como se mencionó en la realización de las 4W y

1H, el problema de ajustes puede darse en cualquiera de los procesos productivos de fabricación, de ahí la importancia de tener estos procesos bien definidos. INDUSTRIAL OSO TIRES S.A no tenía sus procesos correctamente definidos, de ahí la necesidad de levantarlos, estandarizarlos y registrarlos. Se procedió al levantamiento de estos procesos conjuntamente con sus dueños y con la gerencia de producción quien finalmente validó este trabajo. A continuación se detalla los procesos que fueron levantados:

#### **4.3.1. Proceso de Recepción de Carcasas**

El proceso de recepción es el primer paso para arrancar con el reencauche de una llanta. En este proceso, el cliente o bien el vendedor dejan las carcasas (llanta gastada) en la planta en donde se las recibe y se genera la documentación respectiva de cada llanta. Esta documentación incluye el diseño y tipo de labrado que desea el cliente así como la constancia de recepción. Una vez registrada la llanta se procede hacia inspección inicial. El flujograma realizado para este proceso se presenta en el **Anexo 1**.

#### **4.3.2. Proceso de Inspección Inicial**

Una vez registrada e ingresada la llanta, se procede a revisarla para verificar que la misma pueda ser reencauchada. El proceso de inspección inicial es un proceso crítico para el reencauche de llantas al frío, en este se debe verificar las cualidades y capacidades de las carcasas para ver si son aptas para ser reencauchadas. Se debe observar que las carcasas que ingresan de recepción, estén libres de defectos de fabricación, daños no reparables, edad excesiva y rechazar las llantas que no sean capaces de desgastar otro rodamiento.

La carcasa es sometida a varias pruebas para garantizar que posee las condiciones para seguir con el proceso de reencauche. De acuerdo al tipo de llanta (radial o convencional) las pruebas varían un poco. En general se revisa:

- Separación de cuerdas.

- Estado de cerco, hombros y cejas.
- Se buscan fracturas (de tipo radial o transversal).
- Estado del piso de la llanta (interior de la llanta).

El diagrama de flujo para este proceso se presenta en el **Anexo 2**.

#### **4.3.3. Proceso de Raspado**

Este proceso consiste en remover el suficiente caucho hasta obtener las dimensiones predeterminadas para el proceso de reencauche en la llanta, lograr una máxima concentricidad, así como una buena textura para una mejor adhesión. Este proceso contempla a todas las llantas ya sean convencionales o radiales que son enviadas desde el proceso de inspección inicial. El raspado se lo realiza con maquinaria especializada y según especificaciones propias dadas por el tipo de llanta que se esté reencauchando. El proceso se detalla gráficamente en el **Anexo 3**.

#### **4.3.4. Proceso de Cardeo**

El proceso de cardeo o preparación viene después del raspado y su principal objetivo es encontrar fallas reveladas por el raspado. En este proceso se buscan cortes, cuerdas sueltas y orificios reparables. La idea es tener una llanta con una superficie libre de contaminantes que puedan impedir la apropiada adhesión del cemento. Se emplean herramientas de desbaste para esta actividad. Todas las fallas encontradas se marcan y cardean para ser reparadas en el siguiente proceso de la línea. La existencia de fallas no reparables implica el rechazo de la llanta. El detalle gráfico de este proceso se presenta en el **Anexo 4**.

#### **4.3.5. Proceso de Reparación y Cementado**

El proceso de reparación y cementado constituye uno de los procesos de mayor criticidad pues aquí se corrigen las fallas detectadas en el proceso de cardeo. En este proceso se buscan además fugas de aire y se arreglan surcos e imperfecciones. Se hace uso de parches de fabricación doméstica para arreglar surcos y fugas según el tamaño de estos surcos. Una vez

corregidas todas las imperfecciones se procede a cementar en su totalidad la superficie de la llanta para seguir al proceso de resanado y relleno. El flujograma correspondiente se presenta en el **Anexo 5**.

#### **4.3.6. Proceso de Resanado-Relleno**

En este proceso, todos los orificios o surcos que fueron cardeados y reparados, están listos para ser rellenos con caucho tras el cementado. De esta forma se pretende obtener una superficie regular y uniforme en toda la llanta. La uniformidad es importante para colocar el cojín y posteriormente la banda de rodamiento. El flujograma levantado se presenta en el **Anexo 6**.

#### **4.3.7. Proceso de Embandado**

El proceso de embandado consiste básicamente en la colocación de la banda de rodamiento en la llanta. Una vez colocado el cojín en el proceso de resanado y relleno, se debe buscar el diseño de banda que solicitó el cliente y colocar la banda mediante adhesión al cojín. Los bordes de la banda se engrapan y se coloca cojín en los extremos. De igual forma se coloca una tela de ventilación para lograr una mejor vulcanización de la llanta en el siguiente proceso. El flujograma correspondiente a este proceso se presenta en el **Anexo 7**.

#### **4.3.8. Proceso de Vulcanizado**

En el proceso de Vulcanizado se pretende llevar el caucho al punto óptimo de sus propiedades físicas haciendo que todos los materiales se compacten y se adhieran en un solo cuerpo. Para esto primeramente se procede colocando un tubo dentro de la llanta, luego se procede a ensobretar la llanta dentro de un sobre especial, luego se coloca un aro y posteriormente se introduce toda la llanta dentro de una autoclave. La idea es que la combinación correcta de temperatura, tiempo y presión producirá una llanta

correctamente vulcanizada. El flujograma respectivo se detalla en el **Anexo 8**.

#### **4.3.9. Proceso de Inspección Final**

Este es el último proceso antes de que la llanta pase a almacenaje y/o distribución. En este proceso se debe arreglar la apariencia de la llanta así como revisar que el proceso en su totalidad haya sido bien realizado, verificando que no exista ninguna clase de falla en el producto terminado. La inspección final requiere un ojo entrenado para identificar fallas que eventualmente puedan transformarse en un ajuste. La inspección final revisa la calidad del producto en su totalidad, tanto en calidad visual como en calidad física. En el **Anexo 9**, se presenta el flujograma de este proceso.

#### **4.3.10. Proceso de Distribución**

El proceso de distribución en LLANTERA OSO consta de la recepción de órdenes terminadas en proceso de reencauche, recepción de documentación de facturación, entrega de llantas reencauchadas, firma y recepción de documentos del cliente, y entrega de documentación en planta. Este proceso es considerado un proceso productivo pues sin duda agrega valor al producto ya que en la mayoría de casos, las llantas son enviadas al cliente. El flujo de actividades de este proceso se detalla en el **Anexo 10**.

### **4.4. Desglose de Costos de Producción del Proceso Actual**

Para definir el problema principal del área de producción de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A, se establecieron los costos totales de producción por unidad de llanta. Este costo se lo obtuvo utilizando los valores entregados por el sistema de costos fijos y costos variables que maneja la empresa. La información obtenida corresponde a los últimos 7 meses de actividad.

En un trabajo en conjunto con la gerencia de producción de la planta se establece que los factores clave que influyen en los costos de producción son:

- Mano de obra directa
- Materia Prima
- Insumos
- Energía Activa
- Combustible
- Agua
- Ajustes

De acuerdo a estos factores (que serán detallados más adelante), los cuales son los que influyen en los costos totales de producción de la planta, se establece una relación porcentual de los mismos, ya que debido a la política de confidencialidad no se puede mostrar los costos reales. Es importante mencionar que el costo de producción por llanta se lo obtuvo con datos confiables de los últimos 6 meses de producción.

Los resultados obtenidos son mostrados a continuación en forma porcentual debido a la política de confidencialidad de la empresa:

<b>Rubro</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>% Acumulado</b>
<b>Mano de obra directa</b>	52,85%	<b>52,85%</b>
<b>Materias primas</b>	14,98%	<b>67,83%</b>
<b>Insumos</b>	10,18%	<b>78,01%</b>
<b>Ajustes</b>	8,75%	<b>86,76%</b>
<b>Energía Activa</b>	7,10%	<b>93,85%</b>
<b>Combustible</b>	5,73%	<b>99,58%</b>
<b>Agua</b>	0,42%	<b>100,00%</b>

Tabla 5. Contribución por Rubro a Costos Totales de Producción

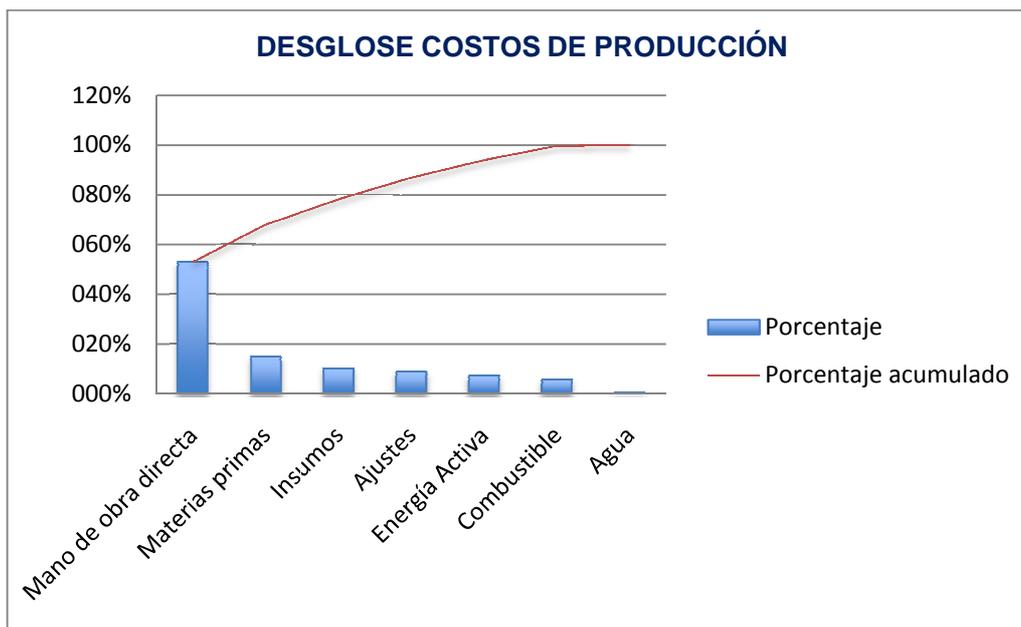


Figura 6 Diagrama de Pareto Desglose Costos de Producción

De acuerdo a estos resultados se realizó el análisis por rubro con gerencia de producción:

#### **-Mano de obra directa:**

La mano de obra en la planta es un costo muy alto debido a que es indispensable para el proceso de producción. Como se puede ver en el organigrama de la empresa el área de producción cuenta con 16 operadores. Esto ocurre ya que se dobla turno en la planta y se cuenta con un operador por proceso, lo cual resulta imposible reducir, además porque no está en los intereses de la compañía el despedir empleados. Por esta razón, este factor no entra en el análisis como un problema.

#### **-Materia Prima-Insumos:**

Los costos de materia prima fueron investigados en conjunto con la gerencia de producción. Para realizar este análisis se resaltó la experiencia del gerente y se comparó el porcentaje de desperdicios actual de la planta con los de la industria. Además de esto se relacionó los kilos de materia prima utilizada por llanta con la de los manuales de los proveedores.

Estos resultados mostraron que el porcentaje de desperdicio con el que está trabajando la planta es del 0,89%, un valor muy bajo para un sistema de manufactura de estas cualidades. Además, se estableció que la cantidad de kilos de materia prima utilizada por unidad producida, era menor a la sugerida por los manuales de reencauche de los proveedores. De ahí que se pudo llegar a la conclusión que los costos de materia prima e insumos no eran el mayor problema de la planta.

#### **- Ajustes:**

El siguiente rubro a analizar es el de los ajustes, en este si se realizó un análisis de mayor profundidad debido a la incidencia sobre la calidad y satisfacción del cliente en los cuales este tiene efecto.

La llanta reencauchada es un producto que no puede fallar. De este producto depende la vida del cliente, por lo que un producto defectuoso supone una probabilidad muy alta de perder un cliente.

Tomando en cuenta esto, se procede a analizar el histórico de los ajustes desde agosto del 2009, que se pudo encontrar registros constantes en el sistema, hasta la fecha de hoy. A partir de este análisis se obtuvo los costos totales en los que ha incurrido la planta en este periodo

Estos costos están relacionados con el porcentaje de ajustes mensuales realizados por la planta, lo cual va a marcar el índice con el cual se va a desarrollar esta tesis y sobre el cual se va a desarrollar el proyecto.

De acuerdo al número de unidades producidas y al número de ajustes realizados en un periodo de seis meses se obtuvo que el porcentaje actual de ajustes con el que está trabajando la planta es de alrededor del **5%**.

Al conversar con el gerente de la planta se logró saber que las plantas de reencauche de otros países, como las de los proveedores de materia prima, trabajan con un índice del 1,5% de ajustes, lo cual es una buena meta para el proyecto de calidad en el que se está involucrado.

### **-Energía, Combustible y Agua:**

Estos rubros corresponden a los gastos fijos que la empresa incurre en energía eléctrica, en combustible para su caldero y en el uso de agua. Estos costos son proporcionales, muchas veces, a los niveles de producción que este manejando la planta. Se observa en la Tabla 5 que el costo por este rubro asciende a alrededor del 7% de los costos totales de producción.

#### **4.5. Enunciado Final del Problema**

*“El proceso de Reencauche al frío de INDUSTRIAL OSO TIRES trabaja actualmente con un porcentaje de AJUSTES (producto no conforme) aproximado del 5% de su producción. Esto ha representado cerca del 9% de los costos totales de producción en los últimos siete meses. Se ha establecido una meta realista de 1,5% (porcentaje con el que trabajan reencauchadoras de clase mundial) a ser alcanzada en los próximos seis meses. Con esto se estima reducir los costos por ajustes en un 70%, generando un incremento significativo en las utilidades.”*

El desarrollo de este proyecto tiene una importancia todavía mayor sobre la compañía y sobre la industria. La confiabilidad en las llantas reencauchadas es un factor clave para la captación de clientes y para aumentar el porcentaje de usuarios de llantas que utilizan este proceso. Esta confiabilidad se logra garantizando que todas la llantas que salen de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A, sean llantas de alta calidad y seguridad para los usuarios. Debido a la oportunidad de expansión de mercado ecuatoriano, la calidad es un factor clave, que puede llevar a la compañía a ser líder en la industria.

#### **4.6. Project Charter**

Se ha realizado un esquema de presentación de proyecto como un “Project Charter” en donde se detalla el enunciado del problema y todos los factores (recursos personas) involucrados en la iniciativa de

mejora que se propone en este trabajo. Este esquema se lo presenta en el **Anexo 11**.

## 5. SEGUNDA ETAPA: MEDIR

### 5.1. Históricos e Información Valiosa

A partir del establecimiento del objetivo del proyecto se procede a analizar los ajustes, para esto se recurre a un muestreo de los históricos de la compañía. De estos se pretende obtener las causas asignables de los ajustes, y de esta manera determinar los factores clave que influyen en que ocurran.

Para definir el tamaño de muestra se utilizó la fórmula de Montgomery para tamaño de muestra, la cual es:

$$n_0 = \left( \frac{Z}{\varepsilon} \right)^2 \times p \times q$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

El nivel de confianza definido para el tamaño de muestra es del 95% (Z), lo cual se justifica como un grado alto y aceptable debido a los aspectos cualitativos del proceso y de la investigación.

A partir de análisis estadísticos, (Montgomery) se obtiene que para un análisis de estas características el error ( $\varepsilon$ ) por cálculos decimales y en relación al tamaño de la muestra y de la población es de 0.05.

El porcentaje de la población que no presenta las características (q) se lo establece como del 20%, esto debido a que son datos históricos, que pese a ser realizados bajo un mismo formato y mismos principios pueden llegar a tener un error de procedencia.

El universo (N) corresponde al número de ajustes realizados en los últimos seis meses.

$$Z \rightarrow 95\% = 1.96$$

$$q = 0.2$$

$$p = 0.8$$

$$N = 320$$

$$\varepsilon = 0.05$$

A partir de estos parámetros se ha realizado los cálculos correspondientes y como resultado el tamaño de muestra es de **139** datos.

A pesar de esto y para reducir el error se realizó el análisis sobre **178** ajustes realizados, de los cuales se obtuvo la siguiente información.

- Fecha de realización del ajuste
- Medida de la llanta
- Tipo de llanta (Radial o Convencional)
- Marca de la llanta
- Labrado de la banda con la que se reencauchó.
- Motivo del reclamo.
- El dictamen. (razón de ocurrencia según valorización interna).
- El proceso involucrado.
- Costo del ajuste.

A partir de los datos obtenidos del muestreo realizado se pudo obtener información muy significativa para la investigación, la cual permite analizar los tipos de ajuste que más se repiten, cuyos resultados se muestran en el siguiente gráfico:

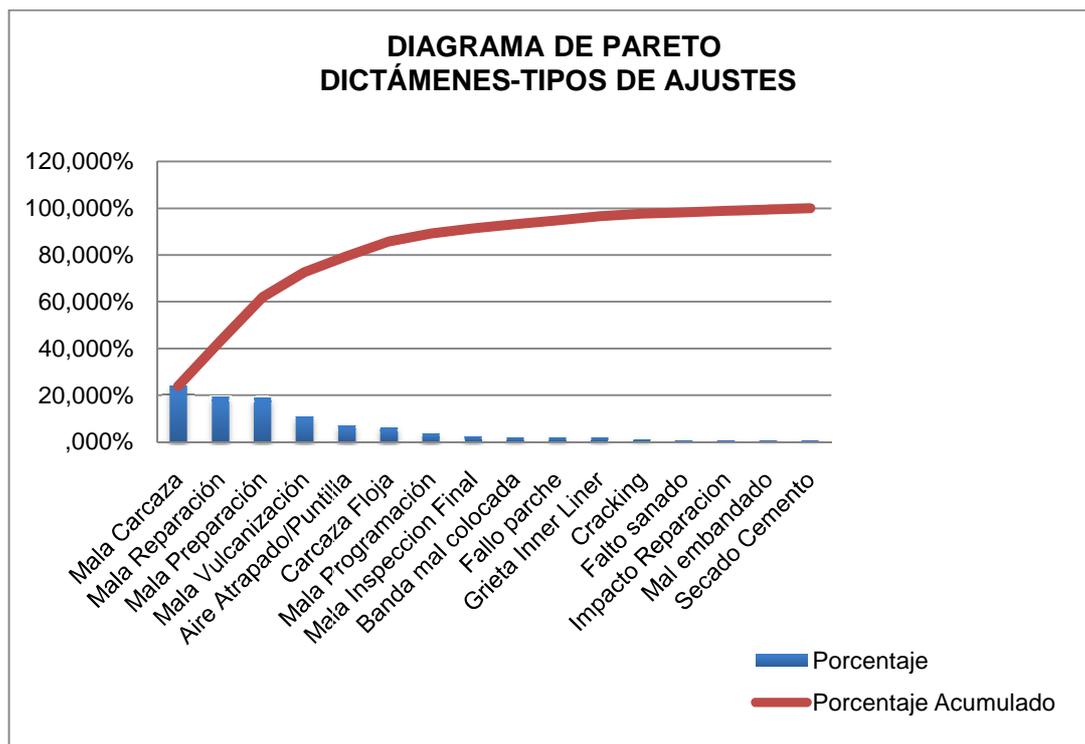


Figura 7. Pareto Dictámenes-Tipos de Ajustes

Con esta información se establece que 5 de los 16 tipos de ajustes encontrados son responsables del 80% de los mismos. Estos son:

- Mala carcasa
- Mala reparación.
- Mala preparación.
- Mala vulcanización.
- Aire Atrapado/Puntilla.

De forma análoga, con la información recolectada se estableció la relación entre los ajustes y los procesos involucrados, obteniendo los siguientes resultados.

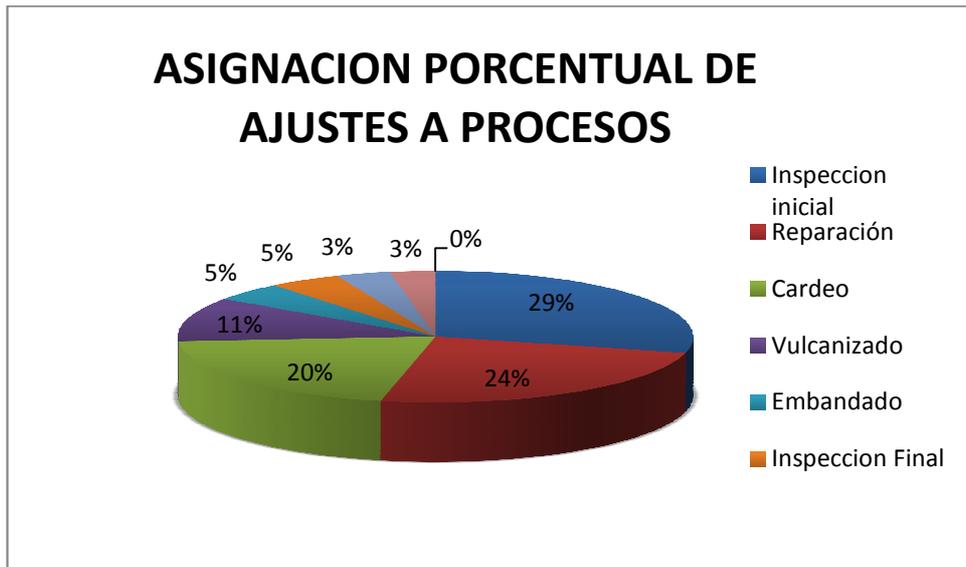


Figura 8. Diagrama de Pastel Porcentual de Ajustes

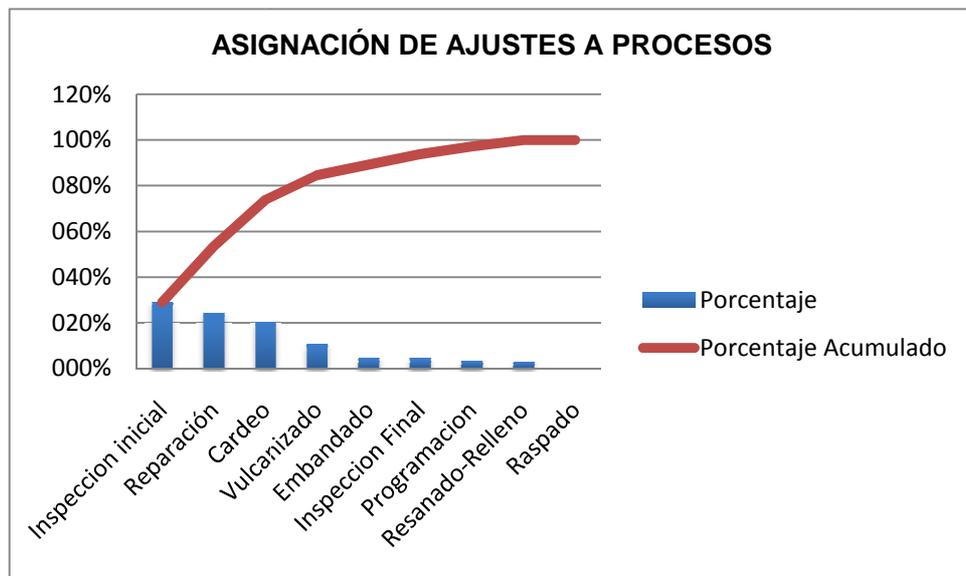


Figura 9. Pareto Asignación de Ajustes a Procesos

Analizando estos resultados se puede determinar claramente que 4 de los 9 procesos involucrados son los responsables del 84,66% de los ajustes. Estos 4 procesos son:

- Inspección Inicial
- Reparación
- Cardeo
- Vulcanizado

Estos cuatro, serán los procesos en orden de importancia en los que se centrará la investigación. Posteriormente en la etapa ANALIZAR, se buscara la relación existente entre los tipos de ajustes y los procesos, así como las causas potenciales para que exista un problema en cada uno de los 4 procesos responsables del 80% de los ajustes.

## **5.2. Determinación de Línea Base y Capacidad del Proceso**

### **5.2.1. Comportamiento del Proceso**

Para la determinación de la línea base del proceso de reencauche al frio se ha decidido emplear el control estadístico de procesos. La medida de calidad que se empleara en este caso es la cantidad de ajustes (producto no conforme por reclamos) en relación a la producción total de llantas reencauchadas. Para el efecto se ha empleado, en primera instancia una carta de control para atributos. El tipo de carta que se ha elegido es el de fracción disconforme con tamaño de muestra variable.

La carta de fracción disconforme refleja el número de artículos disconformes de la población en relación al número total de artículos que componen a la población en cuestión (D. C. Montgomery). Se eligió este tipo de carta de control ya que el proceso de reencauche en general es una operación compleja que mide su éxito en función de la ocurrencia de disconformidades. De igual forma cabe mencionar que por la naturaleza de la operación en la actualidad no se pudieron recolectar datos de dimensiones de calidad, pero se contaba con un resumen histórico completo y fiable de los ajustes. La idea es generar una carta de control que muestre el comportamiento de esta fracción con una periodicidad semanal para así determinar si el proceso en efecto se encuentra fuera de control y requiere corrección.

Se recolectaron datos históricos de los últimos 7 meses tanto de producción semanal como del número de ajustes semanales. Todo esto con la finalidad de determinar la fracción disconforme. Cabe mencionar que el

tamaño de las muestras es variable debido a que el número de llantas reencauchadas semanalmente no es siempre igual.

Es importante mencionar también que los ajustes suelen llegar semanas o meses después de haber salido del proceso de fabricación, por lo cual se debió hacer el respectivo rastreo de los ajustes para encasillarlos en su semana de producción correspondiente. Los datos obtenidos son de carácter confidencial y se muestran de forma restringida a continuación:

OBSERVACIÓN	SEMANA	LLANTAS PRODUCIDAS	AJUSTES
1	SEMANA 33- 2009		
2	SEMANA 34- 2009		
3	SEMANA 3- 2009		
4	SEMANA 36- 2009		
5	SEMANA 37- 2009		
6	SEMANA 38- 2009		
7	SEMANA 39- 2009		
8	SEMANA 40- 2009		
9	SEMANA 41- 2009		
10	SEMANA 42- 2009		
11	SEMANA 43- 2009		
12	SEMANA 44- 2009		
13	SEMANA 45- 2009		
14	SEMANA 46- 2009		
15	SEMANA 47- 2009		
16	SEMANA 48- 2009		
17	SEMANA 49- 2009		
18	SEMANA 50- 2009		
19	SEMANA 51- 2009		
20	SEMANA 52- 2009		
21	SEMANA 53- 2009		
22	SEMANA 2- 2010		
23	SEMANA 3- 2010		
24	SEMANA 4- 2010		
25	SEMANA 5- 2010		
26	SEMANA 6- 2010		
27	SEMANA 7- 2010		
28	SEMANA 8- 2010		
29	SEMANA 9- 2010		
30	SEMANA 10- 2010		

Tabla 6. Datos de Producción y Ajustes Semanal CONFIDENCIAL

La gráfica de control correspondiente, se la genero usando el Software estadístico Minitab y es la siguiente:

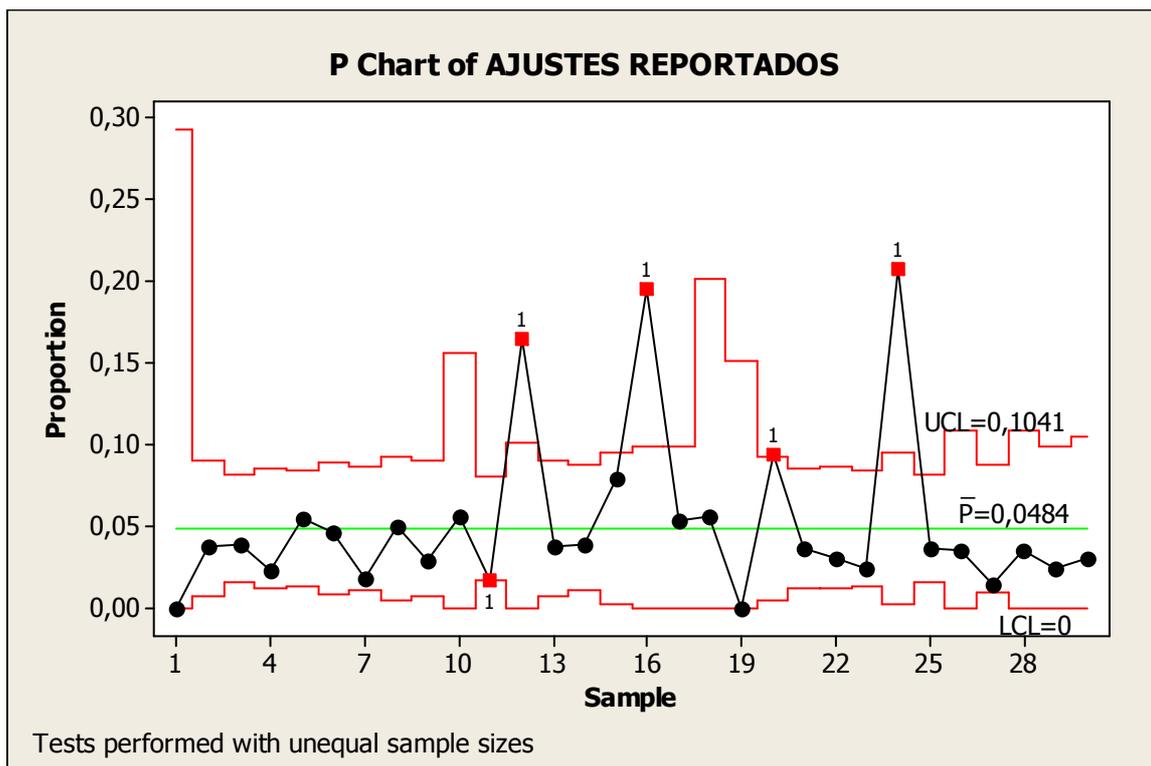


Figura 10. Carta de Control Fracción Disconforme Semanal

Como podemos ver en la figura, el proceso en función del número de ajustes, está claramente fuera de control. Minitab identifica con puntos rojos todos aquellos datos que estén alejados de la línea central a más de 3 desviaciones estándar. La línea central es la media que Minitab estima a partir de los datos. Recordemos que la fracción de ajustes que desea alcanzar INDUSTRIAL OSO TIRES es de 0,015 que según expertos es la fracción de ajustes tolerados por una reencauchadora de clase mundial.

A pesar de la facilidad de la fracción disconforme para mostrar el deficiente comportamiento del proceso, no es capaz de darnos más información estadística. Por esta razón se ha decidió usar paralelamente una carta de control para observaciones individuales para la media y el rango móvil de la *fracción de ajustes con respecto a la producción total semanal*. La razón por la cual se elige la carta de observaciones individuales es que esta grafica provee mayor información y es más sensible que un diagrama que agrupe un promedio de fracción disconforme en algún periodo de tiempo.

De igual forma facilitara el cálculo de la capacidad del proceso. (D. C. Montgomery)

El primer paso para realizar el diagrama de observaciones individuales es definir que cada observación corresponde a una semana de producción. Posterior a esto es esencial cumplir con el requisito de normalidad de los datos para este tipo de diagramas de control. Con este fin se ejecuta la prueba de normalidad usando Minitab y obteniendo el siguiente gráfico:

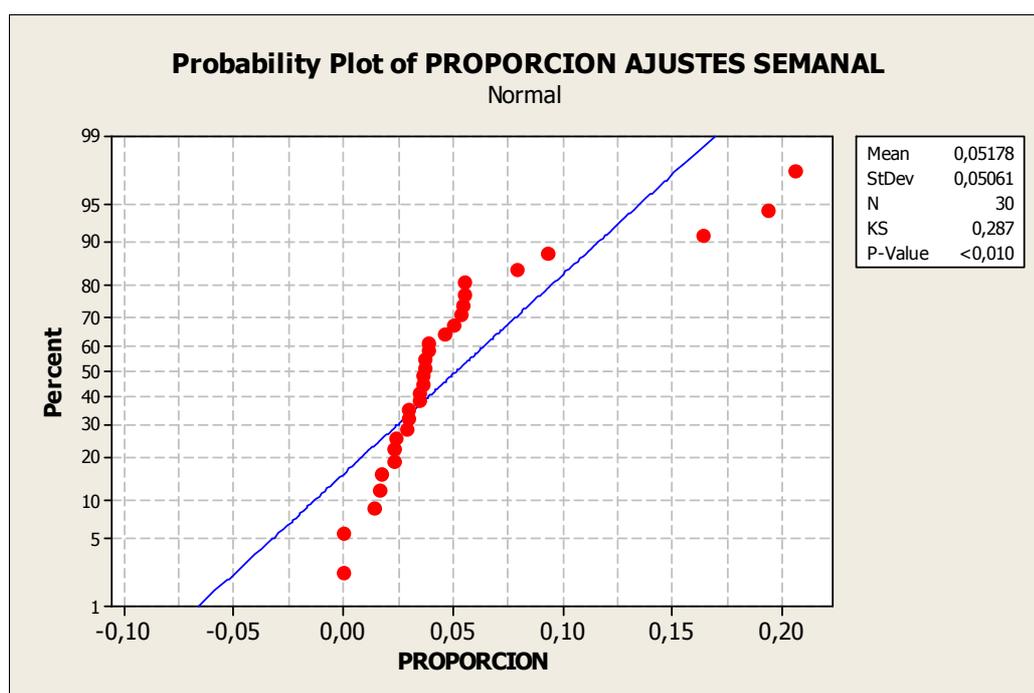


Figura 11. Prueba de Normalidad Fracción Ajustes

Las hipótesis planteadas por la prueba serían:

**H<sub>0</sub>:** Fracción de Ajustes sigue una distribución normal (Hipótesis Nula)

**H<sub>1</sub>:** Fracción de Ajustes no sigue una distribución normal (Hipótesis Alternativa)

Se puede observar claramente en el gráfico que los datos *no* siguen una distribución Normal. Para afirmar esto, se puede basar el análisis, mediante el valor P que es menor a 0,01; si asumimos un Nivel de Significancia  $\alpha$  de 0,05 (Default de MINITAB) se rechaza la Hipótesis Nula, y por tanto se concluye que los datos *NO siguen una distribución Normal*.

Sabiendo que los datos no siguen una distribución normal, es imperativo transformar los datos o eliminar aquellos datos con causas asignables que causan ruido en el conjunto de datos y no permiten la normalidad. Teniendo esto en cuenta, se revisaron los datos y se concluyó que existen datos elevados de ajustes para las observaciones 12, 16 y 24. Estos valores elevados para estas semanas de producción se produjeron por cambios en el personal que llevaba los registros o en su defecto existieron errores de ingresos por fechas. Se acordó junto con quienes llevan el registro y los líderes del proceso que se trataba se situaciones anormales por los cuales se eliminaron esos tres datos.

Se ejecuto nuevamente la prueba de normalidad en Minitab, sin los datos discutidos (outliers) y se obtuvo el siguiente resultado:

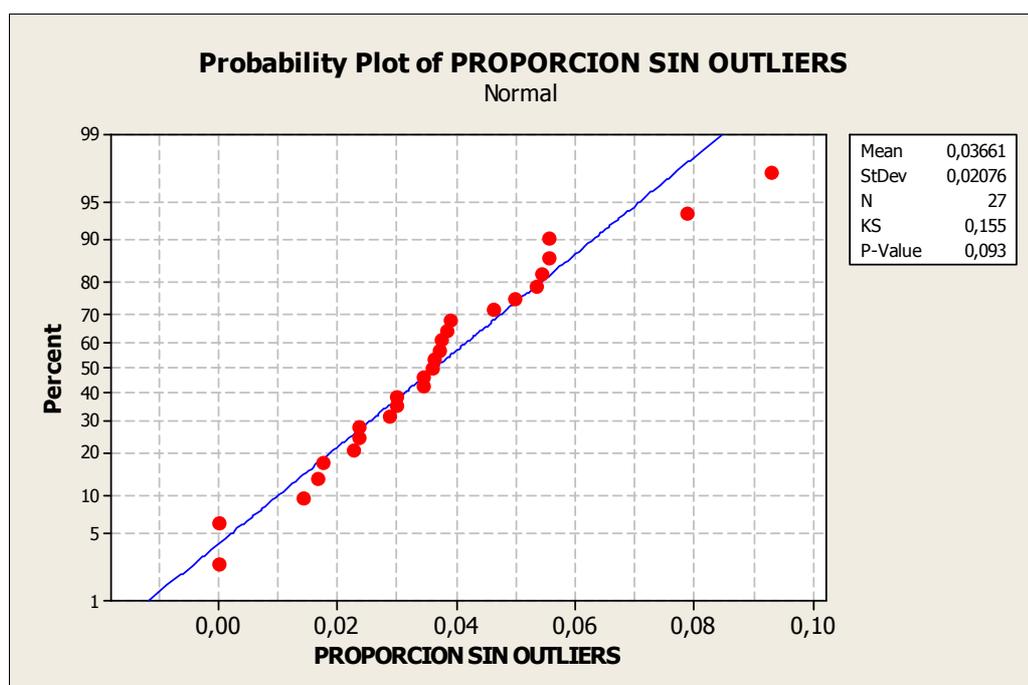


Figura 12. Prueba de Normalidad Datos Modificados

En este caso se mantienen las mismas hipótesis, sin embargo al obtener un valor P mayor al 0,05 (Default de Minitab) no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. De todas formas tampoco se puede asegurar que la distribución sea normal, por lo cual se ha usado la prueba de bondad y ajuste que emplea la aplicación del software de simulación ARENA, se trata del INPUT ANALIZER. Al ingresar

los datos en esta aplicación, se obtiene el siguiente ranking de evaluación de distribuciones:

Función	Error Cuadrado
<b>Normal</b>	0.0198
<b>Beta</b>	0.03
<b>Weibull</b>	0.0311
<b>Erlang</b>	0.0519
<b>Triangular</b>	0.0528
<b>Gamma</b>	0.0579
<b>Lognormal</b>	0.126
<b>Exponential</b>	0.15
<b>Uniform</b>	0.155

Tabla 7. Ranking Input Analyzer

Esta tabla muestra la función de probabilidad junto con el error cuadrado correspondiente tras la prueba de bondad y ajuste. La idea es que la función con el menor error cuadrado es la función correspondiente a la distribución de los datos ingresados. La aplicación empleada define una distribución normal con los siguientes parámetros:

- *Media de la Distribución:* 0,0366
- *Desviación Estándar:* 0,0204

Una vez garantizada la normalidad de los datos se realizan las gráficas de control para observaciones individuales en Minitab:

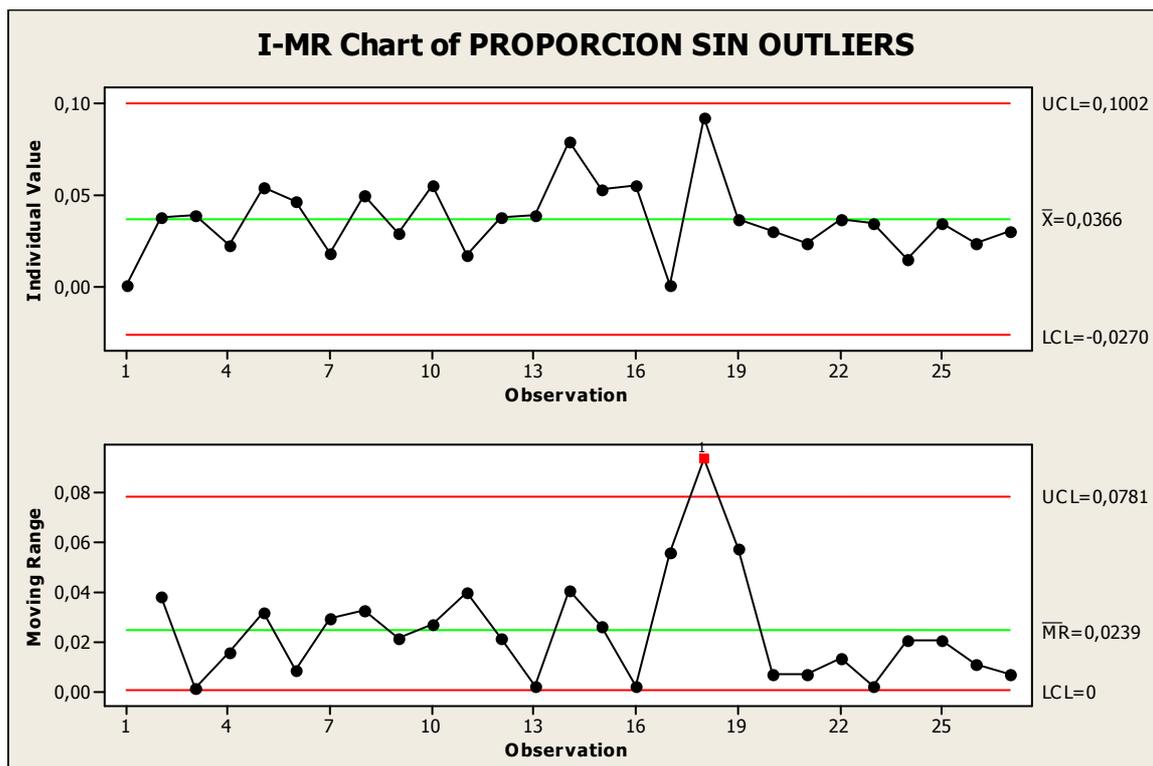


Figura 13. Cartas de Control Observaciones Individuales

Se observa en la Figura 13, que para la carta del rango móvil tenemos un punto fuera de los límites de control. En la carta para la media no encontramos puntos fuera de los límites de control, sin embargo se sabe que el proceso está fuera de control pues existen de dos a tres puntos seguidos que están por encima de la línea central o media.

Toda la evidencia presentada, muestra, sin lugar a dudas, que el proceso se encuentra fuera de control en cuanto a la fracción de ajustes semanal. Es importante ahora conocer que tan capaz es el proceso en comparación a la especificación de 1,5% de ajustes establecido por la planta. Para esto se procede a calcular el índice de capacidad real del proceso.

### 5.2.2. Capacidad Real del Proceso

El índice de capacidad real se lo calcula empleando la siguiente fórmula según Montgomery en su libro *Control Estadístico de la Calidad*:

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

Usando los valores para el rango móvil promedio que entrega Minitab en las cartas de control y con los límites de especificación el cálculo de la capacidad sigue de la siguiente forma:

$$LSL = 0$$

$$USL = 0,015$$

$$\overline{MR} = 0,0239$$

$$d_2(n = 2) = 1,128$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2} = \frac{0,0239}{1,128} = 0,0212$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{0,0366 - 0}{3(0,0212)} = 0,5754$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{0,015 - 0,0366}{3(0,0212)} = -0,339$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = \min(0,5754; -0,339)$$

$$C_{pk} = -0,339$$

Podemos Observar que el Cpk es menor a 0 por lo cual el proceso se encuentra fuera de las especificaciones. A continuación se muestra un análisis de capacidad hecho en Minitab con lo que se comprueba lo calculado anteriormente.

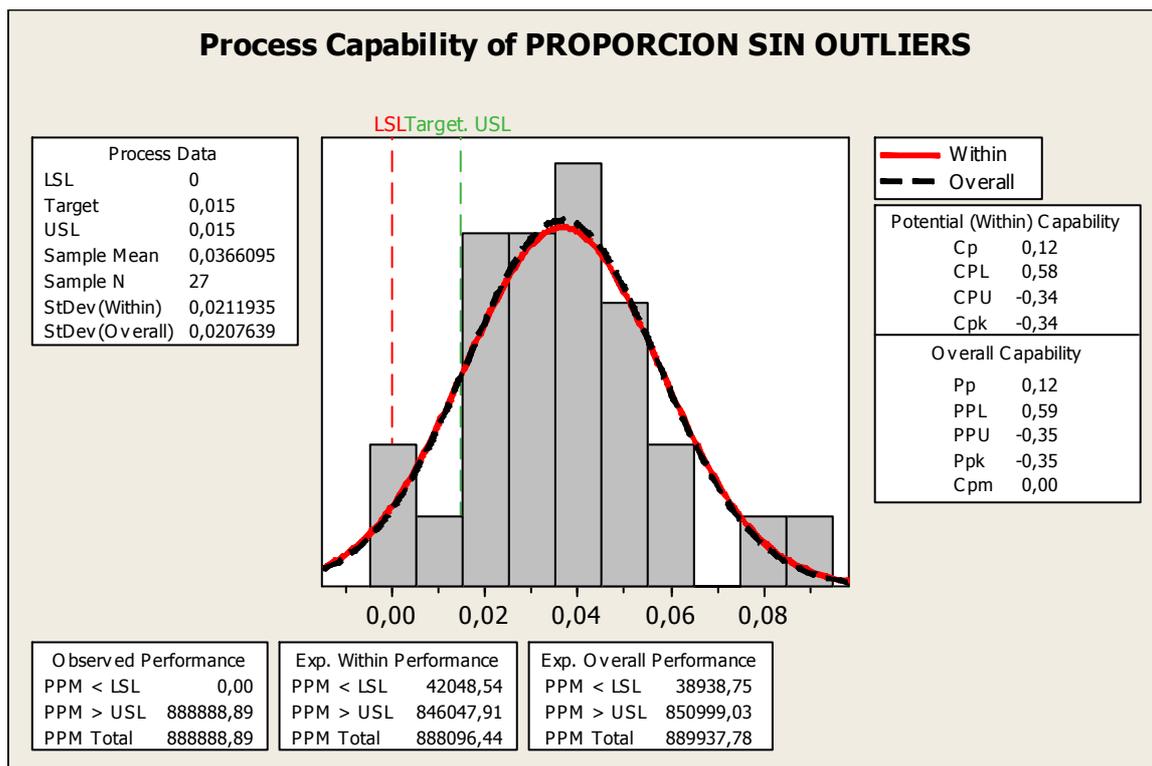


Figura 14. Análisis de Capacidad Fracción Ajustes

Como se ve en la figura 14, el Cpk es menor a 0 por lo cual se concluye que el proceso NO es capaz de cumplir con las especificaciones. De hecho el proceso en sí está funcionando por completo fuera de los límites de especificación. Al mismo tiempo se observa que el Cp es mayor al Cpk lo cual indica que el proceso está desviado. (D. C. Montgomery)

***Toda la evidencia estadística planteada indica que deben tomarse medidas correctivas para lograr que el proceso pueda desarrollarse dentro de los límites de especificación.***

## 6. TERCERA ETAPA: ANALIZAR

### 6.1. Análisis de Causalidad

Para el análisis de los procesos se establecieron como metodología el realizar un análisis de causa y efecto en relación a las decisiones del equipo Seis-Sigma, de esta manera se busca establecer y valorar las causas principales de los defectos por proceso y de acuerdo a esto poder, posteriormente realizar un plan de mejora.

Para el análisis de los diagramas de Causa y Efecto, y para mantener un sistema esquemático y específico para cada uno de estos se siguió el siguiente proceso.

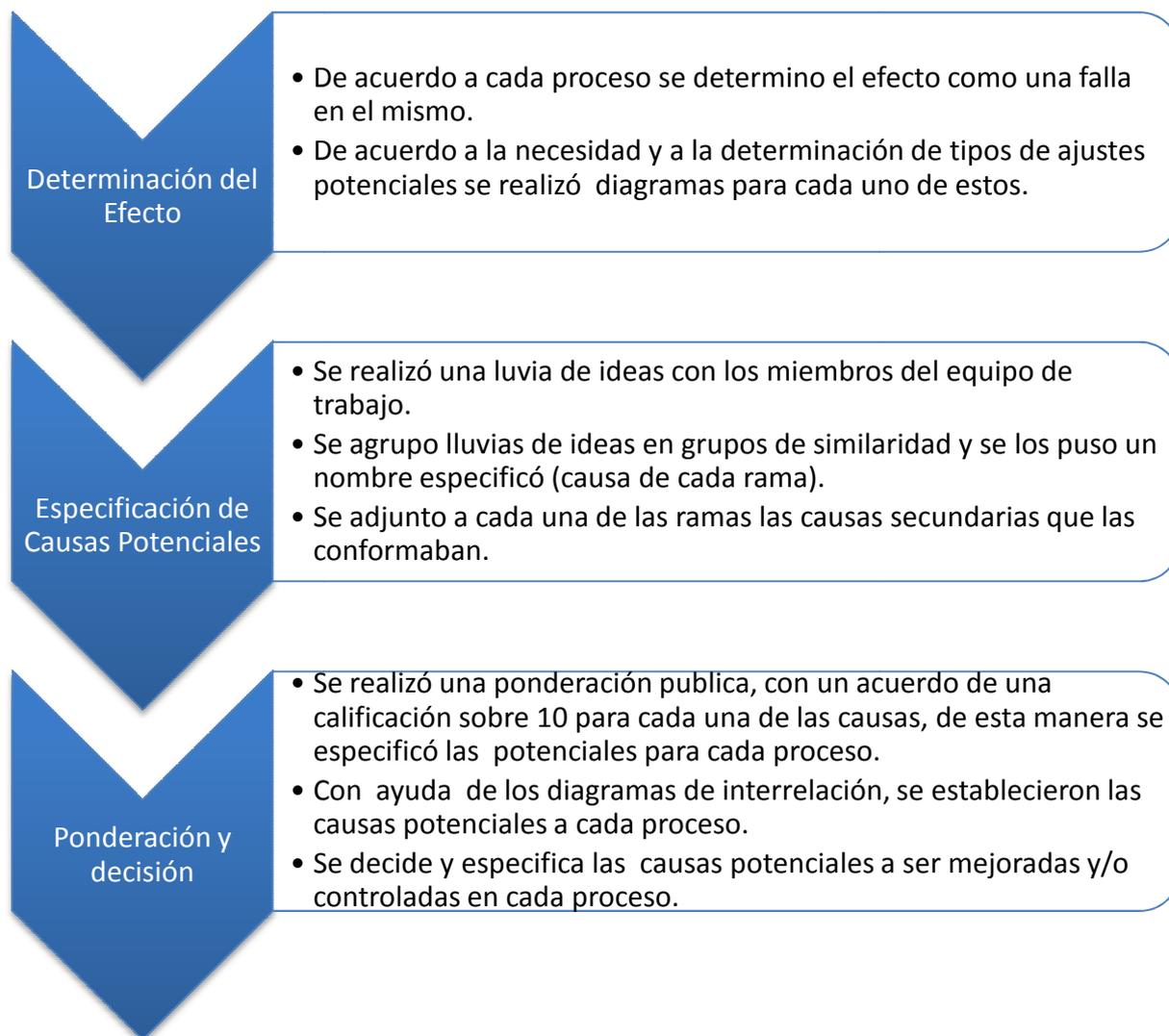


Figura 15. Procedimiento Análisis Causa Efecto

### **6.1.1. Causalidad de Ajustes por Vulcanizado**

El proceso de vulcanizado es el cuarto en la lista de los que más afectan en los ajustes y de acuerdo a las conversaciones con el equipo de Seis Sigma es donde saltan a la vista muchos de los defectos causados por procesos anteriores. Para el análisis de este proceso se realizan diagramas de causa y efecto por proceso y por ajustes más comunes anexados al mismo. Con un trabajo en equipo se pretende especificar las causas raíz y potenciales así como los factores críticos para el proceso y para la calidad que se puedan estar pasando por alto y donde existan oportunidades de mejora.

DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO:

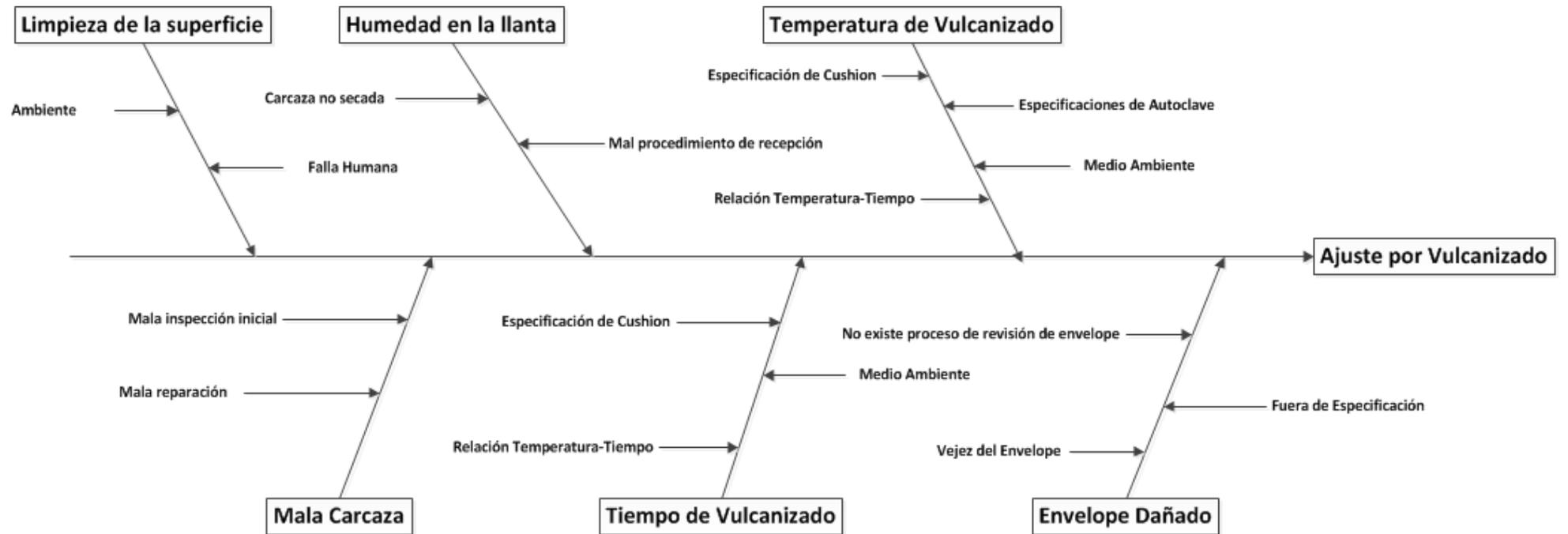


Figura 16. Causa-Efecto Ajustes Vulcanizado

## **ANÁLISIS DE CAUSAS:**

### **HUMEDAD EN LA LLANTA**

De acuerdo a la experiencia de Weimar Gil, Gerente de Servicio técnico para Sudamérica de H.B. Bandamatic, experto en el negocio de reencauche, uno de los principales causantes de un error en el proceso de vulcanizado es la humedad en la carcasa, esto causa soplado, lo cual es la creación de una burbuja de aire que daña la estructura de la llanta.

Este tipo de ajuste se ve directamente relacionado a la causa definida anteriormente.

La humedad en la llanta en el proceso de vulcanizado se debe a que no existe un parámetro para recepción de las llantas ni un proceso de secado especializado.

A partir de esto se definirá una estrategia para eliminar las causas potenciales en la fase mejorar.

### **TEMPERATURA DE VULCANIZADO:**

La temperatura de vulcanizado depende directamente, de las especificaciones del cojín o "cushion" a ser utilizado, de la relación entre la temperatura y el tiempo de vulcanizado, y del medio ambiente.

La causa del medio ambiente puede ser omitida ya que se trabaja a temperaturas mucho más altas que la del mismo, y los tiempos de proceso se los especifica a partir de la llegada a la temperatura especificada.

### **TIEMPO DE VULCANIZADO:**

El tiempo de vulcanizado debe ser especificado en relación a la vulcanización óptima del cojín, para esto se deben realizar pruebas en relación a experimentos y especificaciones de calor adquirido que deben tomar las llantas entre la banda y el cojín.

Estas pruebas son información confidencial de la empresa pero se deberán tomar en cuenta estos factores como posibles errores potenciales a ser corregidos en la etapa implementar.

**ENVELOPE O SOBRE DAÑADO:**

Un sobre o “evelope” dañado trae como consecuencia una falta de presión hacia la llanta en el proceso de vulcanización. Esta falta de presión desencadena en una banda mal pegada, la cual se puede convertir en un reproceso si es detectada en el proceso de inspección final, o en un ajuste.

La durabilidad de los sobres está directamente relacionada con la temperatura y el trato que se los da a los mismos, razón por la cual en la industria se prefiere trabajar a una temperatura menor, debido a los costos de este insumo.

La relación tiempo-costo es muy importante y significativa, y no se la ha investigado en ninguna manera en el pasado.

**MALA CARCASA:**

Al realizar el análisis de las causas con el equipo de trabajo se estableció por experiencia que una mala carcasa, que pasase la inspección inicial por error, y llegase al proceso de vulcanizado tiende a mostrar sus defectos después de salir de este proceso, siendo eliminada o, si por un caso pasara la inspección final, sería un ajuste. Esto recae en un costo de producción muy alto para la planta, lo cual deberá ser solucionado en la fase implementar.

**LIMPIEZA DE SUPERFICIE:**

La limpieza de la superficie de la llanta es un factor crítico para un ajuste por vulcanización, un agente externo puede causar el desprendimiento de la misma o un soplado al tener contacto con el calor en el proceso de vulcanización, debido a esto se deberá establecer un sistema para manejar un higiene al máximo nivel en la planta industrial Llantera OSO.

**DIAGRAMA ISHIKAWA PARA AJUSTE POR TIPO DE FALLO:**

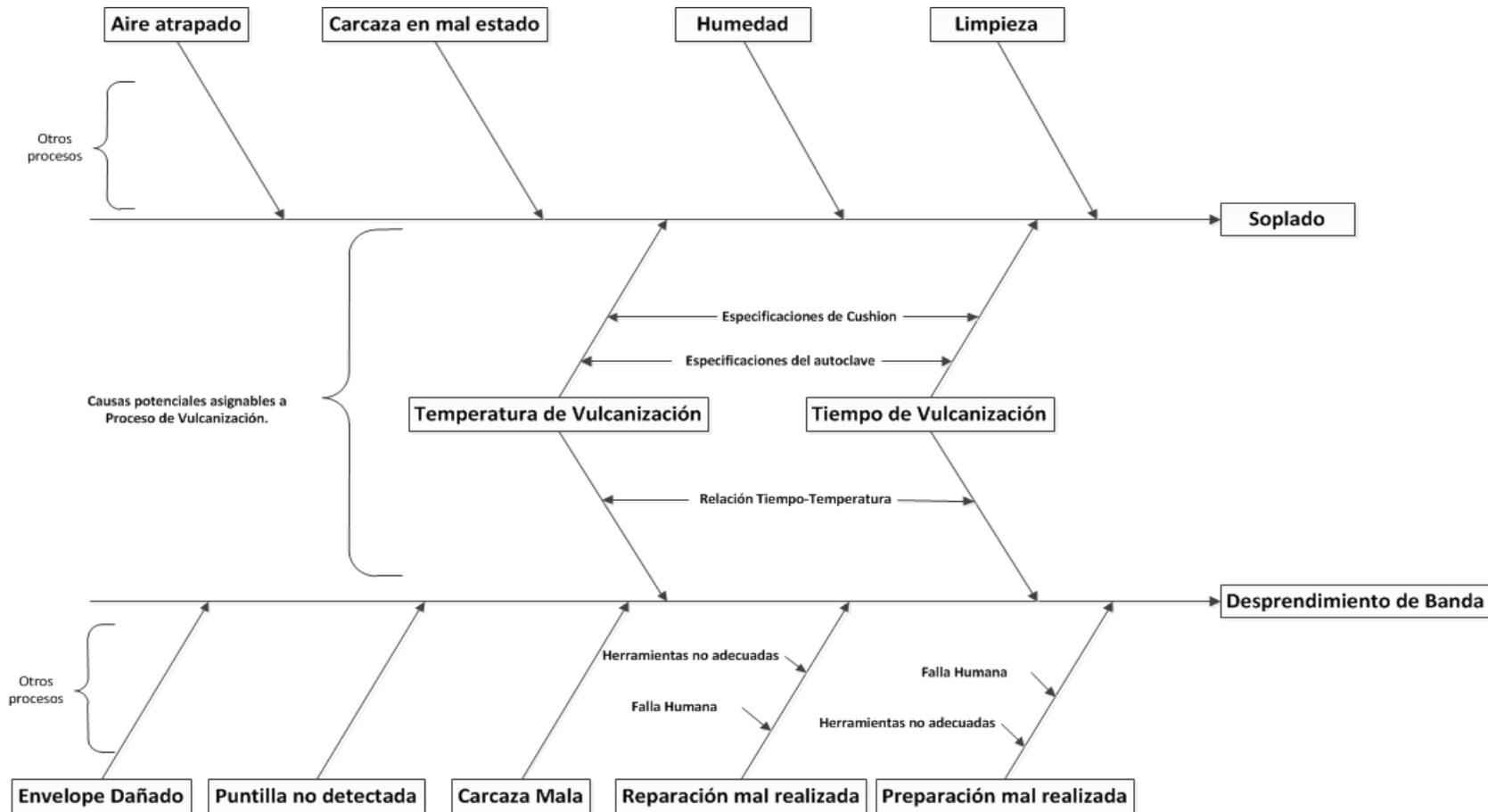


Figura 17. Causa-Efecto por Tipo de Fallo Vulcanizado

Se utilizó la información histórica de la empresa para establecer los fallos principales involucrados en los ajustes, a partir de estos se realiza igualmente un diagrama causa-efecto para establecer las causas potenciales de estos errores y buscar de esta manera opciones de mejora.

Los principales efectos negativos encontrados son el soplado y el desprendimiento de banda. Como se puede analizar en el diagrama hay causas anexadas al proceso de vulcanización y causas anexadas a otros procesos.

De esta manera se busca establecer los criterios en los cuales se debe mejorar en este proceso en específico.

Igualmente se pudieron detectar causas que afectan al proceso, que vienen de un mal proceso o falla dada previamente en la cadena productiva. Esto se lo analiza posteriormente.

#### **ANÁLISIS DE INTERRELACIONES:**

De acuerdo a lo analizado hasta el momento, y a las reuniones con el equipo de trabajo Seis Sigma, se concluye que los procesos y las fallas tienen una interrelación entre los mismos, para lo cual se realizó un análisis cualitativo-cuantitativo, en el cual, mediante una ponderación de calificaciones sobre 10 se calificó la relación entre causas y, entre causas y procesos, lo cual permitió obtener mejores conclusiones.

### Análisis entre causas:

CAUSA-CAUSA	AIRE ATRAPADO	CARCAZA EN MAL ESTADO	HUMEDAD	TEMPERATURA DE VULCANIZACION	TIEMPO DE VULCANIZACION	ENVELOPE DAÑADO	PUNTILLA NO DETECTADA	FALLA EN REPARACIÓN	FALLA EN PREPARACION
AIRE ATRAPADO	28	6	0	2	0	0	6	7	7
CARCAZA EN MAL ESTADO	6	17	2	0	0	0	4	2	3
HUMEDAD	0	2	16	7	7	0	0	0	0
TEMPERATURA DE VULCANIZACION	2	0	7	25	9	7	0	0	0
TIEMPO DE VULCANIZACION	0	0	7	9	20	4	0	0	0
ENVELOPE DAÑADO	0	0	0	7	4	11	0	0	0
PUNTILLA NO DETECTADA	6	4	0	0	0	0	28	9	9
FALLA EN REPARACIÓN	7	2	0	0	0	0	9	26	8
FALLA EN PREPARACION	7	3	0	0	0	0	9	8	27

Tabla 8. Tabla de Interrelaciones entre Causas

La diagonal de la Tabla 8 indica cual de las causas es la que más se interrelaciona con otras. Los valores en rojo y tomate son los que interrelacionan causas más críticas, de esta manera se obtiene una calificación cuantitativa mediante la utilización de un método cualitativo para establecerlas.

### Relación Temperatura-Tiempo-Humedad

Existe una relación directa entre el tiempo de vulcanizado, la temperatura de vulcanizado y la humedad de la llanta según la opinión de expertos. A mayor cantidad de tiempo y a menor temperatura existe menos afectación de la humedad de la llanta. A pesar de esto no se tiene una forma de medir la humedad, pero se puede establecer la forma de asegurarse que la humedad sea eliminada antes de ingresar al proceso.

### Relación Falla en Preparación-Falla en Reparación-Puntilla no detectada:

De acuerdo al análisis se establece que la relación es muy fuerte, esto debido a que las puntillas no detectadas están dadas por un proceso de reparación o preparación mal realizado. Estos son los dos procesos, además de inspección inicial en los cuales se debe mitigar cualquier objeto extraño a la llanta y reparar las zonas afectadas de encontrarlos.

### Análisis Entre causas y procesos:

CAUSA-PROCESO	RECEPCIÓN	INSPECCION INICIAL	RASPADO	PREPARACIÓN	REPARACIÓN	RELLENADO	EMBANDADO	VULCANIZADO	INSPECCION FINAL	TOTALES
AIRE ATRAPADO	0	2	0	4	9	3	0	8	1	27
CARCAZA EN MAL ESTADO	6	10	0	0	0	0	0	3	0	19
HUMEDAD	5	10	0	0	0	0	0	9	0	24
TEMPERATURA DE VULCANIZACION	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
TIEMPO DE VULCANIZACION	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
ENVELOPE DAÑADO	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
PUNTILLA NO DETECTADA	0	4	5	7	9	0	0	8	0	33
FALLA EN REPARACIÓN	0	0	0	0	10	0	0	8	0	18
FALLA EN PREPARACION	0	0	0	10	0	0	0	8	0	18
<b>TOTALES</b>	<b>11</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>1</b>	

Tabla 9. Tabla de Interrelaciones Causa-Proceso

Se puede observar en la Tabla 9 las interrelaciones de cómo ciertas causas están anexadas con diferentes procesos, por lo tanto para eliminarlos se debe ir a las causas potenciales.

Del diagrama lo que más llama la atención es que casi todas las causas tienen un efecto sobre el proceso de vulcanizado, estableciendo una relación muy fuerte. De éstos el establecimiento de los factores críticos se da con respecto a los valores más altos encontrados en la suma de las filas, así como los procesos críticos que se interrelacionan fuertemente se ven en la sumatoria de las filas en los valores más altos.

### **ANÁLISIS SIMULTÁNEO**

Si se analizan simultáneamente los diagramas de causa y efecto, y los de interrelación, tanto de procesos como de causas se puede establecer que los factores críticos a solucionarse en el área de vulcanización, dependientes solo de este proceso son el tiempo y la temperatura.

Con respecto a la entrada del proceso se tiene como prioridad el establecer un proceso para asegurarse que la misma llegue en condiciones óptimas, es decir, sin humedad ni fallas en especial por puntillas no detectadas, reparaciones mal realizadas, carcasas en mal estado, y suciedad en la superficie. El fin es asegurar la calidad de las llantas que llegan a vulcanizado, para lo que se propondrá soluciones de mejora.

#### **6.1.2. Causalidad de Ajustes por Reparación**

Para determinar las causas raíz de los ajustes asignables al proceso de Reparación se han realizado dos diagramas de causa y efecto. El primero muestra los tipos de fallo que son causa de ajustes por reparación. El segundo diagrama muestra la causalidad de cualquier tipo de fallo en función de categorías como Herramientas, Personal, Métodos de trabajo, Materiales y Ambiente

**DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO - CAUSALIDAD POR TIPO DE FALLO**

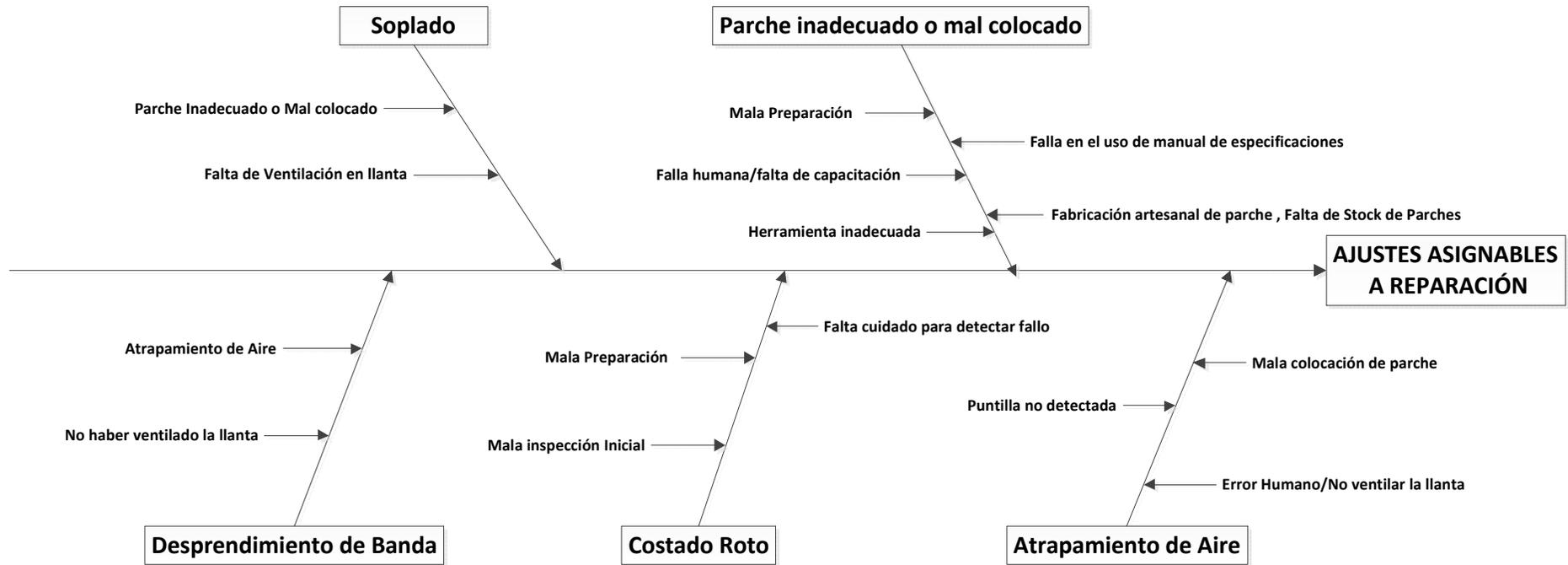


Figura 18. Causa- Efecto Tipo de Fallos en Reparación

## DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO- CAUSALIDAD GENERAL DE FALLOS

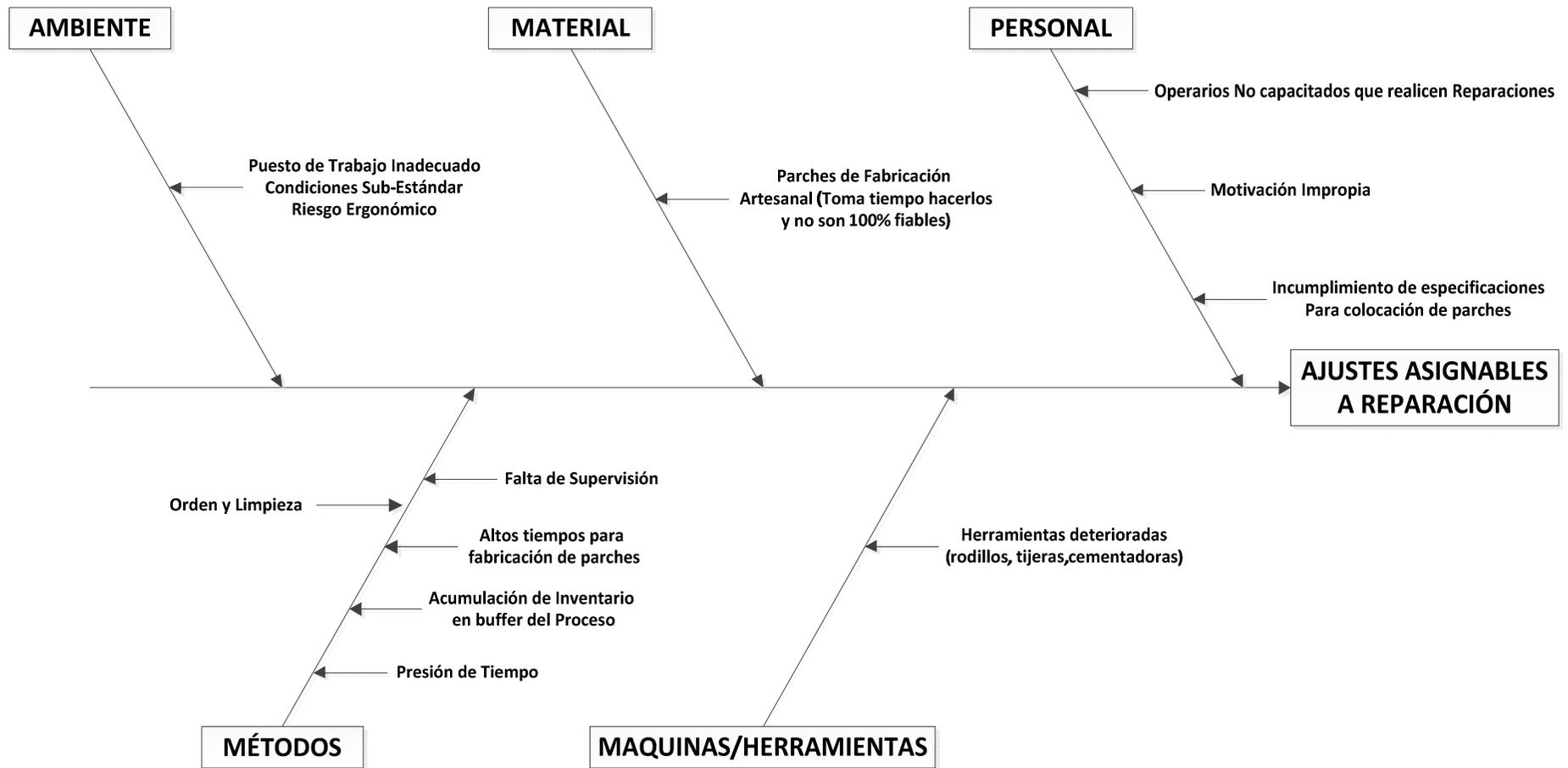


Figura 19. Causa-Efecto Fallos en Reparación

### **6.1.3. Causalidad de Ajustes por Preparación-Cardeo**

Al igual que para el proceso de Reparación, se ha realizado dos tipos de diagramas de causa y efecto para el análisis de causalidad de ajustes asignables al proceso de Preparación o Cardeo. El primer diagrama busca asignar los tipos de fallo más comunes atribuibles al proceso de cardeo junto con sus posibles sub-causas. El segundo diagrama ataca de manera general las causas de cualquier tipo de fallo en el proceso de Preparación o Cardeo. Ver **Figuras 19 y 20**.

DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO - CAUSALIDAD POR TIPO DE FALLO

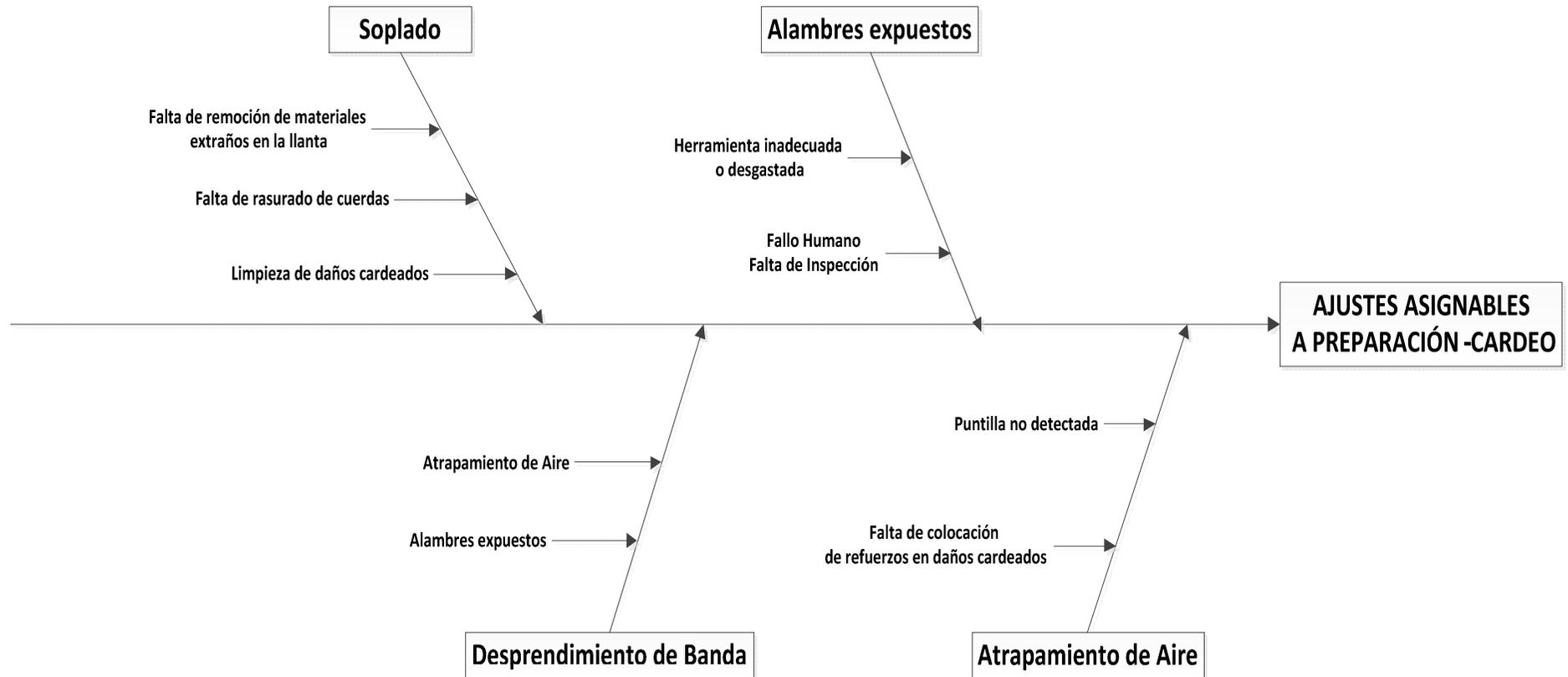


Figura 20.Causa-Efecto Tipo de Fallo por Preparación

## DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO- CAUSALIDAD GENERAL DE FALLOS

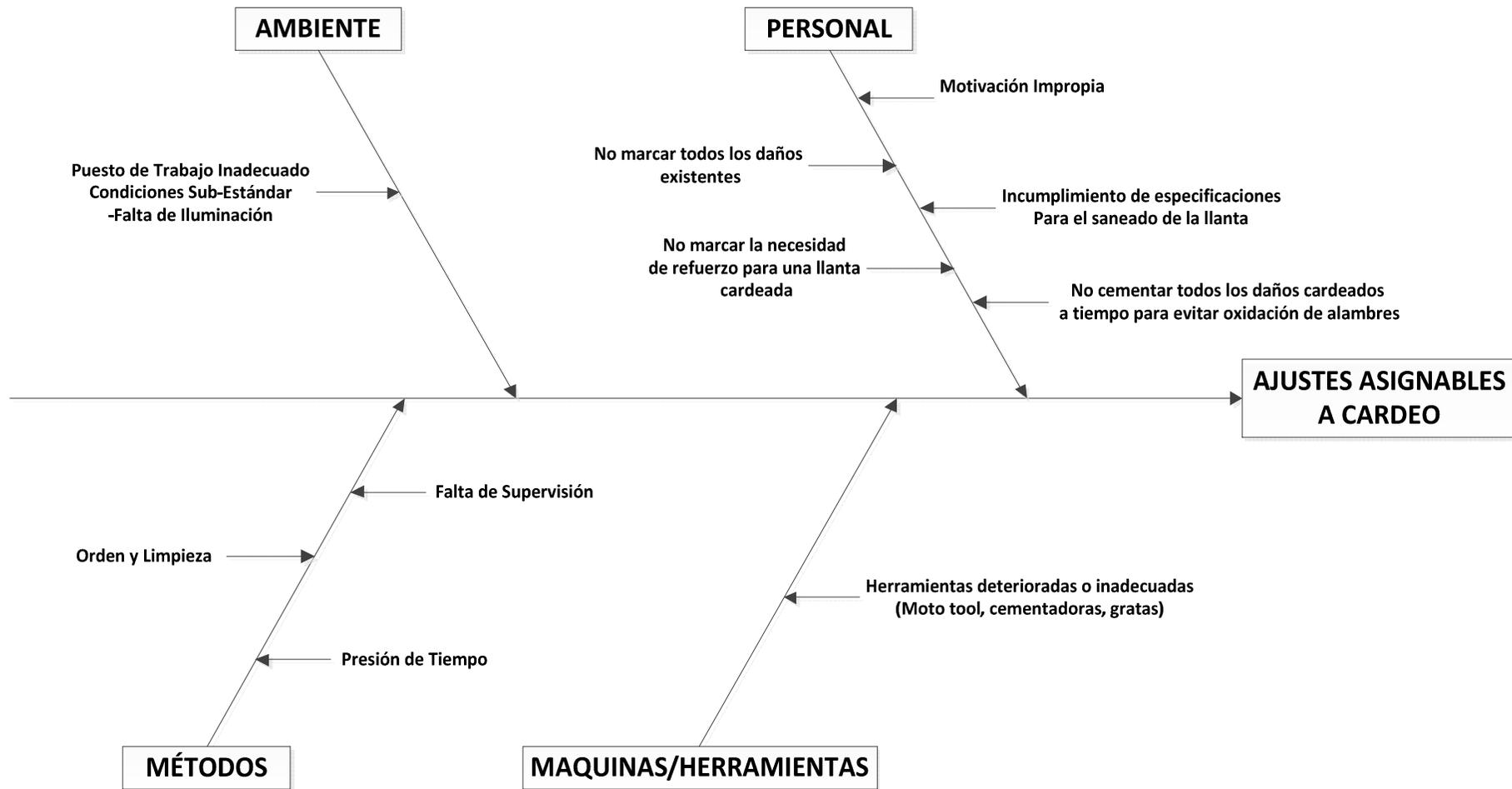


Figura 21. Causa-Efecto Fallos en Preparación

#### 6.1.4. Causalidad de Ajustes por Inspección Inicial

Para el proceso de inspección inicial se realizó un análisis tomando en cuenta como principales causas de un ajuste por inspección inicial las que se toman de los datos estadísticos de los ajustes investigados previamente. Ver **Figura 21**.

A estas causas se las analizó en búsqueda de los motivos de aparición de las mismas de acuerdo a la dependencia con la maquinaria, hombre, herramientas, método de trabajo y materiales.

De acuerdo a esto se realizó la siguiente matriz de interrelación obteniendo los siguientes resultados.

CAUSAS	CERCO DAÑADO	COSTADO ROTO	DESPRENDIMIENTO DE BANDA	MALA RECEPCIÓN	CARCAZA FLOJA	TOTALES
HERRAMIENTA NO ADECUADA	7	7	0	0	7	21
ADECUACION DE SITIO DE TRABAJO	5	7	0	0	3	15
FALLA HUMANA EN INS. INICIAL	10	9	0	9	9	37
MÉTODO NO REALIZADO	8	8	0	8	5	29
MAQUINARIA NO ADECUADA	1	1	0	0	4	6
HUMEDAD	0	0	8	5	0	13
DICTAMEN ERRONEO	0	0	5	0	0	5
<b>TOTALES</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	

Tabla 10. Matriz de Interrelaciones Insp. Inicial

En la Tabla 10 se puede observar que los 5 tipos de ajuste son muy importantes, y que se relacionan de manera más fuerte a errores humanos, a un error en el método de trabajo, a herramientas no adecuadas y mala adecuación del sitio de trabajo.

El análisis realizado sirve como base para establecer alternativas de mejora en la fase siguiente de la metodología.

## DIAGRAMA ISHIKAWA DE CAUSA Y EFECTO

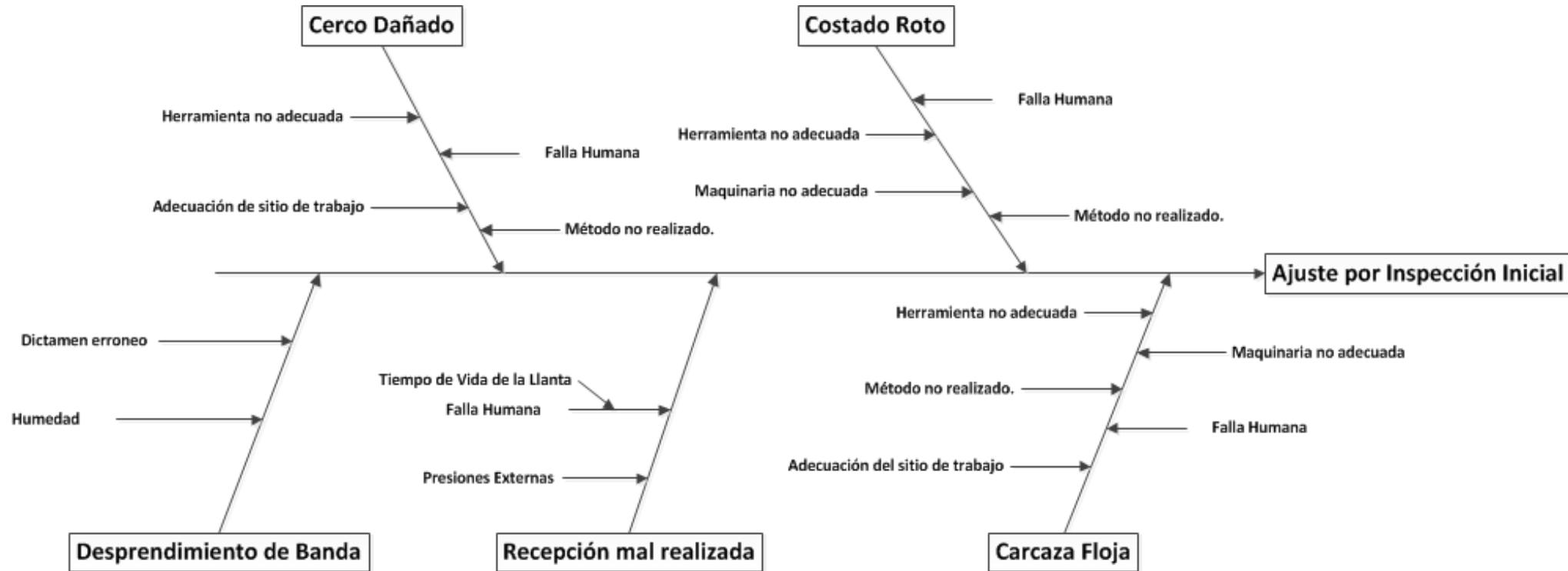


Figura 22. Causa-Efecto Tipo Fallos por Insp. Inicial

## 6.2. Análisis de Actividades Críticas para el Proceso y para la Calidad

### 6.2.1. Vulcanizado

Se procede al análisis del proceso de vulcanizado, de este se pretende especificar cuáles de las actividades son críticas para el proceso y críticas para la calidad. El establecimiento de estos factores permitirá tomar acciones y asegurar la calidad del proceso así como de la salida del mismo.

Para la valoración de las actividades del proceso se procede a un análisis con el equipo de trabajo en el cual se establecen las actividades CTP (Críticos para el Proceso), CTQ (Críticos para la Calidad) y la relación de dependencia con la maquinaria, herramientas, personas, métodos y materiales.

PROCESO DE VULCANIZADO							
ACTIVIDADES	CTP	CTQ	INVOLUCRADOS				
			Personas	Materiales	Métodos	Maquinaria	Herramientas
Colocar carcasa en área de vulcanizado	X		X		X		
Seleccionar sobre de acuerdo a medida de la llanta	X		X	X			X
Revisar que el sobre no haya sido utilizado recientemente		X	X				
Colocar sobre en Ensobretadora	X		X	X		X	
Limpiar interior del sobre y lubricar		X	X	X			
Colocar llanta en interior del sobre y cerrar	X		X		X		
Seleccionar tubo y corbata de acuerdo al tipo de llanta	X		X	X			
Colocar tubo y corbata en interior de llanta	X		X	X	X		X
Seleccionar y montar aro en llanta	X		X	X		X	X
Montar llanta en monorriel de autoclave	X		X			X	
Realizar prueba de vacío		X	X		X	X	
Desconectar manguera de vacío	X		X				
Cargar lote establecido de llantas en el autoclave	X		X		X	X	
Conectar mangueras a sobre y válvula de tubo	X	X				X	
Cerrar autoclave y asegurar puerta	X		X			X	X
Asegurar que válvulas de presión y vacío estén bien posicionadas	X	X	X		X	X	

Accionar bomba de vacío	X					X		
Poner autoclave en funcionamiento (T°)	X	X	X			X		
Dejar transcurrir tiempo de vulcanizado	X	X	X		X			
Apagar autoclave		X	X		X	X		
Abrir autoclave y descargar con monorriel	X		X			X		
Bajar llanta del monorriel y desmontar	X		X				X	
Revisar la llanta		X	X		X			
Llenar reporte de producción	X		X					
Enviar a inspección final.	X		X					
				<b>23</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

Tabla 11. Valoración de Actividades Vulcanizado

De la matriz se concluye que el proceso de vulcanizado depende principalmente del factor humano, de un buen cumplimiento de los estándares así como de la maquinaria, factores clave a tomarse en cuenta en la etapa de mejora.

Los factores críticos para la calidad se muestran subrayados en celeste, y son las tareas en las que se deberá prestar principal atención para la mejora de la salida del proceso.

Con el equipo de trabajo se definieron los factores críticos para la calidad, en los cuales la interacción hombre máquina es muy fuerte, ya que se deben controlar los tiempo y temperaturas de operación, así como que todo este bien conectado para prevenir errores en el proceso.

### 6.2.2. Reparación

Se procede a realizar el análisis de las actividades del proceso de Reparación en búsqueda de aquellas actividades que son críticas para el proceso y para la calidad del producto. De igual forma mediante la matriz se identificarán a los involucrados en cada actividad del proceso. La matriz se muestra a continuación:

PROCESO DE REPARACIÓN							
ACTIVIDADES	CTP	CTQ	INVOLUCRADOS				
			Personas	Materiales	Métodos	Maquinaria	Herramientas
Recibir llanta desde cardeo	X		X			X	
Montar llanta en máquina de revisión de fugas.	X		X		X	X	
Inyectar presión	X		X	X	X		X
Inspeccionar		X	X		X		X
Marcar daños a reparar en llanta		X	X		X		X
Colocar llanta en inspeccionadora	X		X		X		
Revisar y limpiar llanta		X	X		X		X
Identificar daños		X	X				
Medir el daño	X		X		X		X
Preparar área dañada para reparación		X	X	X	X		X
Medir daño y seleccionar número de parche	X	X	X	X	X		X
Fabricar Parche		X	X	X	X	X	X
Rellenar cavidad y estichar		X	X		X		X
Colocar parche y estichar.	X	X	X				X
Montar llanta en cementadora	X		X		X		
Cementar		X	X	X			
			<b>16</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>10</b>

Tabla 12. Valoración Actividades Reparación

La Matriz nos indica que el factor humano nuevamente toma protagonismo en este proceso, así como los métodos de trabajo. Es importante mencionar que es justamente en base a esto que se pretende analizar las oportunidades de mejora para este proceso. Cabe mencionar también que 10 de las 16 actividades de este proceso son críticas para la calidad del producto.

### 6.2.3. Preparación-Cardeo

Al igual que para los procesos anteriores, se procede a realizar la matriz de valoración de actividades para el proceso de preparación o cardeo:

PROCESO DE PREPARACIÓN							
ACTIVIDADES	CTP	CTQ	INVOLUCRADOS				
			Personas	Materiales	Métodos	Maquinaria	Herramientas
Recibir llanta de raspado	X		X		X	X	
Colocar llanta en soporte giratorio	X		X		X	X	
Revisar y marcar daños a sanear		X	X	X	X	X	X
Eliminar objetos extraños		X	X		X		X
Sanear llanta dando textura eliminando imperfecciones con grata.		X	X	X	X		X
Limpiar polvo de cardeo		X	X		X		X
Cementar cuerda o Nylon Expuesto		X	X		X		X
Marcar área de reparación en los costados de la llanta.		X	X				
Raspar costado y colocar sticker			X	X			X
Enviar a reparación	X		X		X	X	
			<b>10</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

Tabla 13. Valoración de Actividades Preparación

Como se observa en la matriz previa, 6 de 9 actividades del proceso de preparación son críticas para la calidad y nuevamente el factor humano es el principal involucrado en el proceso. Teniendo en cuenta que el objetivo final es reducir producto no conforme, habrá que centrarse en las actividades CTQ y mejorar las condiciones de los involucrados.

### 6.2.4. Inspección Inicial

Se procede al análisis del proceso de inspección inicial, en el cual se pretende especificar las actividades que son críticas para el proceso y críticas para la calidad. El establecimiento de estos factores permitirá tomar acciones y asegurar la calidad del proceso así como de la salida del mismo.

Para la valoración de las actividades del proceso se procede a un análisis con el equipo de trabajo en el cual se establecen los CTP's, CTQ's y la relación de dependencia con la maquinaria, herramientas, personas, métodos y materiales.

PROCESO DE INSPECCION INICIAL							
ACTIVIDADES	CTP	CTQ	INVOLUCRADOS				
			Personas	Materiales	Métodos	Maquinaria	Herramientas
Colocar carcasa en máquina de inspección.	X		X			X	
Verificar que este seca la carcasa		X	X		X		
Secar la carcasa		X	X	X		X	X
Verificar no existencia de separación entre cuerdas.		X	X		X		X
Golpear hombros para detectar separación de capas		X	X		X		X
Revisar Cejas		X	X		X		X
Revisar Costados		X	X		X		X
Revisar interior de la Llanta		X	X		X		X
Realizar Venteo de Llanta		X	X		X		X
Marcar con color de área	X		X	X			
Enviar al área de raspado	X		X				
			<b>11</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>7</b>

Tabla 14. Valoración de Actividades Insp. Inicial

De acuerdo a la matriz realizada anteriormente se puede observar que la calidad del producto final está directamente relacionada con el proceso de inspección inicial. Entre los involucrados se puede hacer énfasis en la relación con el factor humano, así como con los métodos y herramientas, por

lo que se los establece como áreas de mejora y de control con el fin de asegurar la calidad en el proceso.

## **7. CUARTA ETAPA: MEJORAR**

### **7.1. Propuesta de Mejora para el Proceso de Vulcanizado**

Como respuesta al análisis de causas realizado en la etapa previa, se establece como siguiente paso la realización de un **diseño de experimentos** en el cual se establece como meta el obtener los parámetros óptimos de funcionamiento para la autoclave. Del desarrollo de este experimento se espera obtener la superficie de respuesta de valores en los cuales es óptimo trabajar en el proceso de vulcanizado, para de esta manera asegurar una vulcanización completa y evitar los errores de soplado o desprendimiento de banda.

#### **7.1.1. Materiales y equipo necesario:**

- DATALOGER digital de 8 canales.
- Cables de medición de temperatura tipo k (termopares).
- Software especializado para medición de temperaturas de Dataloger, TRACERDAQ.
- Computador con Windows XP.
- Formatos y tablas de procedimiento de experimento de acumulación de calor.

#### **7.1.2. Equipo Humano:**

Para la realización del experimento se contó con el apoyo de la gerencia de planta así como del experto proveedor de materia prima para Latinoamérica de Hules Banda, Weimar Gil. La organización del experimento fue realizada -en conjunto con Javier Perez-Anda, Gerente de Producción y con el apoyo de ciertos operadores disponibles según los turnos en el momento en el que se realizaron las corridas.

### 7.1.3. Procedimiento De Diseño De Experimento Para Especificación De Factores En Autoclave Salisbury.

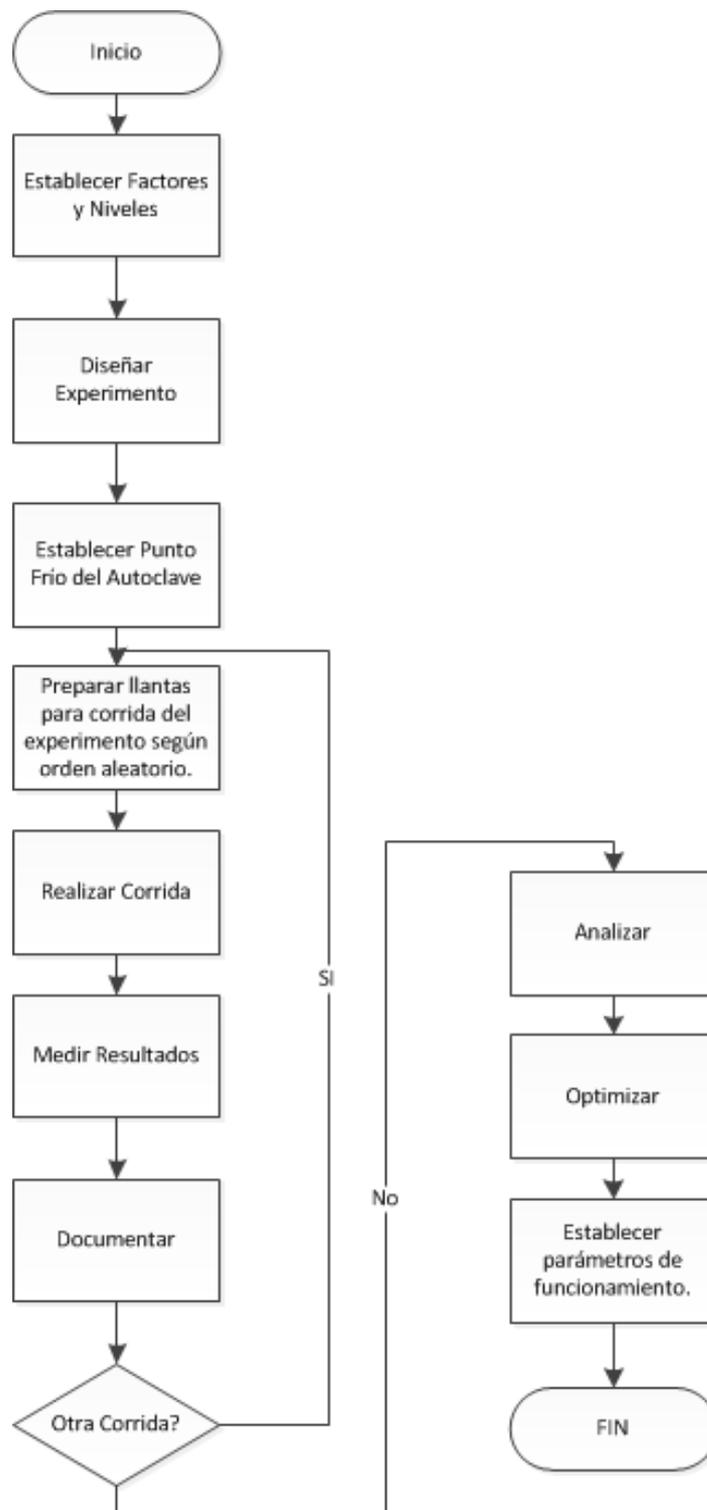


Figura 23. Flujo para Diseño Experimental en Vulcanizado

#### **7.1.4. Establecimiento de Factores y Niveles:**

De acuerdo al análisis realizado anteriormente y de conversaciones en conjunto con el equipo de trabajo se establecen niveles en relación a costos y a la experiencia en el proceso.

Los valores de los factores se presentarán codificados debido a una política de confidencialidad de datos de la empresa

##### **FACTOR 1: Temperatura**

**Tipo:** Numérico

**Unidades:** grados centígrados.

**Nivel Bajo:** -1

**Nivel Alto:** +1

##### **Justificación:**

- Se trabaja a temperaturas entre (-1 codificado) y (+1 codificado) debido a que si se trabaja a menos la acumulación de calor sería muy lenta y el cojín no llegaría a pegarse en ningún tiempo razonable.
- Se estableció que la temperatura no podía ser mayor a (+1 en codificado) ya que aquí influyen otros factores que pueden inflar los costos de materiales demasiado. Los sobres y las piezas tanto de maquinaria como de mantenimiento se desgastarían muy rápido, causando fallas en el proceso, ajustes y costos por mantenimiento.

##### **FACTOR 2: Tiempo**

**Tipo:** Numérico

**Unidades:** Minutos

**Nivel Alto:** +1

**Nivel Bajo:** -1

##### **Justificación:**

- Los tiempos no pueden ser muy bajos como para que no se logre ningún porcentaje de vulcanización, pero tampoco pueden ser muy altos en relación a que no sea viable económicamente ya que la capacidad de producción de la planta depende directamente de estos procesos.

**FACTOR 3:** Tipo de carcasa.

**Tipo:** Categórico.

**Unidades:** (----)

**Nivel Alto:** Convencional.

**Nivel Bajo:** Radial.

Se estableció que sí podía ser un factor determinante para el experimento ya que la construcción y estructura de los dos tipos de llanta es distinta. Debido a que no se tiene mayor información y a que existe la disponibilidad de la planta para la realización del experimento con las dos, además de que, en discusión con el grupo de trabajo no se pudo establecer ninguna razón para opinar que eran iguales y que la temperatura las va a afectar de la misma manera.

#### **FACTORES NO CONTROLABLES O DE RUIDO:**

Los factores no controlables o de ruido del proceso de vulcanizado son aquellos sobre los cuales no se tiene control y que causan la variabilidad natural del mismo. Entre estos se encuentran:

La presión de la autoclave es un factor fijo que es establecido por el fabricante.

La presión de la llanta y envelope, las cuales igualmente son fijas y están determinadas por los fabricantes del autoclave.

La presión atmosférica, que está dada en relación a la temperatura de operación de la planta, la cual es fija.

**RESPUESTA:** Porcentaje de Fusión.

Especifica la fusión porcentual entre banda, cojín y carcasa. La importancia de esta variable de respuesta radica en que una llanta mal vulcanizada desencadena en un ajuste por un desprendimiento de banda, soplado o banda floja. Esta interrelación entre esta respuesta y los distintos ajustes que pueden ocurrir se los puede evidenciar en el análisis de causalidad de la etapa Analizar.

De forma general y de acuerdo al estudio de William Hrbik, para garantizar una vulcanización completa, se debe lograr un porcentaje de fusión de al menos el 100%.

**Tipo:** Numérico.

**Unidades:** Porcentual.

#### 7.1.5. Diseño Del Experimento:

De acuerdo al número de factores y niveles se llegó a la conclusión de que el mejor diseño para el experimento es un  $2^3$  con 6 puntos centrales.

De acuerdo a esto se estableció el diseño como se muestra a continuación:

Factor	Unidades	Tipo	Nivel Bajo	Nivel Alto
Temperatura	Centígrados	Numérico	-1	1
Tiempo	Minutos	Numérico	-1	1
Tipo	Carcasa	Categorico	Convencional	Radial

Tabla 15. Factores y Niveles para Diseño Experimental

Se estableció la respuesta como el porcentaje de vulcanización como se especificó anteriormente.

El modelo del diseño quedó como se muestra a continuación, en este se especifican claramente los puntos centrales y el orden en el que se debe correr el experimento aleatoriamente, aquí se anotan las respuestas obtenidas para el posterior análisis.

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3
		A: Temperatura Grados	B: Tiempo Minutos	C: Tipo Carcasa
12	1	0	0	{ 1 }
2	2	1	-1	{ -1 }
13	3	0	0	{ -1 }
9	4	0	0	{ -1 }
4	5	1	1	{ -1 }
8	6	1	1	{ 1 }
10	7	0	0	{ 1 }
3	8	-1	1	{ -1 }
14	9	0	0	{ 1 }
7	10	-1	1	{ 1 }
11	11	0	0	{ -1 }
6	12	1	-1	{ 1 }
5	13	-1	-1	{ 1 }
1	14	-1	-1	{ -1 }

Tabla 16. Modelo del Diseño Experimental

Como se puede observar se tiene las 8 corridas de los diferentes niveles y factores del experimento, más 6 corridas de los puntos centrales para especificar una curvatura en el experimento.

#### 7.1.6. Puntos Centrales

Se utilizan 6 puntos centrales ya que corresponden a tres puntos centrales por cada tipo de llanta, ya que no se tiene un punto central para un factor categórico se evalúan 3 puntos centrales para cada uno con los valores intermedios (0 en codificado) para cada uno de ellos.

Se debe utilizar puntos centrales en el modelo ya que estos son los que nos darán información sobre la varianza del experimento y además con estos se puede especificar la existencia o no de curvatura del mismo.

#### 7.1.7. Establecimiento De Punto Frío:

De acuerdo al procedimiento se establece el punto frío del autoclave, para lo que se siguieron los siguientes pasos:

- Se estableció las áreas en las cuales se va a medir la temperatura interna, estableciendo zonas altas y bajas, así como fondo, puerta y

centro; dando un total de 6 mediciones, más dos de los termómetros digital y análogo.

- Se realizó el experimento hasta llegar a una temperatura de (+1 codificado) en el termómetro digital, se la mantuvo por 20 minutos después de que se fijó y se establecieron diferencias entre los puntos de medición.
- Se estableció que el punto frío de la máquina es el punto central bajo.

El fijar el punto frío de la máquina y el establecer las diferencias se lo realiza ya que si existe demasiada diferencia el vulcanizado va a ser disparateo en las llantas, por lo que se deberá buscar una forma de cambiar la estructura del autoclave para solucionarlo. Además para la realización de las pruebas de vulcanizado, siempre y cuando la diferencia no sea muy grande (3 a 5°C) se deberá realizar la misma en este punto para no correr el riesgo de que la banda y carcasa no queden bien fusionadas.

#### **7.1.8. Preparación de las Llantas:**

- Se utilizaron llantas inservibles para llenar el autoclave de tal manera que se simule la situación real de operación, con sobres pero con llantas inservibles ya que se van a utilizar las mismas para todas las corridas del experimento.
- Se coloca la llanta a la cual le toca la corrida según el diseño del experimento y se la realiza todo el proceso desde la inspección inicial.
- Se prepara el cable tipo k para la medición según el largo requerido y se lo prueba, de tal manera que se asegure que está pasando corriente.
- En el embandado se coloca el cable para el Dataloger ubicado entre banda y cojín en la parte de mayor ancho de banda.
- A partir de esto se continúa con el proceso teniendo cuidado de pasar el cable hacia fuera del sobre sin dañarlo, obteniendo la llanta lista para ingresar al autoclave.
- Se llena la autoclave y se establece un punto de control de temperatura interna del mismo para comprobar la eficacia de los sistemas de medición de la maquinaria.

- Se ingresa la mitad de las llantas de relleno, y la llanta de prueba en la mitad, con la ubicación del punto de medición en el punto frío de la máquina. (Parte inferior central).
- Se comprueba que todo esté funcionando correctamente, en el software, maquinaria, etc.
- Cerrar autoclave.

#### **7.1.9. Realización De La Corrida:**

- Se verifica las temperaturas iniciales y que todos los elementos de hardware estén funcionando correctamente.
- Se prepara el software, se mantiene los formatos listos para toma de datos.
- Se realiza el experimento según el orden especificado a los niveles de presión, temperatura y tipo de llanta obtenidos del diseño.

#### **7.1.10. Medición De Resultados**

- Para el cálculo de la variable de respuesta se utilizo la guia presentada en el Estudio de Termopares de la Asociación de Reencauchadores Americanos de William Hrbik. Este estudio especifica la forma de hacer una prueba de termopares. Los pasos que se siguieron para finalmente calcular la el porcentaje de fusión se resumen en la figura 23 que se presenta a continuación:



Figura 24. Pasos para la Medición de Resultados

- No se puede mostrar las especificaciones de los estudios y de los cuadros de acumulación de calor ya que son información confidencial de Hules Banda e Industrial Oso Tires S.A.

#### 7.1.11. Documentación y Análisis De Resultados

- Se documentan los resultados en el software Design Expert según el resultado de la corrida.

Se repiten estos tres pasos hasta obtener las 14 corridas según el orden aleatorio del diseño del experimento. A continuación se muestran los resultados obtenidos del experimento:

## EXPERIMENTO DISEÑADO EN VARIABLES CODIFICADAS:

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Respuesta
		A: Temperatura Grados	B: Tiempo Minutos	C: Tipo Carcaza	% de Fusión
12	1	0	0	{ 1 }	24,91
2	2	1	-1	{ -1 }	30,89
13	3	0	0	{ -1 }	24,24
9	4	0	0	{ -1 }	23,53
4	5	1	1	{ -1 }	132,69
8	6	1	1	{ 1 }	136,03
10	7	0	0	{ 1 }	26,69
3	8	-1	1	{ -1 }	62,35
14	9	0	0	{ 1 }	31,17
7	10	-1	1	{ 1 }	67,81
11	11	0	0	{ -1 }	23,89
6	12	1	-1	{ 1 }	25,15
5	13	-1	-1	{ 1 }	5,21
1	14	-1	-1	{ -1 }	4,34

Tabla 17. Respuestas del Diseño- Variables Codificadas

En la Tabla 17 se muestran las respuestas encontradas de porcentaje de fusión en relación a las corridas que se realizaron. Se puede ver muy claramente que se realizan 14 corridas de acuerdo al diseño con los tres puntos centrales por cara debido a que se encuentran dos factores que son categóricos, por lo que los puntos centrales se dan en las caras como se muestra en el siguiente gráfico.

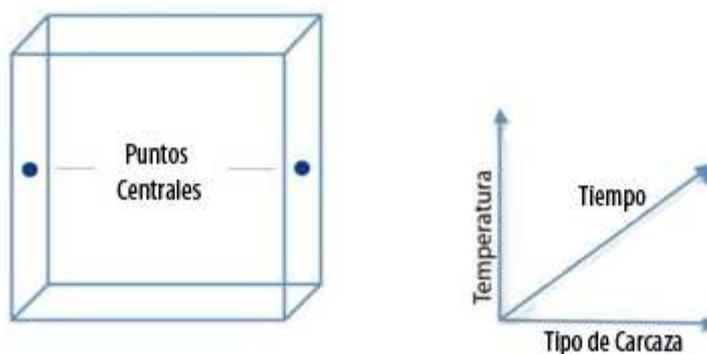


Figura 25. Niveles y Puntos Centrales del Diseño

En cada cara se puede observar los tres puntos centrales correspondientes a las tres corridas realizadas para cada tipo de llanta. Los puntos centrales en el diseño pueden usarse para construir una estimación del error con  $n_c-1$  grados de libertad.

En el diseño se especifican solamente una réplica debido a la cantidad de recursos disponibles para la realización del experimento. La opción de realizar una corrida con 3 puntos centrales en cada cara es la mejor ya que minimiza los costos del experimento.

Es importante observar que las corridas estándar número 4 y 8, correspondientes a los niveles altos de tiempo y temperatura para cada tipo de llanta son los únicos que sobrepasan el valor del 100% de fusión. Esto es importante ya que se podría pensar que la línea base, debido a las respuestas de los otros factores no es la adecuada, ya que ningún otro que el especificado anteriormente sobrepasaría el nivel para obtener un producto terminado que cumpla con los requerimientos de calidad.

## SELECCIÓN DE FACTORES EN EL DISEÑO

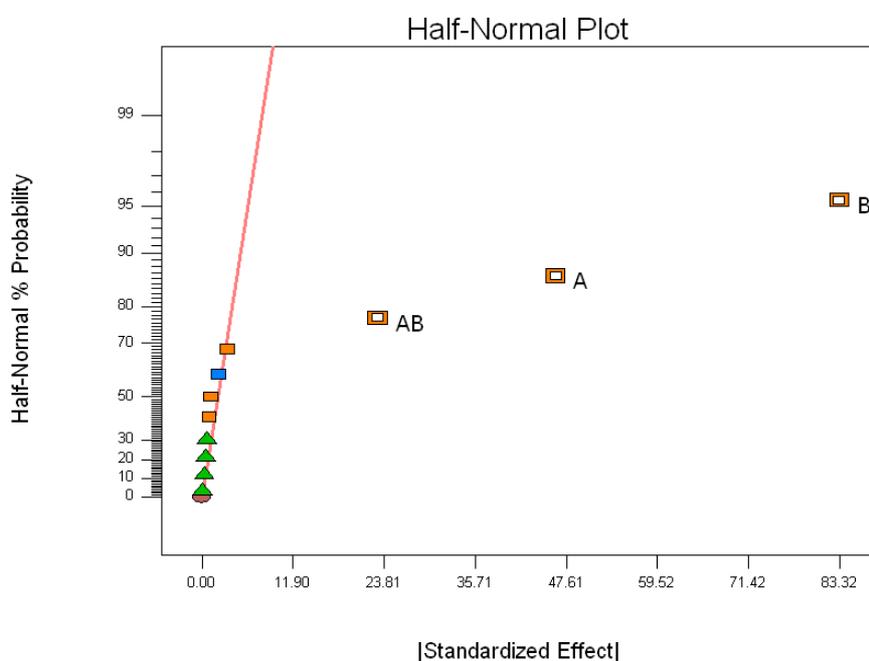


Figura 26. Gráfico de Mitad de Probabilidad Normal

El gráfico de mitad de probabilidad normal es utilizado interactivamente en el software Design Expert 8.0. para establecer cuales de los factores son significativos y cuales no, además se puede utilizar de igual manera otras herramientas disponibles en el software en las cuales lo realiza automáticamente, pero, de acuerdo al caso y a la afinidad del usuario se puede utilizar cualquiera obteniendo resultados similares. En este caso se utilizaron simultáneamente la prueba de Pareto mostrada a continuación y la citada anteriormente en conjunto con la prueba ANOVA.

Se escogieron todos los factores principales e interacciones y se fue eliminando las de menos incidencia hasta obtener un diseño en el que la falta de ajuste no sea significativa, llegando a establecer los factores e interacciones significativos/as como se muestra posteriormente en el modelo final del ANOVA.

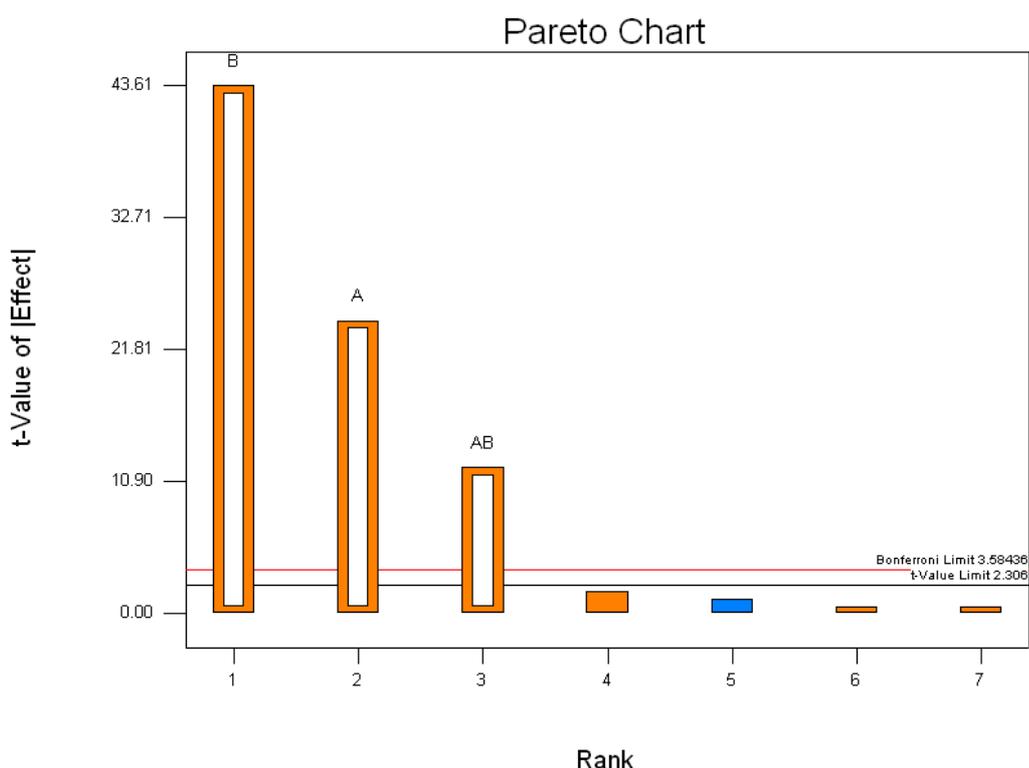


Figura 27. Gráfica de Pareto de los Factores

## ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA RESPUESTA DE % DE FUSION

### RESÚMEN

	Modelo Ajustado		Modelo No Ajustado	
	F-value	p-value	F-value	p-value
<b>Modelo</b>	730.36	< 0.0001	17.51	0.0003
<b>Curvatura</b>	408.18	< 0.0001		
<b>Falta de Ajuste</b>	2.2	0.2325	115.2	0.0002

Tabla 18. Análisis ANOVA

En esta tabla se muestra un resumen del modelo, en el cual se establece que existe curvatura, que el modelo es significativo y que la falta de ajuste no es significativa para los factores e interacciones seleccionadas.

	Modelo Ajustado		Modelo No Ajustado	
	Coeficiente		Coeficiente	
<b>Factor</b>	Estimado	Valor-p	Estimado	Valor-p
<b>Intercept</b>	58.06		44.21	
<b>A</b>	23.13	< 0.0001	23.13	0.0066
<b>B</b>	41.66	< 0.0001	41.66	0.0001
<b>AB</b>	11.51	< 0.0001	11.51	0.1197
<b>Punto Central</b>	-32.32	< 0.0001		

Tabla 19. Análisis ANOVA Factores

La tabla anterior muestra los valores calculados para el modelo ajustado y para el no ajustado, en este caso en el que se debe basar el análisis es en el ajustado que es el que toma en cuenta la curvatura. Aquí se comprueban los factores e interacciones que son significativos al realizar una prueba-p en la cual se establece que los valores menores que alpha de 0,05 son significativos

### ANOVA PARA MODELO FACTORIAL SELECCIONADO:

Este es el modelo establecido usado para el diagnostico de los gráficos:

Fuente	Suma de Cuadrados	DF	Media Cuadrado	Valor F	Valor -p	Significancia
					Prob > F	
<b>Modelo</b>	19225.33	3	6408.44	730.36	< 0.0001	<b>SIGNIFICATIVO</b>
<b>A-Temperatura</b>	4280.44	1	4280.44	487.84	< 0.0001	<b>SIGNIFICATIVO</b>
<b>B-Tiempo</b>	13885.28	1	13885.28	1582.49	< 0.0001	<b>SIGNIFICATIVO</b>
<b>AB</b>	1059.61	1	1059.61	120.76	< 0.0001	<b>SIGNIFICATIVO</b>
<b>Curvatura</b>	3581.52	1	3581.52	408.18	< 0.0001	<b>SIGNIFICATIVO</b>
<b>Residual</b>	78.97	9	8.77			
<b>Falta de Ajuste</b>	57.91	5	11.58	2.2	0.2325	<b>NO SIGNIFICATIVO</b>
<b>Error Puro</b>	21.06	4	5.27			
<b>Suma Cuadrados Totales</b>	22885.81	13				

Tabla 20. ANOVA Modelo Completo

- Se ilustran los factores significativos, es decir los factores principales A y B y la interacción significativa AB. La curvatura igualmente se muestra como un valor significativo, todos estos factores en interacciones con un valor p menor a un alpha de 0,5.
- La suma de cuadrados de los residuales está compuesta de los componentes del error puro correspondiente a los puntos centrales, y al componente de la falta de ajuste del modelo que está compuesto por la suma de cuadrados de los factores e interacciones que se eliminaron ya que no eran significativos. Los grados de libertad correspondientes al error puro son 4, esto debido a que se tiene 6 puntos centrales, pero son 3 de cada cara debido al factor categórico tipo de carcaza.

### ESTADÍSTICOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA:

<b>Std. Dev.</b>	19.13
<b>Media</b>	44.21
<b>C.V.%</b>	43.28
<b>PRESS</b>	7552.58
<b>R-Cuadrado</b>	<b>0.8401</b>
<b>R-Cuadrado Adj</b>	<b>0.7921</b>
<b>R-Cuadrado Pred</b>	0.67
<b>Adeq Precision</b>	<b>12.671</b>

Tabla 21. Estadísticos del ANOVA

**PRESS:** Es un estadístico que establece que tan bien predecirá datos nuevos el modelo seleccionado. A este se lo deberá relacionar con la suma de cuadrados total para establecer el estadístico R cuadrado predicho. “El estadístico PRESS proviene de la suma de los errores de predicción, al predecir un punto  $i$ -ésimo de los datos con un modelo que incluye todas las observaciones excepto la  $i$ -ésima.” (Montgomery DOE).

De acuerdo a los resultados podemos observar que el modelo no es el más confiable predictor de datos nuevos, ya que tiene un valor alto, y al relacionarlo con la suma de cuadrados totales nos da como resultado un R cuadrado de predicción de solo 0.67, lo cual no es muy atractivo para una toma de decisión en el cálculo de una nueva observación.

**R-Cuadrado:** Muestra la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo, tiene como problema que siempre aumenta según se incrementan factores al modelo, así no sean significativos. Se calcula mediante la ecuación:

$$R^2 = \frac{SS_{Modelo}}{SS_{Total}}$$

El R cuadrado en este modelo muestra que los datos se ajustan al modelo en un 84.01%, estableciendo que el modelo es confiable. Con respecto al problema de este estadístico, nombrado anteriormente, se sabe que solo se han incluido tres factores en el modelo, por lo que en este caso se puede confiar en las respuestas obtenidas.

**R-Cuadrado Adj:** Es un estadístico que está ajustado al número de factores significativos del modelo. Se calcula mediante la fórmula:

$$R^2_{Ajustado} = 1 - \frac{SS_E/df_E}{SS_{Total}/df_{Total}}$$

En el modelo utilizado para el análisis se tiene un ajuste de los factores utilizados en el modelo de un 79,21%. Este valor es aceptable para el desarrollo del modelo.

**R-Cuadrado Pred:** Este estadístico nos indica que se espera que el modelo explique cerca del 67% de la variabilidad de los datos nuevos.

El R-cuadrado predicho de 0.67 es razonable en relación al R-cuadrado ajustado de 0.7921. Se lo calculo mediante la fórmula:

$$R^2_{Predicción} = 1 - \frac{PRESS}{SS_{Total}}$$

**Adeq Precision:** mide la señal de ruido del radio, Un radio mayor de 4 es deseable en la modelación de diseño de experimentos según recomienda el software Design Expert, por lo tanto tenemos una señal adecuada y este modelo puede ser utilizada para navegar por el espacio del diseño.

## **ERROR ESTANDAR DEL DISEÑO**

El error estándar del diseño muestra como el error va cambiando proporcionalmente a la variación de los niveles de los factores, esto se puede ver claramente en los gráficos mostrados a continuación.

En estos se compara el error estándar del diseño con la superficie creada por la variación en los factores codificados de tiempo y temperatura entre su nivel bajo y alto.

Se realizan dos gráficos en los cuales no se puede ver una diferencia significativa ya que como se lo demostró en la prueba ANOVA el factor de tipo de llanta no es significativo. Para fines prácticos de comprobación se muestran los dos a continuación demostrando que la variabilidad aumenta conforme se aleja el experimento de los puntos centrales.

En los dos gráficos se observa claramente que el diseño tiene menor error en el centro, y aumenta en relación a como se acerca a los límites de los niveles numéricos.

## LLANTA CONVENCIONAL

Design-Expert® Software  
 StdErr of Design  
 Std Error Shading  
 1.5  
 0.5  
 X1 = A: Temperatura  
 X2 = B: Tiempo  
 Coded Factor  
 C: Tipo = Convencional

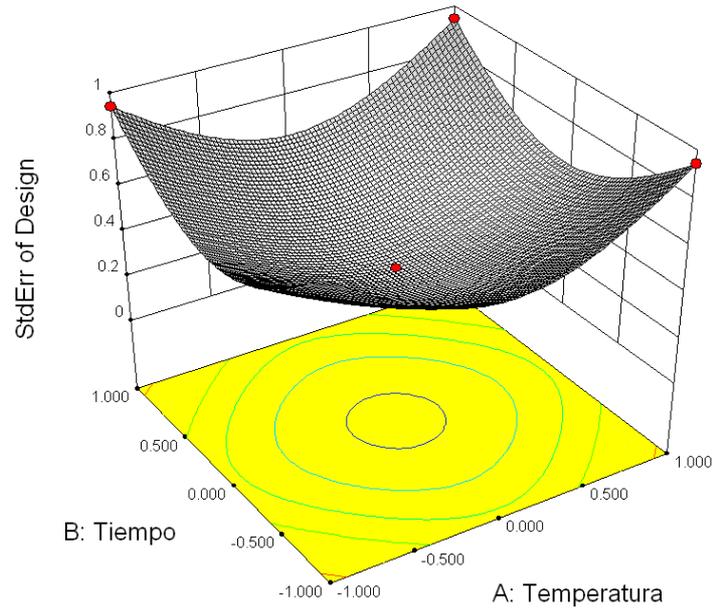


Figura 28. Error Estándar LLanta Convencional

## LLANTA RADIAL

Design-Expert® Software  
 StdErr of Design  
 Std Error Shading  
 1.5  
 0.5  
 X1 = A: Temperatura  
 X2 = B: Tiempo  
 Coded Factor  
 C: Tipo = Radial

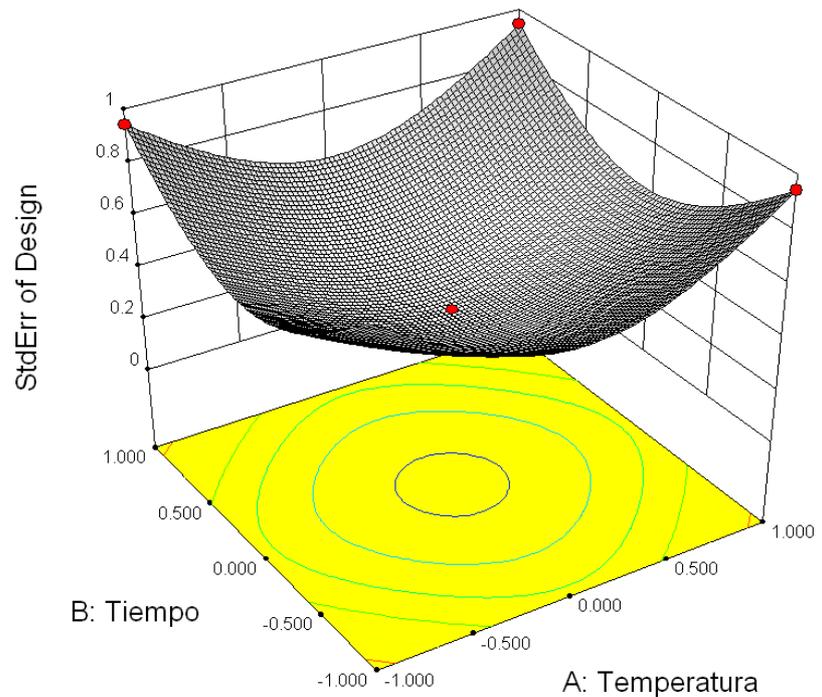


Figura 29. Error Estándar LLanta Radial

## INTERVALOS DE CONFIANZA:

<b>Coficiente</b>	<b>Standard</b>			<b>95% CI</b>	<b>95% CI</b>
<b>Factor</b>	<b>Estimado</b>	<b>df</b>	<b>Error</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>
<b>Intercept</b>	44.21	1	5.11	32.81	55.6
<b>A-Temperatura</b>	23.13	1	6.76	8.06	38.2
<b>B-Tiempo</b>	41.66	1	6.76	26.59	56.73
<b>AB</b>	11.51	1	6.76	-3.56	26.58

Tabla 22. Intervalos de Confianza para Coeficientes

Para el establecimiento de los intervalos de confianza se los calcula a partir de:

$$\hat{\beta} - t_{0.025, N-p} se(\hat{\beta}) \leq \beta \leq \hat{\beta} + t_{0.025, N-p} se(\hat{\beta})$$

Donde los grados de libertad t es el número de grados de libertad del error, es decir, N es el número total de corridas del experimento, y p es el número de parámetros del modelo. (Montgomery). El error estándar de cada coeficiente fue calculado según la fórmula:

$$\text{Error estandar de cada coeficiente} = \sqrt{\frac{MS_E}{n2^k}}$$

## ECUACIÓN FINAL EN FUNCIÓN DE LOS FACTORES CODIFICADOS:

El modelo completo de regresión, según la ecuación de Montgomery y que incluye los factores cuadráticos dados por los puntos centrales sería:

$$\begin{aligned} \% \text{ de fusión} &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3 + \hat{\beta}_4 x_1 x_2 + \hat{\beta}_5 x_1 x_3 + \hat{\beta}_6 x_2 x_3 + \hat{\beta}_7 x_1 x_2 x_3 \\ &+ \sum_{n=0}^{n=7} \varepsilon_n \end{aligned}$$

Donde se realiza la prueba de hipótesis dada a continuación:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$$

$$H_1: \text{al menos una } \beta \neq 0$$

Y la suma de cuadrados del modelo, esta dada por:

$$SS_{Modelo} = SS_{x_1} + SS_{x_2} + SS_{x_3} + SS_{x_1 x_2} + SS_{x_1 x_3} + SS_{x_2 x_3} + SS_{x_1 x_2 x_3}$$

El estadístico  $F_0 = \frac{MS_{modelo}}{MS_E}$

El modelo de Regresión con los factores significativos únicamente sería:

$$\% \text{ de fusión} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_4 x_1 x_2$$

Donde:

$\hat{\beta}_0 =$  promedio estimado de todas las observaciones

$\hat{\beta}_1 \dots \dots \hat{\beta}_7 =$  coeficientes estimados para los factores correspondientes

$x_1 =$  factor Tiempo

$x_2 =$  factor Temperatura

$x_3 =$  factor Tipo de llanta

$x_1 x_2 =$  interacción Tiempo – Temperatura

$x_1 x_3 =$  interacción Tiempo – Tipo de llanta

$x_2 x_3 =$  interacción Temperatura – Tipo de llanta

$x_1 x_2 x_3 =$  interacción triple Temperatura – Tiempo – Tipo de llanta

$\sum_{n=0}^{n=7} \varepsilon_n =$  error de aproximación de cada uno de los factores.

**De acuerdo a esto el MODELO FINAL para la respuesta % de fusión en variables codificadas esta dado por:**

$$\% \text{ de fusión} = 44.21 + 23.13x_1 + 41.66x_2 + 11.51x_1x_2$$

**Los términos cuadráticos no son incluidos en el modelo ya que no son parte del alcance de la tesis**, para calcular estos se debería correr los puntos axiales realizando otro bloque en el experimento y, de acuerdo a las observaciones realizadas analizar los resultados. Debido a esto los factores cuadráticos que son los necesarios para el cálculo de la curvatura del modelo no son incluidos en el modelo final. Con el software Design Expert se realiza la inspección de la curvatura utilizando la información obtenida de los diferentes valores en los valores altos y bajos del experimento, así como los puntos centrales. **Ya que la curvatura resulto ser significativa para el modelo, y el R cuadrado de predicción es relativamente bajo, se sugiere**

la realización de un experimento con un modelo cuadrático en el cual se usen los puntos axiales de los factores cuantitativos.

## PRUEBA DE NORMALIDAD DE RESIDUALES

Del análisis de residuales realizado en Minitab y Design Expert se obtiene:

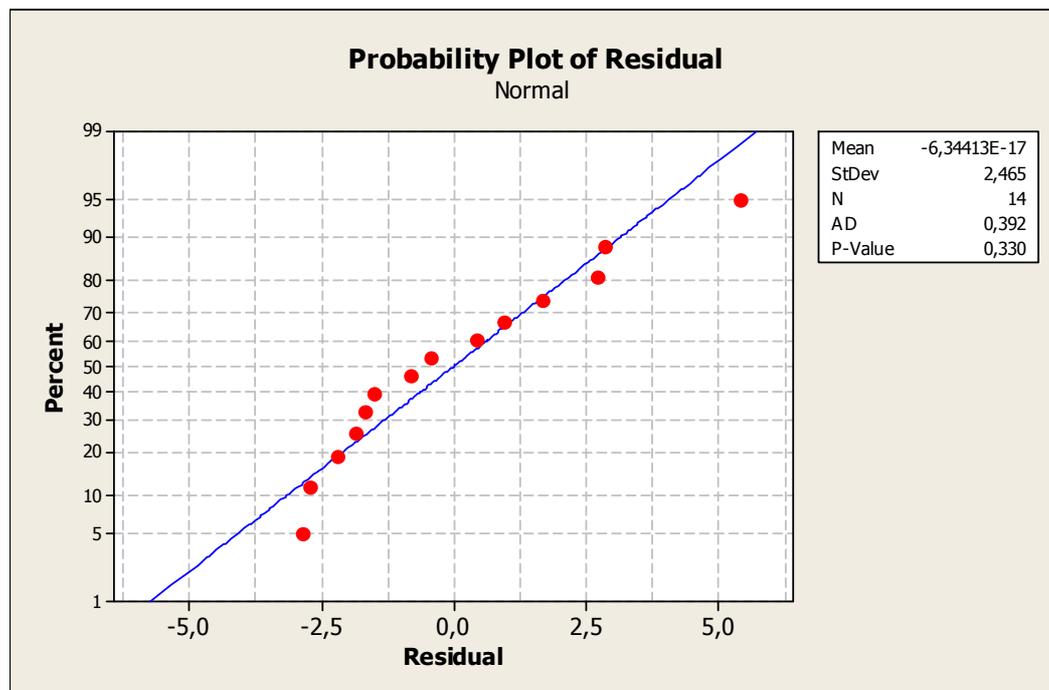


Figura 30. Gráfico de Probabilidad

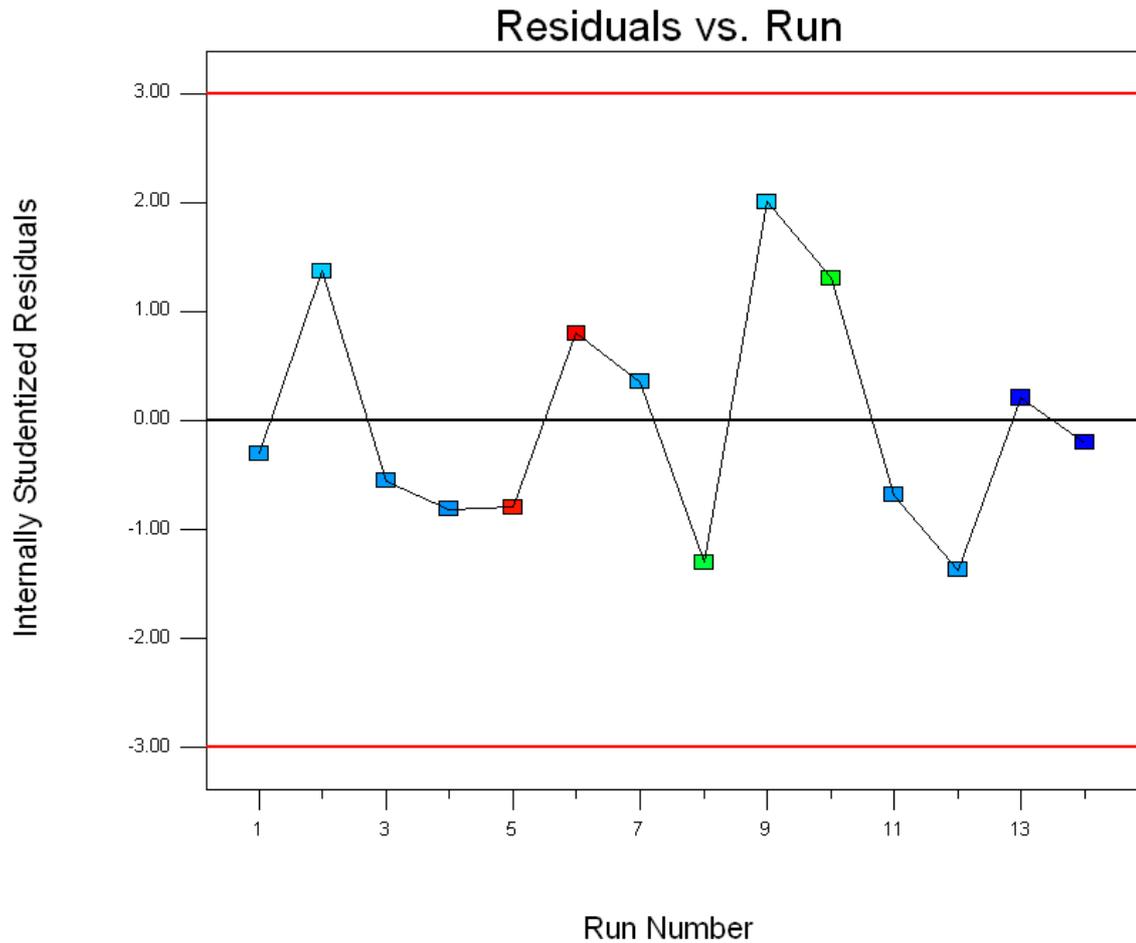


Figura 31. Gráfico de Residuales Vs. Corrida

Analizando tanto el gráfico de Residuales vs. Corrida, como el gráfico normal de Residuales no se puede obtener ninguna inferencia estadística de que los datos no siguen una distribución normal. Se observa una completa aleatorización por lo que no se encuentra ningún problema con el modelo ni hay que hacer ninguna clase de transformación a los datos.

## GRÁFICOS DE RESPUESTA DEL MODELO:

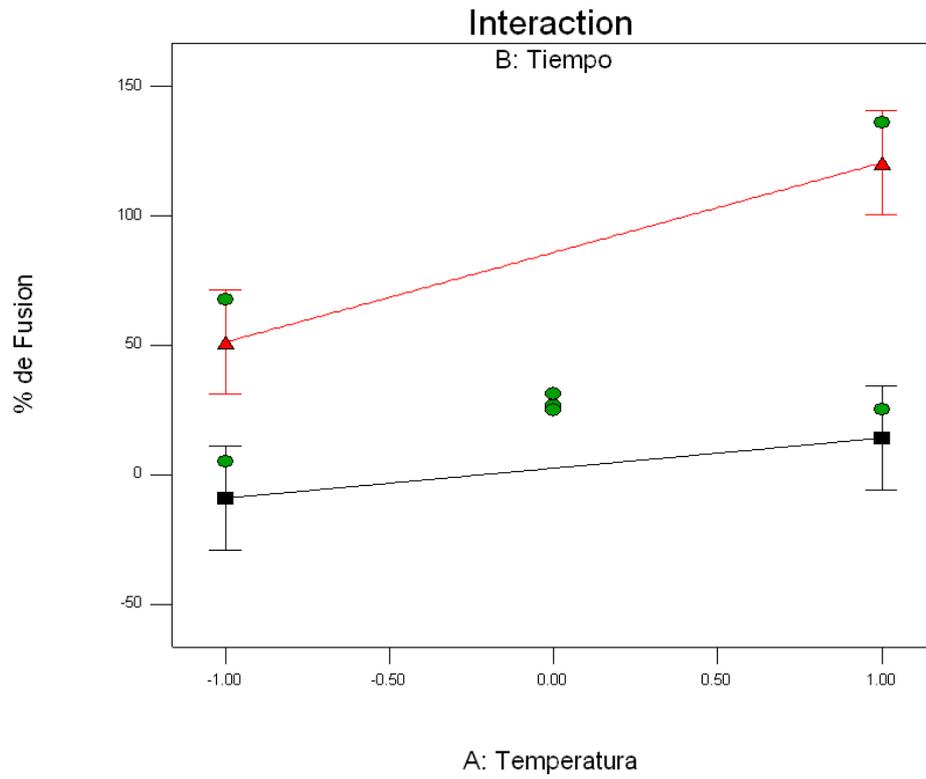


Figura 32. Gráfico de Interacción Llanta Convencional

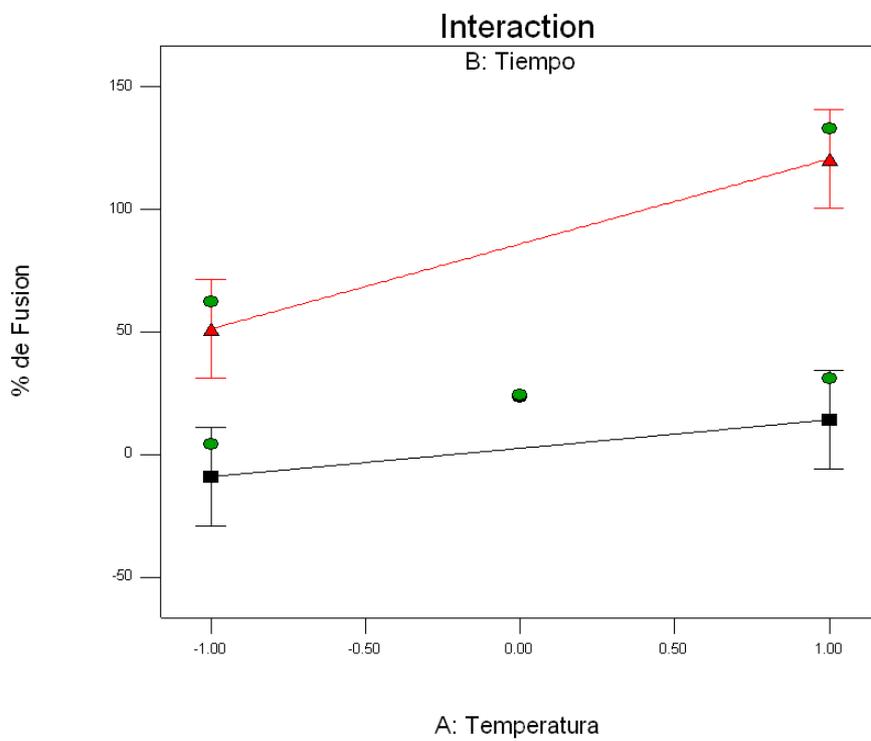


Figura 33. Gráfico de Interacción Llanta Radial

De las gráficas anteriores se puede deducir que si existe una interacción entre los factores. A pesar de que no se crucen sus pendientes no son iguales, lo que indica que si se las extiende estas lo harán. Las dos gráficas tanto para llanta convencional como para radial muestran prácticamente lo mismo, aunque no son exactamente iguales si se observa con detenimiento.

## GRÁFICAS DE CONTORNO

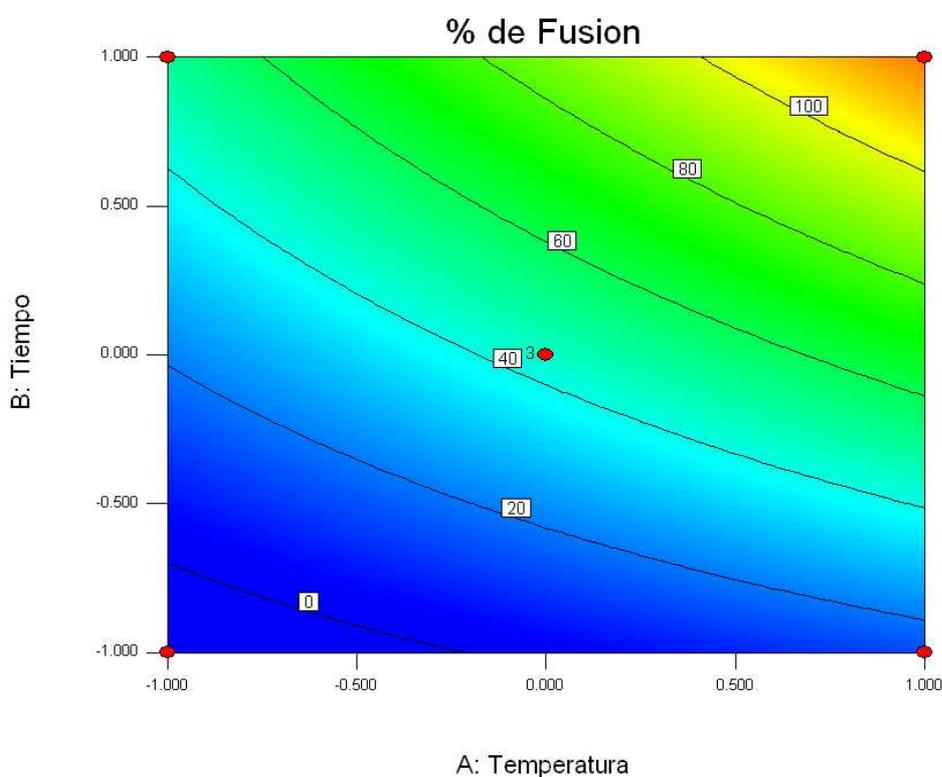


Figura 34. Gráfica de Contorno LLanta Conevencional

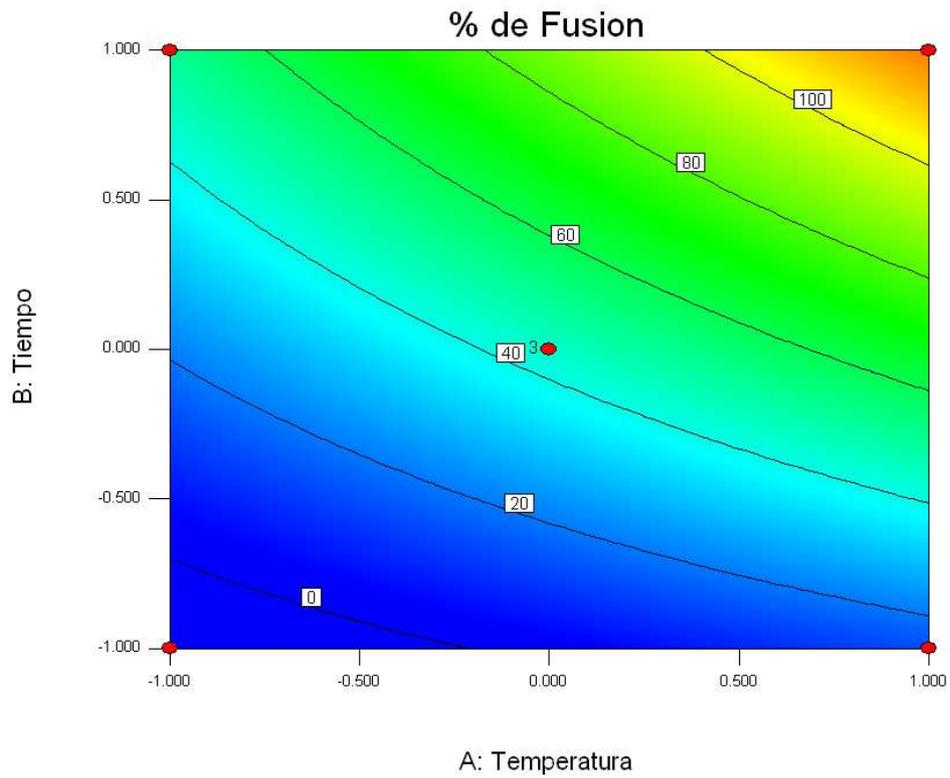


Figura 35. Gráfica de Contorno LLanta Convencional

## GRÁFICAS DE SUPERFICIE

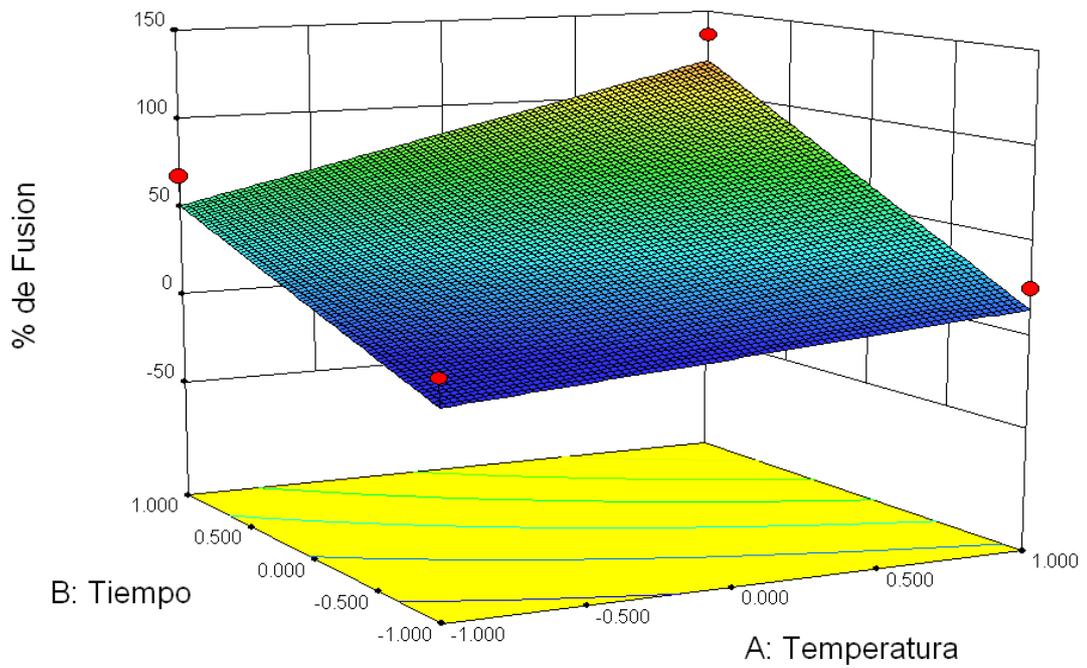


Figura 36. Gráfica de Superficie LLanta Radial

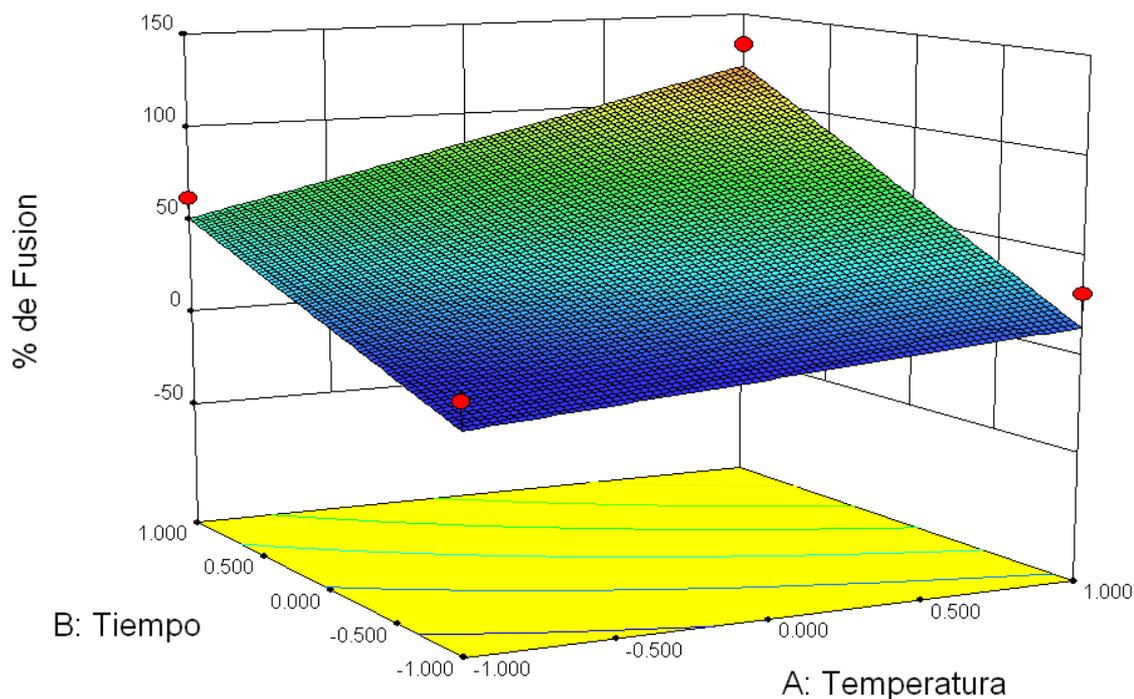


Figura 37. Gráfica de Superficie Llanta Convencional

Las gráficas de contorno y de tres dimensiones, muestran prácticamente la misma información. Las dos permiten relacionar los niveles con la respuesta de % de fusión, especificando de esta manera el área en la cual se logra sobrepasar el % esperado del 100% y permitiendo observar de mejor manera el comportamiento de la respuesta en relación al cambio en las variables.

En las gráficas en 3 dimensiones se puede observar claramente la curvatura en la superficie de respuesta, corroborando la información de la curvatura significativa brindada por el ANOVA.



codificadas. Para el factor tiempo se trabajaba en un rango equivalente de variables codificadas entre 0.5 y 1.55. De acuerdo a estas combinaciones se establece que no se tenía ninguna herramienta para asegurar la calidad en el proceso de vulcanizado.

Utilizando la herramienta de optimización del Software Design Expert se estableció que para obtener los mejores parámetros de calidad, asegurando el cumplimiento de un buen pegado de banda a la carcasa, se encontraron 70 soluciones con una predicción del 100% de ajuste en el área especificada a continuación:

### GRÁFICA DE CONTORNO:

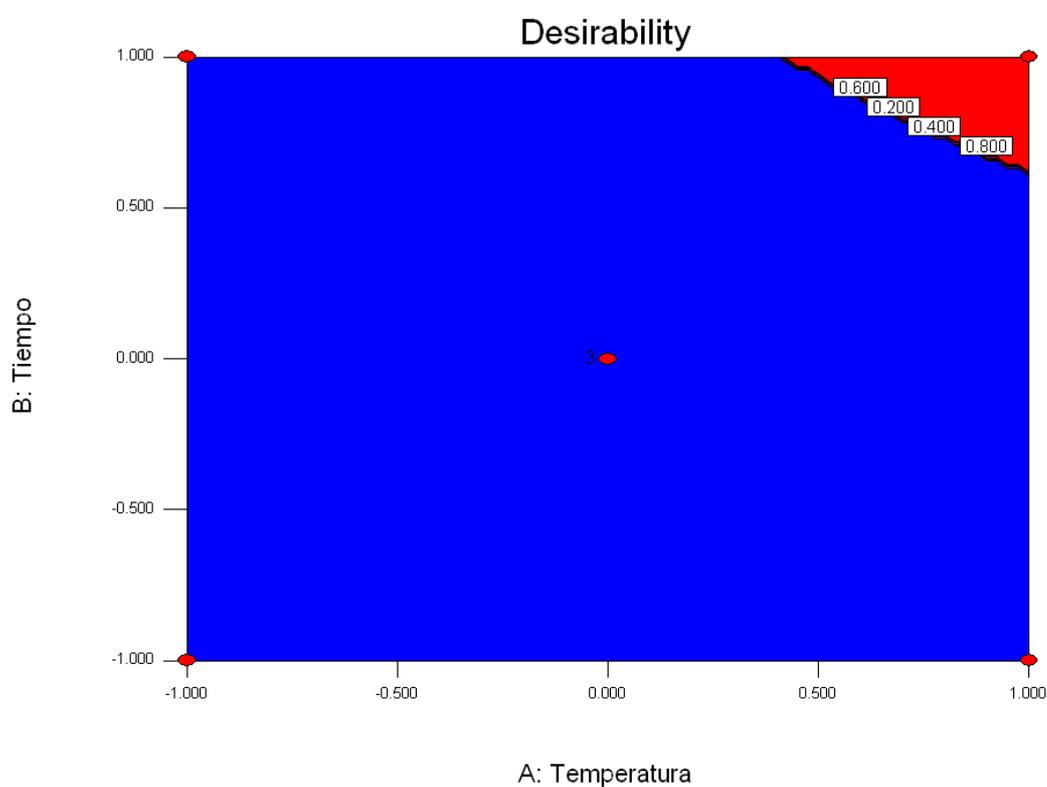


Figura 39. Gráfica de Contorno Valores Deseados

El área en rojo es el área en la cual se debe operar para asegurar obtener una vulcanización completa.

## GRÁFICA DE SUPERFICIE:

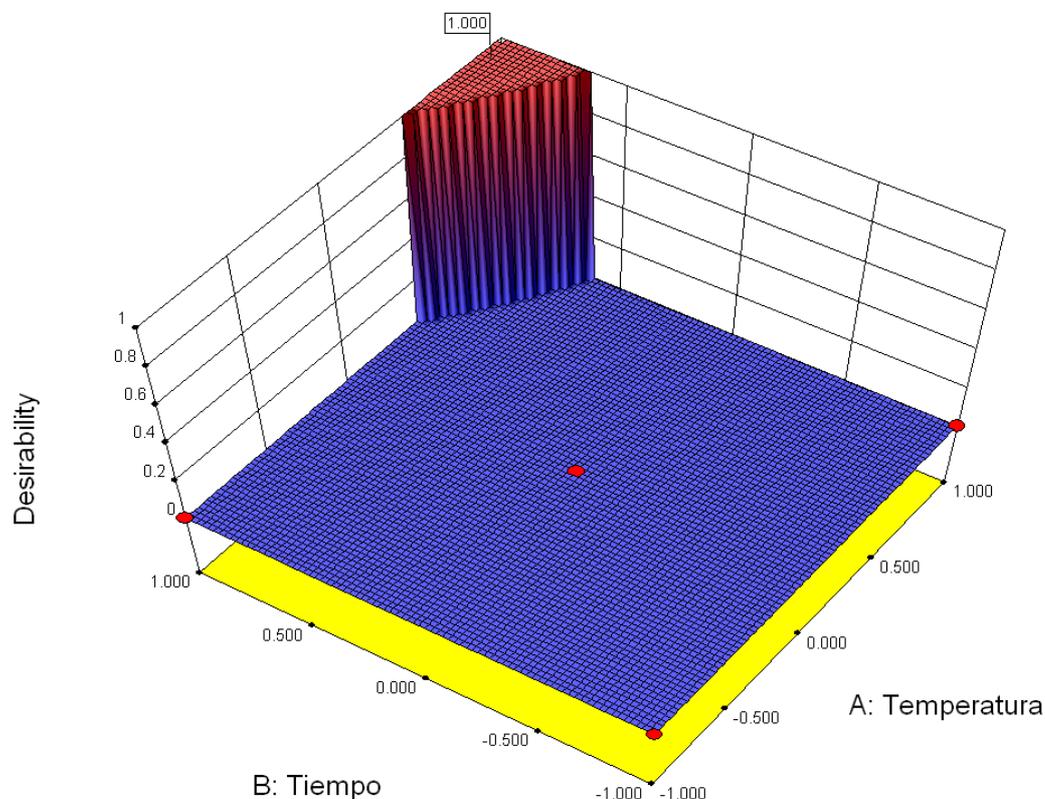


Figura 40. Gráfica de Superficie Area de Optimización

En esta gráfica igualmente se puede observar muy claramente el área en la que se encuentran los valores óptimos para obtener una vulcanización entre 100% y 120%. No causa un mayor problema al producto el dejarlo un mayor tiempo en autoclave, pero causa daños, consumos y desgastes mayores a las maquinarias y herramientas necesarias para el proceso de vulcanizado.

### 7.1.13. Establecimiento De Parámetros De Funcionamiento:

El establecimiento de los parámetros de funcionamiento se lo deberá realizar de acuerdo a la programación de la producción y a la necesidad de combinar el tiempo con la necesidad de la misma. Para esto tendrá flexibilidad para moverse con plena confianza en el *área especificada* en el proyecto en variables codificadas.

## 7.2. Propuesta de Mejora para el Proceso de Reparación

Tras el análisis de causalidad y de actividades críticas en la etapa ANALIZAR, se detectó que existen algunos problemas que pueden estar causando los fallos en este proceso. Se encontró que el factor humano es el principal involucrado para la calidad del producto así como los métodos de trabajo utilizados y las condiciones de los puestos de trabajo. En base a este análisis se establecen tres pilares de mejora críticos:

- *Fabricación de parches artesanales:* el operador del proceso de reparación está encargado de fabricar sus propios parches para reparaciones. Esta actividad no agrega valor al proceso, de hecho es una operación que se podría suprimir teniendo parches prefabricados. Los parches de fabricación artesanal no son 100% fiables y pueden ser causa de defectos que desencadenen en ajustes.
- *Falta de cumplimiento de estándares:* los operadores del proceso de reparación conocen el procedimiento para su operación sin embargo se han presentado problemas como fallos en las especificaciones de colocación de parches o falta de identificación de defectos. Para esto es imperativo el re-entrenamiento del personal en la operación y una cauta supervisión para garantizar la ausencia de fallos.
- *Condiciones del Puesto de Trabajo:* las condiciones del puesto de trabajo pueden ser mejoradas. Existe una falta de iluminación evidente en el puesto de trabajo, lo cual puede estar contribuyendo a la no detección de defectos o a la falta de cumplimiento de especificaciones para la colocación de parches.

En el Plan de Mejora del literal 7.5 se detalla todas las acciones de mejora propuestas junto con su impacto y costos asociados.

## 7.3. Propuesta de Mejora para proceso de Preparación

Al igual que para el proceso previo, y tras el análisis de causalidad y de actividades del proceso, se determinó que nuevamente el factor humano es

clave en el desarrollo del proceso y para las actividades que son críticas para la calidad del producto. Se definen entonces los siguientes puntos de enfoque para la mejora:

- *Falta de cumplimiento de estándares:* Este problema causa que los trabajos se realicen incompletos, sin seguir un procedimiento ni objetivo motivacional para mejorar la calidad. El re-entrenamiento es imperativo al igual que un grado de supervisión adecuado.
- *Condiciones del Puesto de Trabajo:* al igual que para reparación, en este proceso, por el nivel de precisión requerido para la detección de defectos que deben ser corregidos, es necesaria una iluminación más adecuada al tipo de trabajo que el operador debe cumplir. A simple vista se puede ver que existe un problema de ergonomía con el puesto que deberá ser estudiado y solucionado.
- *Orden y Limpieza:* es notable el poco sentido de limpieza que se lleva en todos los puestos de trabajo, sin embargo en preparación, la mantención de un puesto libre de contaminantes es esencial para garantizar un buen cardeo en la llanta. De ahí la necesidad de establecer un plan para garantizar orden y limpieza no solo en este sino en todos los puestos de trabajo. Para esto se propone la evaluación y puesta en marcha de un plan de capacitación en 5's, su posterior ejecución y control.

En el Plan de Mejora del Literal 7.5 se detallan las acciones propuestas junto con el costo asociado a las mejoras propuestas.

#### **7.4. Propuesta de Mejora para proceso de Inspección Inicial**

De acuerdo al análisis realizado en inspección inicial se establece que las principales causas que producen los ajustes están relacionadas con fallas humanas, falta de adecuación del sitio de trabajo, y herramientas no adecuadas para el proceso. De acuerdo a un análisis exhaustivo en conjunto con el equipo de trabajo Seis Sigma se llega a un acuerdo de las necesidades básicas del proceso, se establece un plan de mejora así como la implementación y requerimientos del mismo. **Estos se muestran en el Plan de Mejora como anexo.**

## 7.5. Plan de Mejora

En base a las propuestas brevemente descritas en los literales anteriores, se ha estructurado una matriz con todas las acciones de mejora propuestas para cada proceso, así como propuestas de mejora complementarias que se consideran claves para garantizar la calidad de las llantas reencauchadas. La Matriz se muestra específicamente para cada proceso en el **Anexo 12**.

## 7.6. Estudio de Factibilidad de las Acciones Propuestas-Análisis Financiero

### 7.6.1. Desglose del Costo Total del Proyecto

Se muestra el desglose de los costos de todas las mejoras propuestas en el **Anexo 13**. Con el costo total se procede a realizar el análisis financiero sabiendo que todas las acciones propuestas son técnicamente viables.

### 7.6.2. Procedimiento para el análisis:

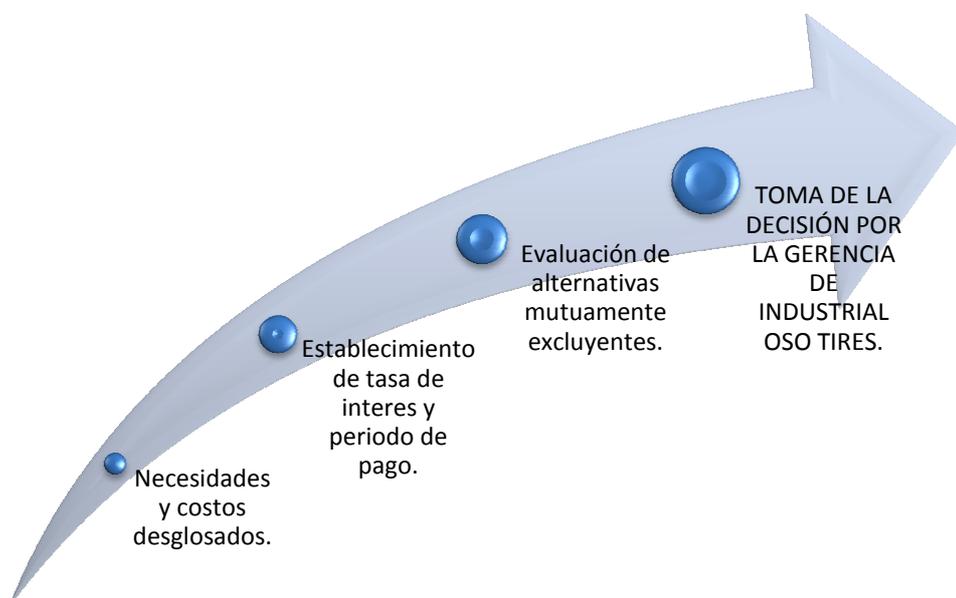


Figura 41. Procedimiento Análisis Financiero

## Desarrollo del Análisis

De acuerdo al análisis realizado en la implementación se analizan dos escenarios de financiamiento, de acuerdo a dos supuestos:

- El primero, realizar una inversión de acuerdo a las necesidades establecidas con fondos propios de la empresa, en un desembolso inicial de \$18000 dólares. A partir de esto se realiza el análisis como proyecto y se establecen los flujos, incluyendo los nuevos costos mensuales de mano de obra, energía y materiales, obteniendo los resultados mostrados en la tabla de evaluación que se muestra en el **Anexo 14**.
  - El segundo supuesto es el de no capacidad económica de la planta para sustentar la inversión con fondos propios, por lo que se realiza la simulación de un préstamo al 12% de interés a 2 años plazo. De acuerdo a esto se calculo la tabla de pagos que se muestra en el **Anexo 15** obteniendo así los flujos de efectivo correspondientes.

Con los flujos de efectivo proyectados para ambas opciones se realiza un análisis entre alternativas mutuamente excluyentes como se lo hace en la administración de proyectos. Los resultados se muestran en el **Anexo 16**.

### 7.6.3. Resultados

Los resultados obtenidos para las dos alternativas evaluadas son positivos, dando como resultado una mejora bajo los supuestos de reducción de ajustes especificados en la tabla del **Anexo 14**. Los flujos igualmente muestran que en los dos o tres primeros meses el proyecto no se va a autofinanciar, así que se deberá tomar en cuenta los flujos negativos y ver la capacidad de la planta para afrontarlos, pero si se observa detenidamente se puede ver que a partir del 4 periodo se comienza a *autofinanciar la inversión*.

Es necesario este análisis y tomarlo en cuenta al momento de realizar la inversión ya que el flujo de caja define la capacidad y la liquidez de la empresa para afrontar con las obligaciones en cada periodo.

El periodo de evaluación del proyecto está especificado en 24 meses, esto debido al supuesto de que en este periodo se deberá evaluar una nueva mejora del proceso y se establecerán nuevos parámetros de calidad por la industria y clientes. Este es un periodo considerado como corto para el alcance del proyecto, pero pese a esto se puede ver que la rentabilidad del mismo es positiva y atractiva.

En el análisis realizado anteriormente el impacto de ahorros por el desarrollo del proyecto está asociado a los costos directos de producción, pero, se deberá tomar en cuenta para la toma de la decisión que en este negocio el costo asociado a la calidad se ve directamente relacionado con la generación de confianza en el producto y con el mantenimiento de los clientes, costo que no es analizado ya que no es parte del alcance de la tesis pero que se estima puede ser muy alto.

## 8. QUINTA ETAPA: CONTROLAR

### 8.1. Plan de Control

El plan de control busca establecer un sistema en hoja de cálculo mediante el cual, de forma sencilla y ágil se ingresen los datos de los ajustes. Estos deberán generar salidas que permitan a la gerencia mantener un control a tiempo real del proceso de ajustes, así como visualizar gráficamente estadísticas para toma de decisiones rápidas y efectivas, permitiendo obtener parámetros mejores de calidad.

Para establecer el sistema se utilizará el siguiente formato y herramientas.

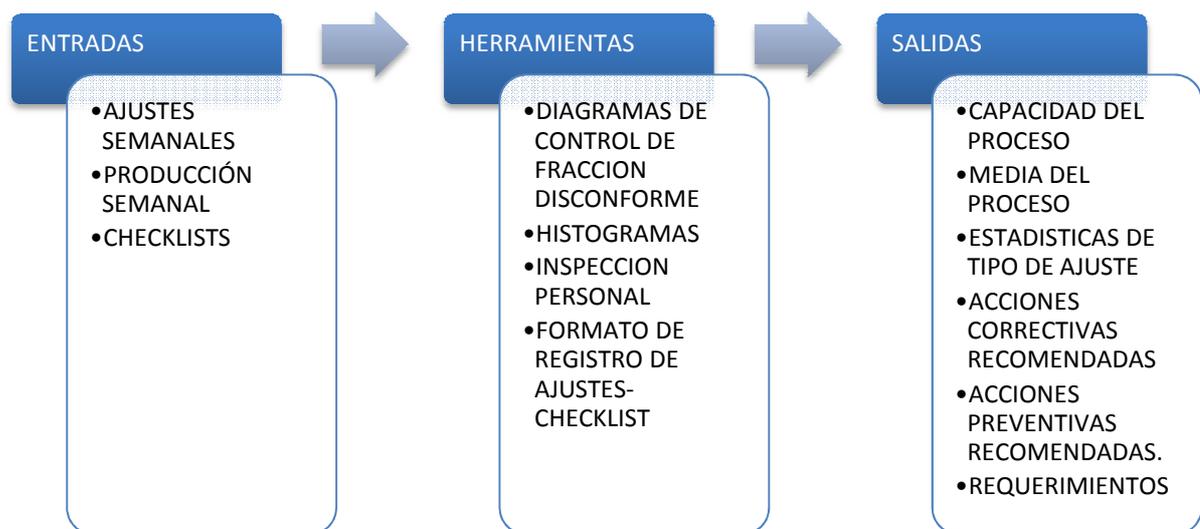


Figura 42. Sistema de Control

#### 8.1.1. Requerimientos:

Para el desarrollo correcto del proceso de control se deberá establecer un formato de ingreso de ajustes tipo checklist.

En este se deberá recopilar la siguiente información:

- Fecha de ajuste: se deberá ingresar en los campos definidos la fecha de reclamo del cliente, cuando entrega la llanta en planta.
- Fecha de reencauche de la llanta: para poder establecer la fecha de producción de la llanta, se deberá establecer un sistema en el cual se marque con calor la fecha, en la parte del logo de Industrial Oso Tires.
- Cliente: se marca el nombre del cliente, empresa y ciudad.
- Tipo de llanta: Se marca con x en la lista una de las opciones de tipo, y la marca de la llanta.
- Fecha de producción de la llanta: se marca el año en el que la llanta fue realizada.
- Causa de reclamo: Deberá ser marcada en la lista de opciones, además si se tiene alguna opinión extra se dejará un espacio para observaciones.
- Proceso involucrado: Se deberá marcar de la lista de opciones.
- Dictamen de ajuste: De acuerdo al proceso involucrado escogido, deberá ser marcada una de las opciones de dictamen de ajuste correspondientes al campo de ese proceso.
- Responsable: se deberá poner el nombre y la firma de la persona que realizó el ajuste.

Se propone un formato de lista de inspección en el **Anexo 17**, mismo que deberá ser valorado según su potencial utilidad por la Gerencia de Producción.

De acuerdo a este sistema, se obtendrá información estadística confiable que permitirá analizar cualquier causa asignable si el sistema sale de control, así como base para futuros proyectos de mejora de calidad.

De acuerdo a estas necesidades se presenta anexo el formato de Excel para el ingreso de datos.

Los responsables de este proceso son el dueño del proceso, que es quien realiza el dictamen del ajuste, siendo actualmente el Gerente de Producción. Se propone que, el jefe de planta, Cristóbal Pavón sea

responsable de pasar los datos semanales y generar un reporte semanal para la gerencia.

## **8.2. Plan de Comunicación**

De la mano con el plan de control es de suma importancia tener claro un plan para comunicar a los stakeholders (interesados e impactados por el proyecto de mejora) de todos los hallazgos y los planes de mejora que se proponen como conclusión del proyecto. Con este fin se ha elaborado una tabla de comunicación tentativa que se muestra en el **Anexo 18**.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1. Conclusiones**

Tras la realización del proyecto se concluye que:

- El proceso de reencauche al frío de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. tiene un problema de calidad debido a ajustes por producto no conforme. La medición estadística del proceso (cartas de control) prueba que el proceso está funcionando fuera de los límites de especificación en cuanto a la fracción de ajustes de la producción total.
- El levantamiento de los procesos productivos sirvió como base para la realización de análisis de causalidad y de actividades críticas para la calidad. El levantamiento servirá en planta para reentrenamiento del personal en el cumplimiento de estándares.
- Al hacer un análisis de datos históricos se encuentra que la mayor parte de los ajustes se deben a fallos en 4 sub-procesos del proceso productivo: Inspección Inicial, Cardeo, Reparación y Vulcanizado.
- El diseño experimental realizado permitió optimizar el proceso de vulcanizado identificando las condiciones de tiempo y temperatura óptimas para la operación.

- Las condiciones de trabajo en los procesos productivos de fabricación son obvias oportunidades de mejora a través de métodos y estándares de trabajo.
- Las medidas de corrección y mejora propuestas son viables tanto técnica como económicamente, tal cual se prueba mediante análisis financiero.

## **9.2. Recomendaciones**

- La resolución final y la viabilidad real del proyecto deberá ser evaluado por la Gerencia General, se recomienda un análisis minucioso del trabajo pues representa una oportunidad de mejora importante con un impacto amplio para el negocio y los clientes tanto internos como externos.
- En caso de aprobarse las mejoras propuestas, se deberá hacer un seguimiento y una evaluación de la efectividad de las mismas, para esto se recomienda la definición de indicadores de soporte para perspectiva financiera, clientes y mercado, procesos internos y aprendizaje y crecimiento (perspectivas de la calidad de Kaplan y Norton)
- En el caso del diseño experimental, de ser aprobado y puesto en operación, se deberá establecer las pautas para el seguimiento del desempeño del proceso. Es importante que la planta esté constantemente preocupada de realizar pruebas de termopares pues las condiciones y parámetros establecidos en el estudio pueden variar si hay cambios importantes de maquinaria o de materia prima.
- Se recomienda la realización de un diseño experimental más completo considerando factores como el tipo o marca de cojín y tipo de autoclave.

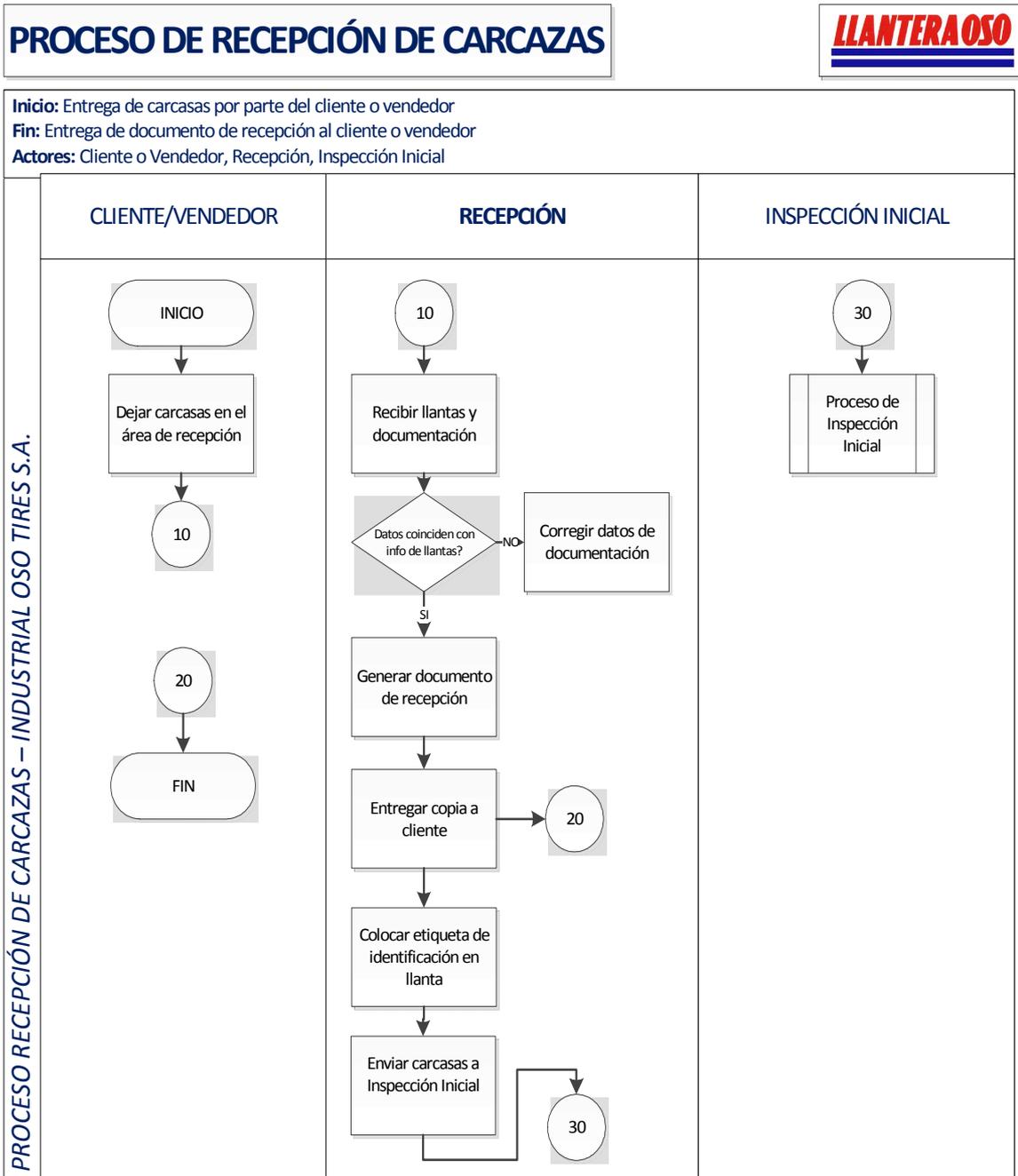
- Con la aprobación del proyecto se deberá hacer especial énfasis en el plan de control (a cargo enteramente de la Gerencia de Producción) para poder medir eficientemente el desempeño del proceso desde la perspectiva de fracción de ajustes. Para esto es esencial elaborar una herramienta de registro electrónico que facilite el cálculo y consolide los registros de los checklist para control de ajustes que se propuso. Se recomienda digitalizar el checklist con tablas dinámicas realizables en software especializado como Microsoft Excel.
- El proyecto como tal, es la primera etapa en un camino de consolidación de procesos operantes y de alcanzar la mejora continua. De ahí la necesidad de comprometer a todo el equipo de INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. en las mejoras. Es recomendable motivar al personal para ser partícipes de las mejoras. Esto garantizar el empoderamiento al personal para la autogestión futura.
- Se recomienda el establecimiento de canales de sugerencias formales desde los empleados hasta la administración. Son los operadores quienes más conocen de sus procesos y saben cómo mejorarlos, de ahí que las mejores ideas de mejora surgen siempre de dueño del proceso.

## 10. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Banks, Jerry, y otros. Discrete Event System Simulation. NY: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Blank, Leland y Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill, 2006.
- Cisneros, Patricio. «Metodos y estandares de trabajo.» Clase Ing. Industrial USFQ. Quito: Cisneros, Patricio, 2007.
- Explored. Llantas Reencauche Abarata Costos. Prod. Diario Hoy. Quito, 3 de Junio de 2010.
- Heldman, Kim. PMP Project Management Professional Exam STUDY GUIDE. Indianapolis: Wiley Publishing Inc., 2007.
- Hopp, Wallace J. y Mark L. Spearman. Factory Physics. 3rd Edition. Vol. 1. McGraw-Hill, 2008. 1 vols.
- Hrbik, William. Estudio de Termopares, Mecánica y Significado. Reporte Técnico. Akron: Seminario regional de la Asociación de Reencauchadores, 1979.
- Hules Banda Mx. Estudio Rayometrico por Tipo de Banda. Reporte técnico. Queretaro: Hules Banda, 2002.
- Montgomery, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos. Mexico DF: Limusa-Wiley, 2007.
- Montgomery, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad. 3era Edición. Vol. 1. Mexico D.F.: Limusa Wiley, 2007. 1 vols.
- Montgomery, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Trad. Rodolfo Piña. 2nd Edition. Vol. 1. Mexio D.F.: Limusa Wiley, 2007. 1 vols.
- Navarrete, Danny Orlando. «Metodología Seis Sigma.» Calidad Total. Quito: Navarrete, Danny, 2009.
- Perez-Anda, Javier. Entrevista con Gerencia De Producción Andrés González y Oswaldo Andrade. Quito, 01 de 2010.
- Pyzdek, Thomas. The Six Sigma Handbook. Revised and Expanded. Vol. 1. New York: McGraw-Hill, 2003. 1 vols.
- Tompkins, James A., John A. White y Yaruz A. Bozer. Planeación de Instalaciones. Tercera. Vol. 1. Mexico DF: Thompson, 2006. 1 vols.
- Vergara, Hector Andres. «Control Estadístico de la calidad.» Clase Control Estadístico de la Calidad. Quito, 2008.
- Wolgemuth, Roberto. Entrevista Datos Generales Llantera Oso Andrés González y Oswaldo Andrade. Quito, Enero de 2010.

## 11. ANEXOS

### ANEXO 1. FLUJOGRAMA PROCESO DE RECEPCIÓN

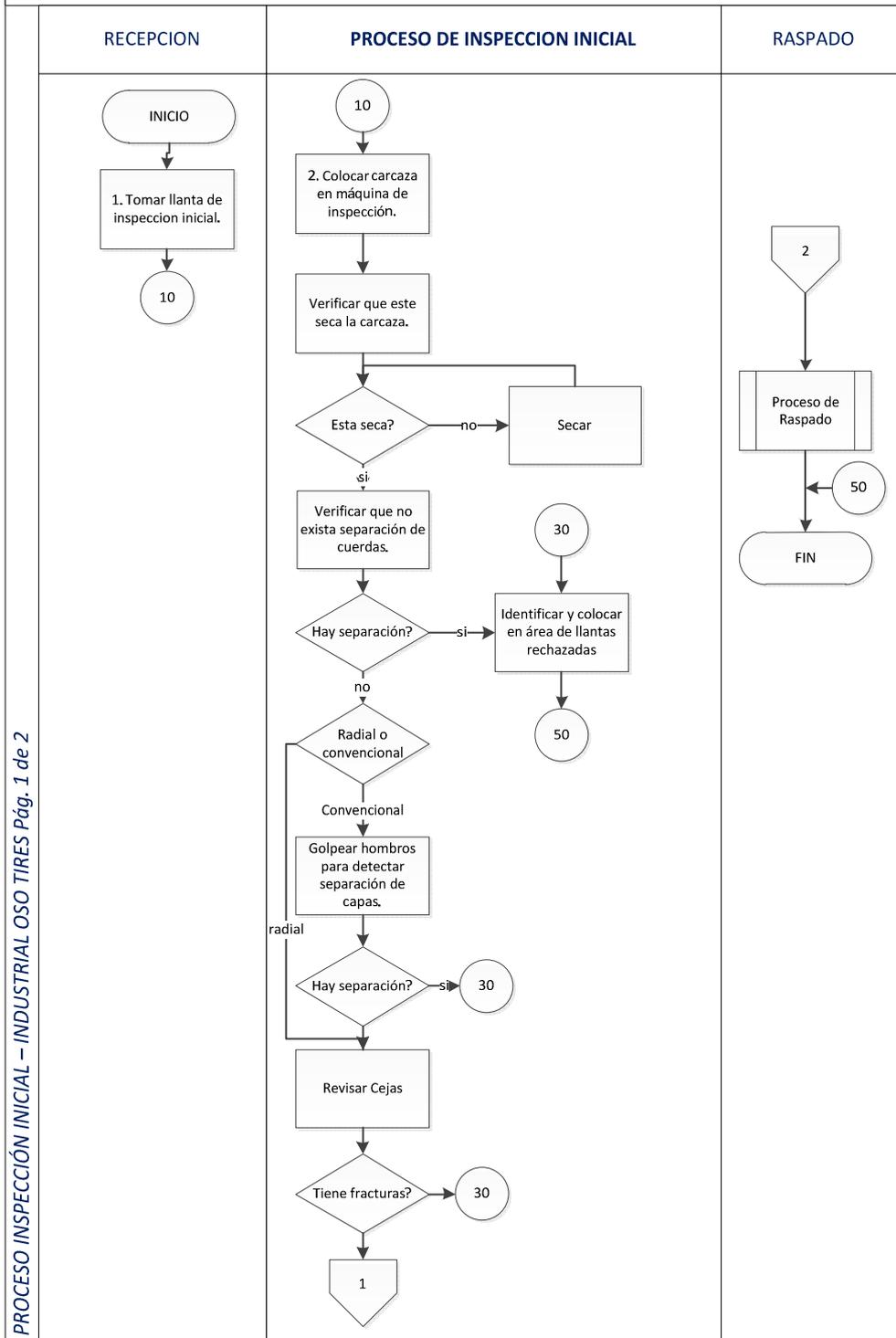


## ANEXO 2. FLUJOGRAMA PROCESO DE INSPECCIÓN INICIAL

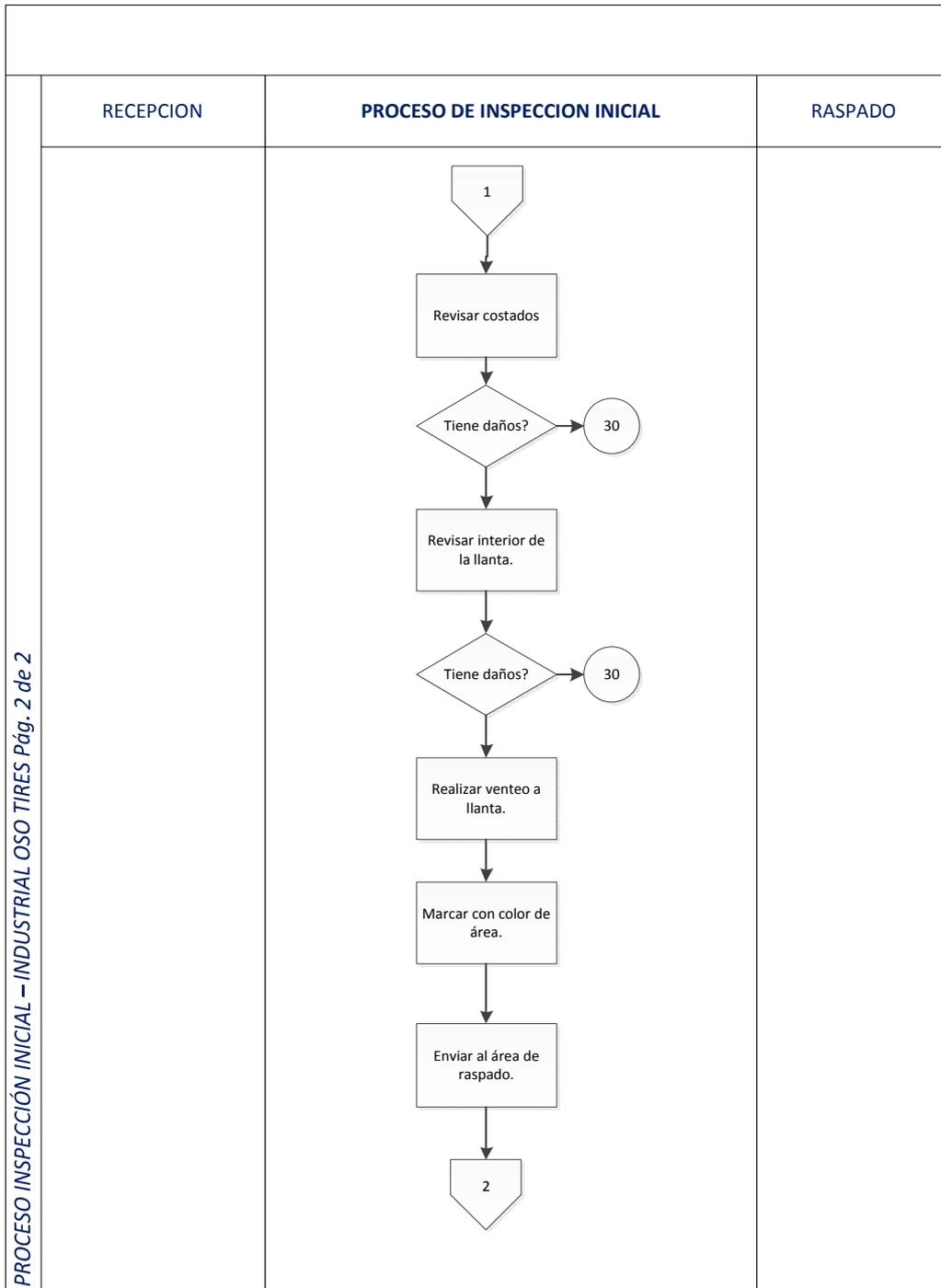
### PROCESO DE INSPECCIÓN INICIAL



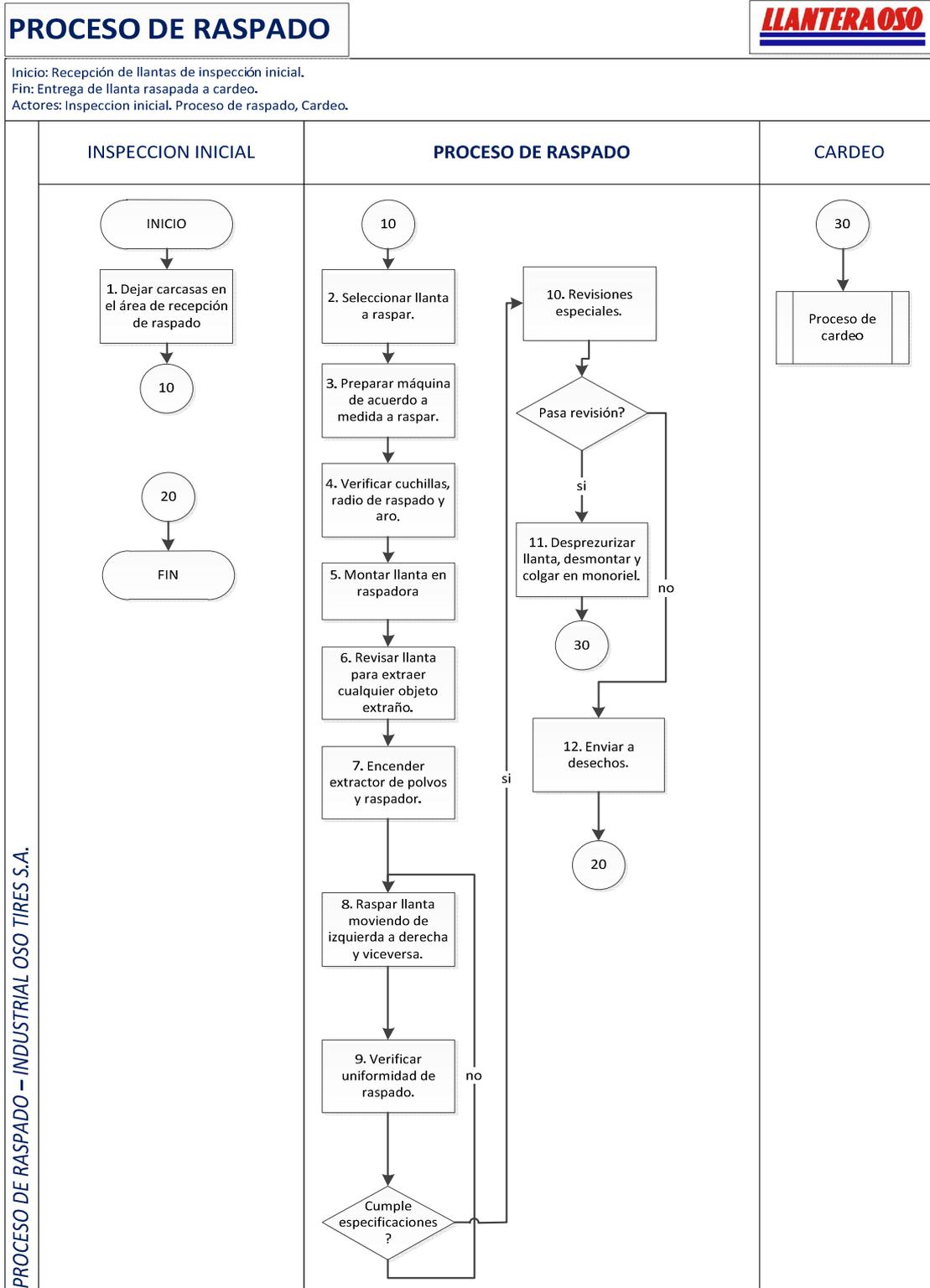
**Inicio:** Recepción de llantas de proceso de recepción.  
**Fin:** Entrega de llanta inspeccionada a raspado.  
**Actores:** Inspección inicial, proceso de raspado, recepción.



**PROCESO DE INSPECCIÓN INICIAL**



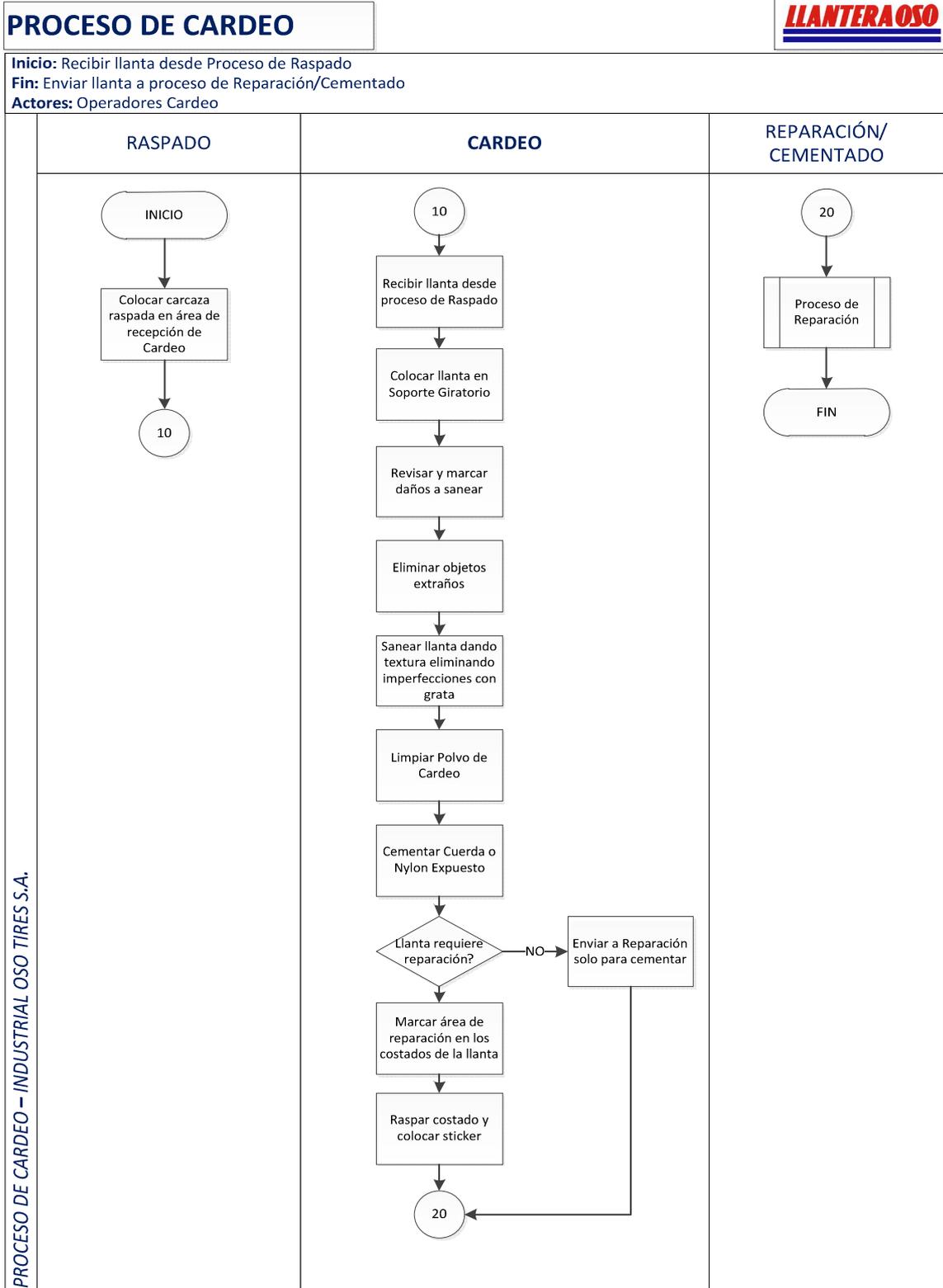
### ANEXO 3. FLUJOGRAMA PROCESO DE RASPADO



PROCESO DE RASPADO – INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.



**ANEXO 4. FLUJOGRAMA PROCESO DE CARDEO**



### ANEXO 5. FLUJOGRAMA PROCESO DE REPARACIÓN Y CEMENTADO

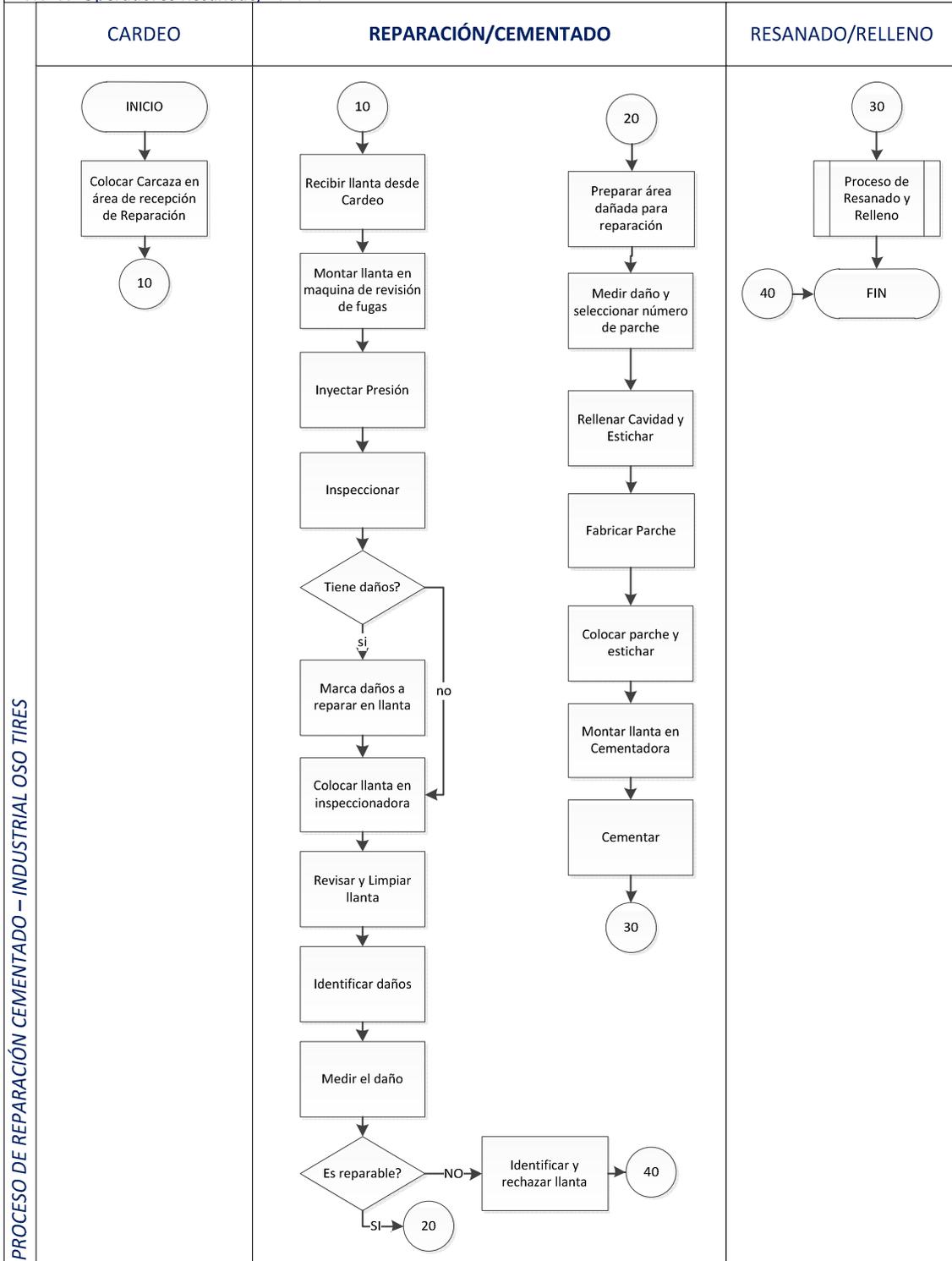
#### PROCESO DE REPARACIÓN Y CEMENTADO



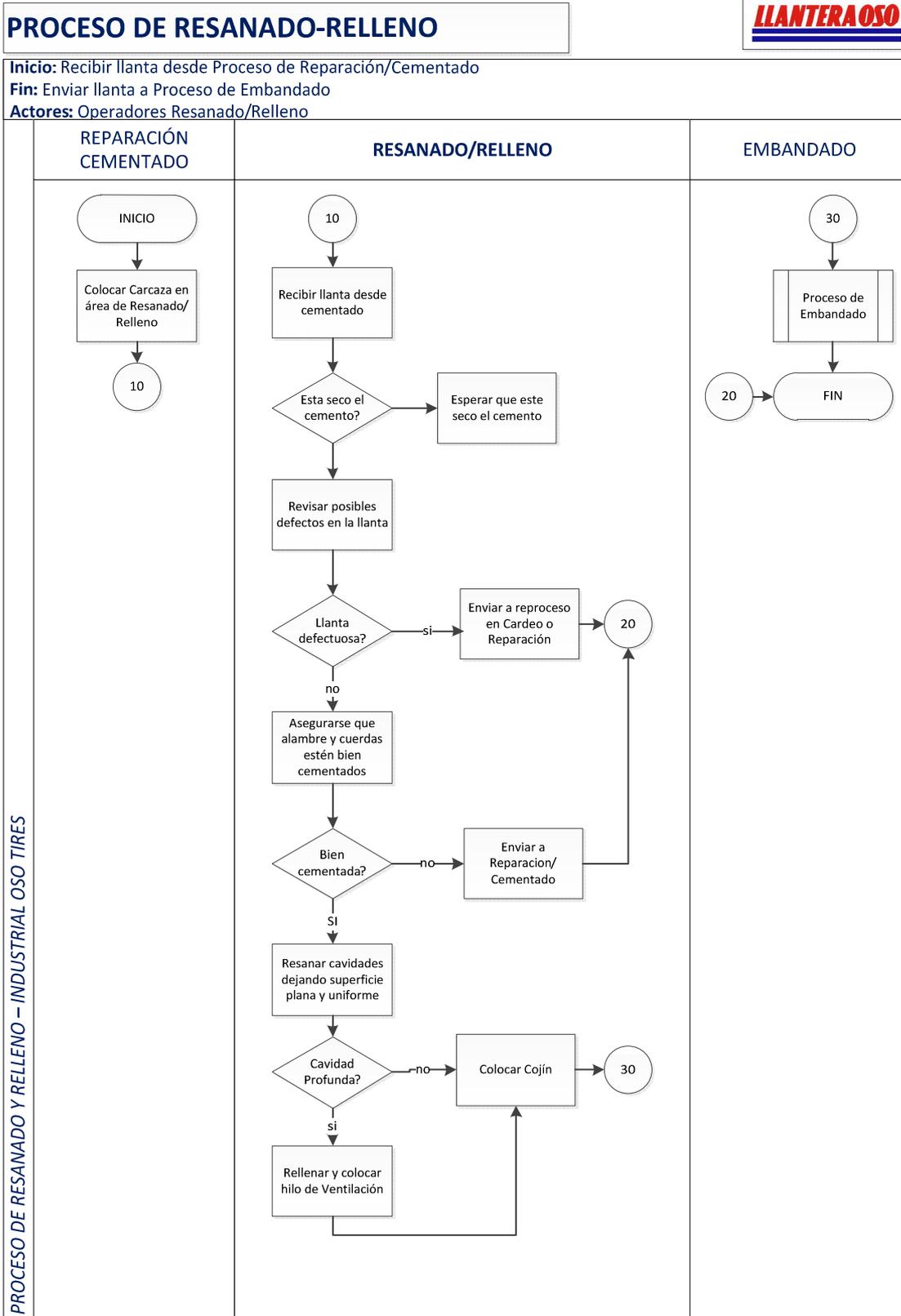
**Inicio:** Recibir llanta desde Proceso de Cementado

**Fin:** Enviar llanta a Proceso de Embandado

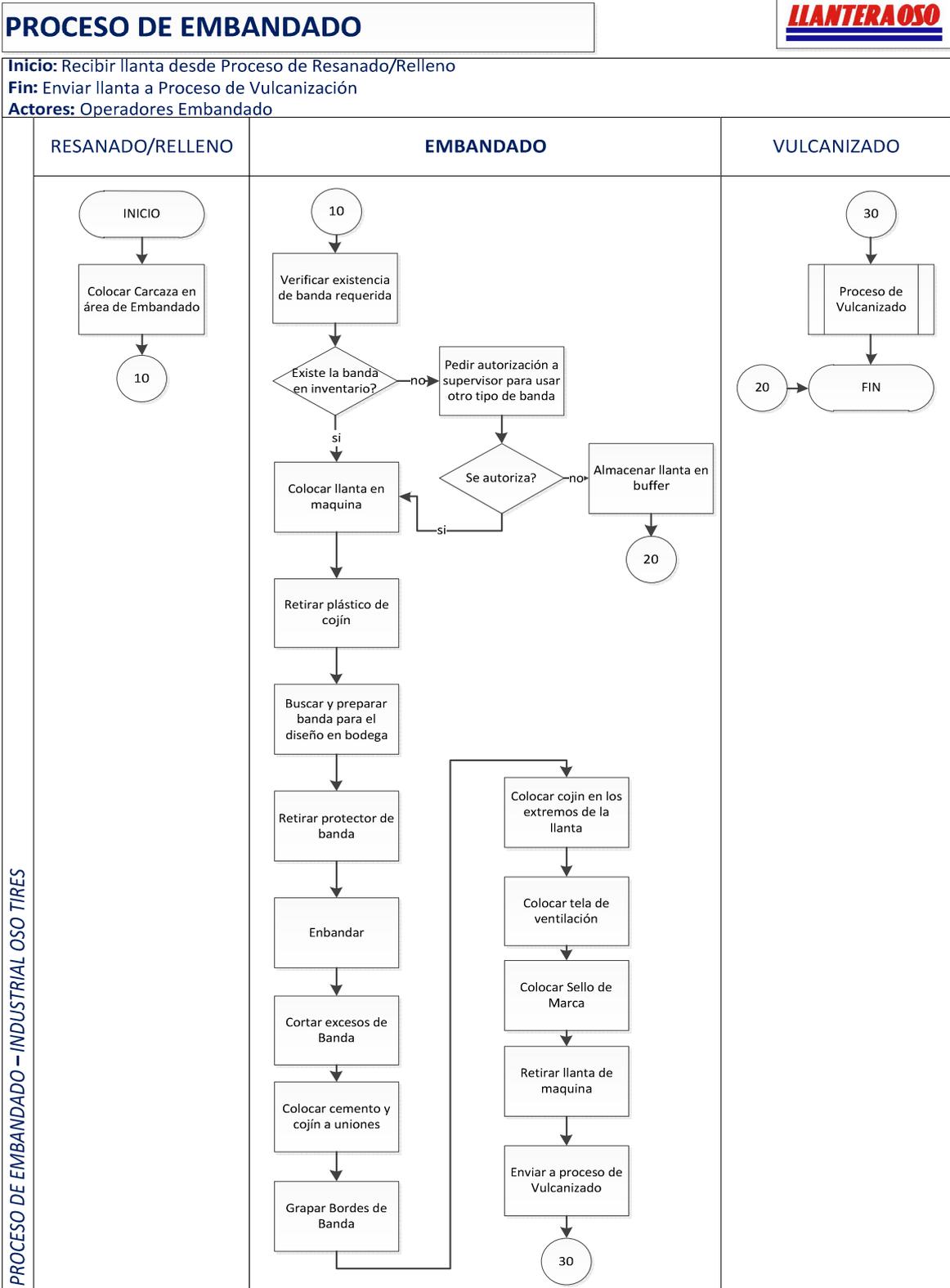
**Actores:** Operadores Resanado/Relleno



**ANEXO 6. FLUJOGRAMA PROCESO DE RESANADO Y RELLENO**

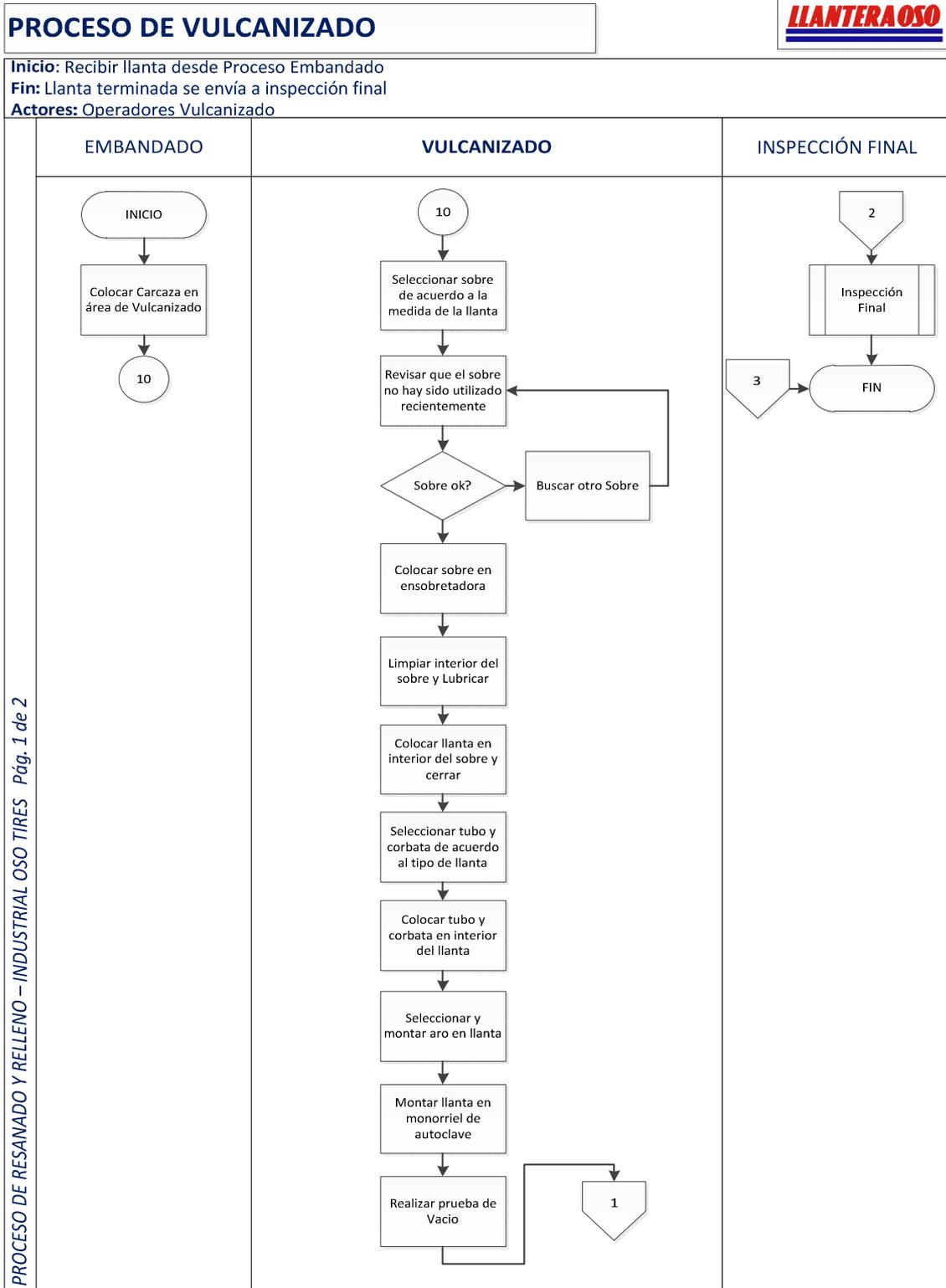


### ANEXO 7. FLUJOGRAMA PROCESO DE EMBANDADO

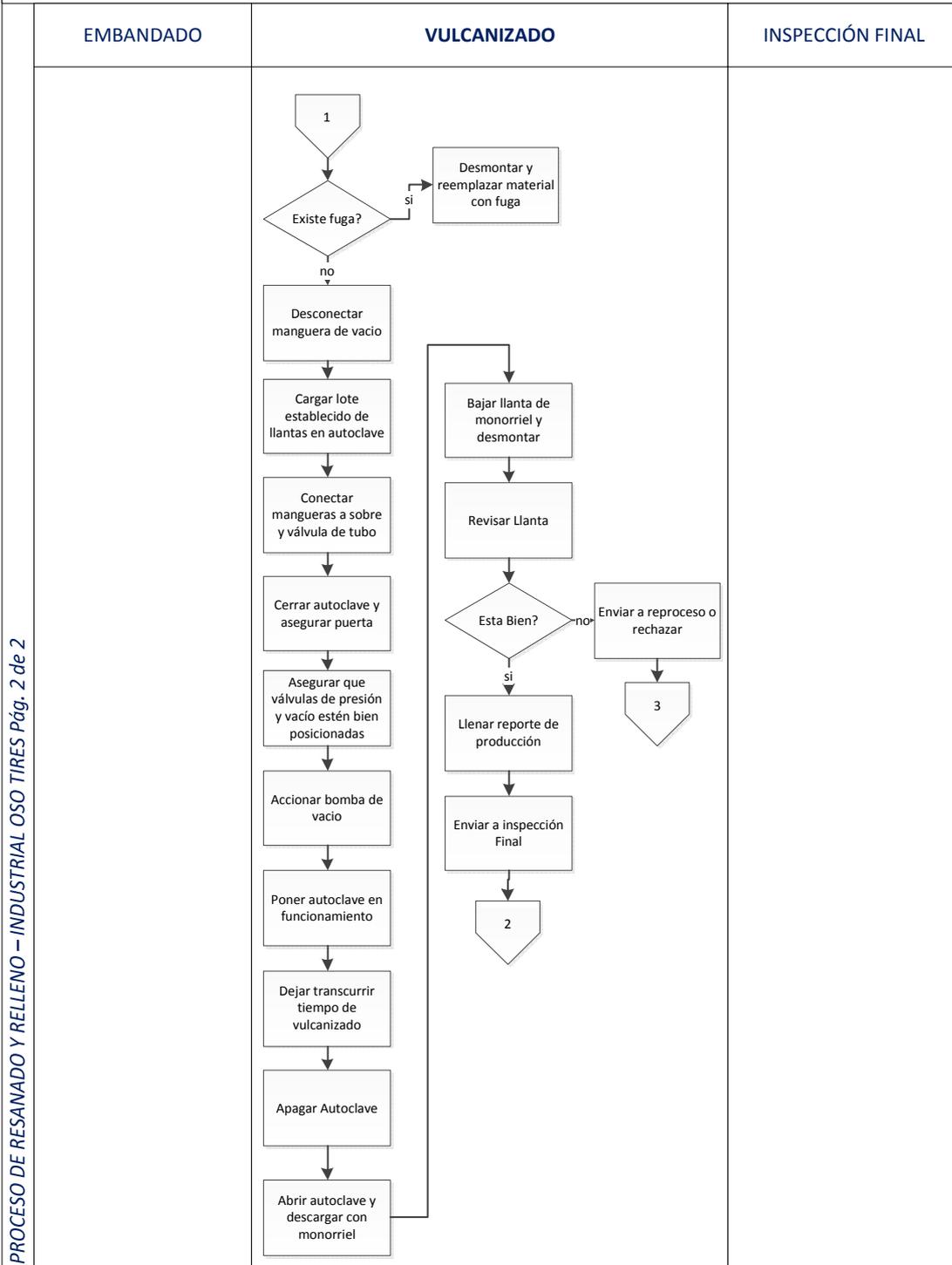


PROCESO DE EMBANDADO – INDUSTRIAL OSO TIRES

### ANEXO 8. FLUJOGRAMA PROCESO DE VULCANIZADO



**PROCESO DE VULCANIZADO**



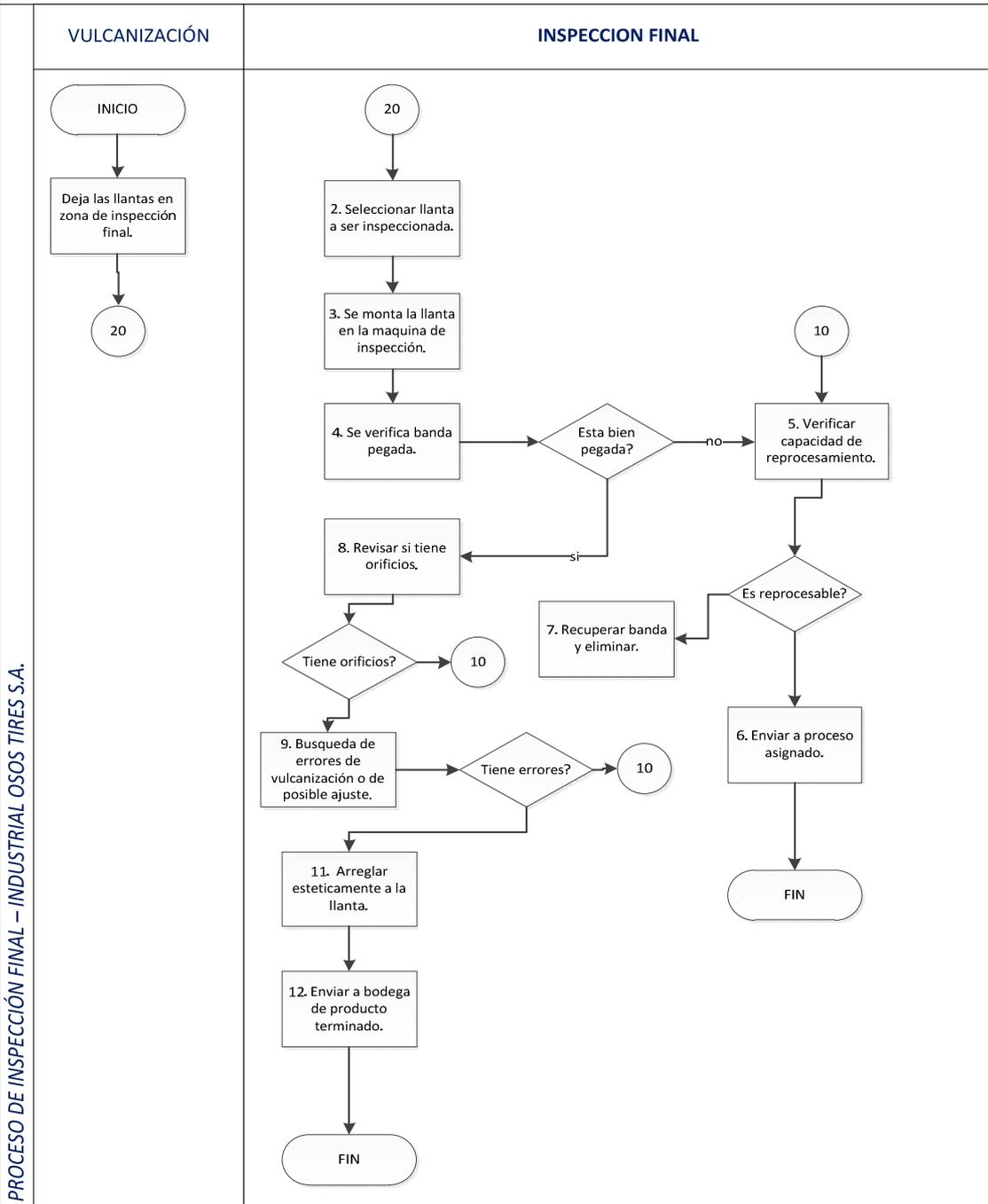
PROCESO DE RESANADO Y RELLENO – INDUSTRIAL OSO TIRES Pág. 2 de 2

### ANEXO 9. FLUJOGRAMA PROCESO INSPECCIÓN FINAL

#### PROCESO DE INSPECCIÓN FINAL



Inicio:Recepción de llantas de lubricación.  
 Fin:Envío de llantas terminadas a bodega de producto terminado.  
 Actores: Lubricacion, inspeccion final.



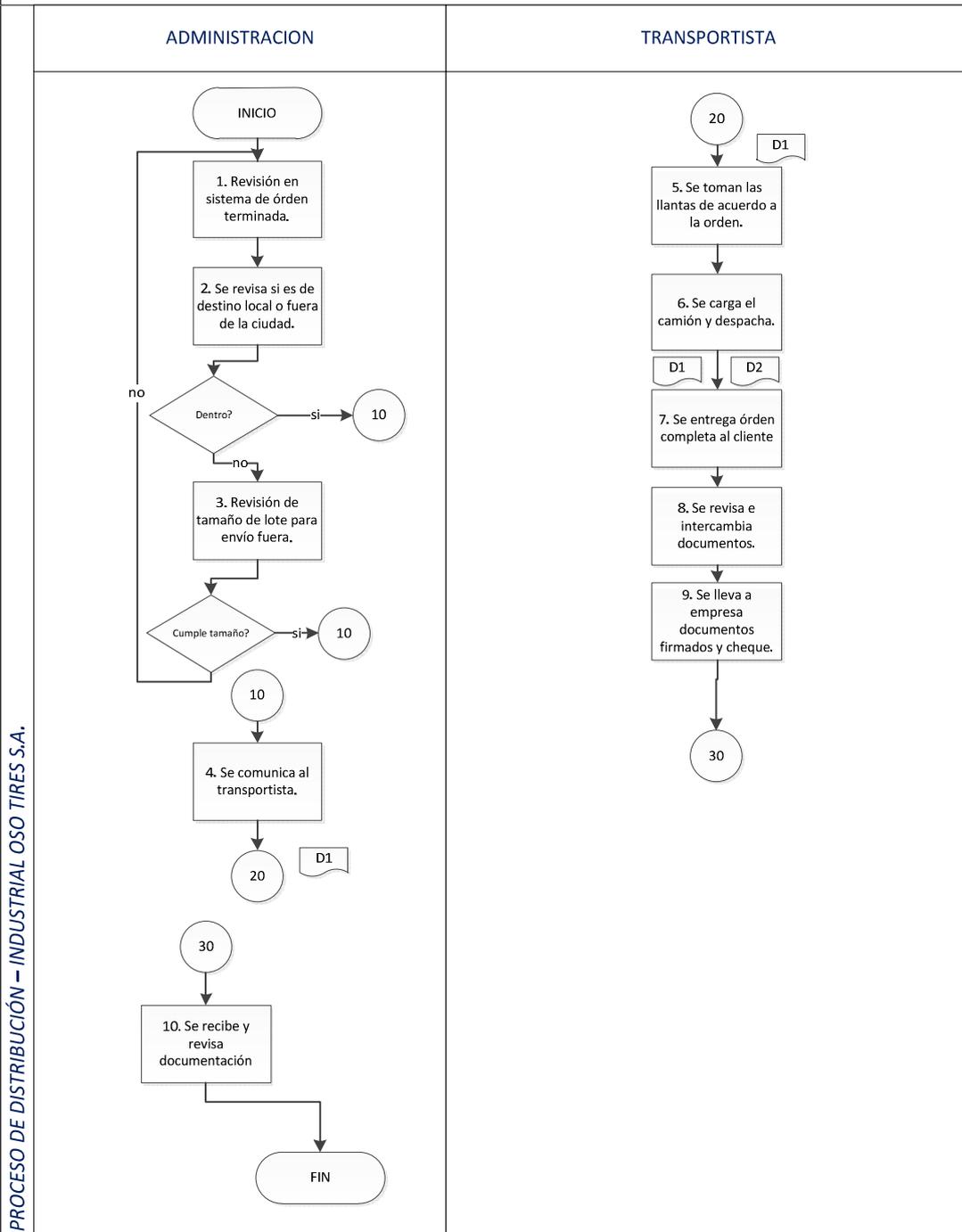
PROCESO DE INSPECCIÓN FINAL – INDUSTRIAL OSOS TIRES S.A.

### ANEXO 10. FLUJOGRAMA PROCESO DE DISTRIBUCIÓN

#### PROCESO DE DISTRIBUCIÓN



Inicio: Revisión en sistema de orden terminada.  
 Fin: Recepción de documentos de órdenes cobradas.  
 Actores: Cliente, Recepción, Inspección Inicial



PROCESO DE DISTRIBUCIÓN – INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.

## ANEXO 11. PROJECT CHARTER DEL PROYECTO

### INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.

#### PROJECT CHARTER

<b>INICIATIVA DE MEJORA:</b>	<b>Reducción de Producto No-Conforme en proceso de reencauche al frío.</b>
<b>DUÑO DEL PROCESO:</b>	<b>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</b>

QUE		ENUNCIADO DEL PROBLEMA																																																	
Area de Mejora:	Proceso Productivo de Reencauche al Frío en INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.	<p>"El proceso de Reencauche al frío de INDUSTRIAL OSO TIRES trabaja actualmente con un porcentaje de AJUSTES (producto no conforme) aproximado del 5,39% de su producción mensual. Esto representa cerca del 9% de los costos totales de producción en los últimos seis meses. De acuerdo a análisis de empresas líderes en el mercado internacional se ha establecido una meta realista de 1,5% de AJUSTES en los próximos seis meses. Con esto se pretende y estima reducir los costos por ajustes en un 70%, generando un incremento significativo en las utilidades."</p> <p><b>META</b> Reducir el porcentaje de ajustes a 1.5% mensual en los próximos seis meses.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #cccccc;">ALCANCE</th> <th colspan="3" style="background-color: #cccccc;">FUERA DE ALCANCE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Porcentaje Mensual de Ajustes</td> <td></td> <td colspan="3">Costos Fijos</td> </tr> <tr> <td>Procesos de Fabricacion/Productividad/Calidad</td> <td></td> <td colspan="3">Procesos Habilitantes, Proceso de Distribución</td> </tr> <tr> <td>Costos Variables-Costos Totales de Producción-Costos de la Calidad</td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Satisfacción del Cliente/Participación de Mercado</td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>KPIs /LINEA BASE / OBJETIVOS CUANTIFICABLES</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>VALOR DE INICIO</th> <th>TARGET</th> <th>CUANDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impacto al Cliente</td> <td>Satisfacción del Cliente</td> <td style="color: red;">Indeterminado</td> <td>95%</td> <td>01/12/2010</td> </tr> <tr> <td>KPI afectado por la iniciativa de mejora(impacto)</td> <td>Porcentaje de Ajustes Mensual</td> <td>5%</td> <td>1,5%</td> <td>01/12/2010</td> </tr> <tr> <td>KPI de Soporte</td> <td>Rentabilidad Porcentual</td> <td style="color: red;">Confidencial</td> <td style="color: red;">Confidencial</td> <td>31/12/2010</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>CASO DE NEGOCIO</b></p> <p>Los costos en los cuales incurre la compañía por concepto de AJUSTES DE QUEJAS (Producto No conforme), son costos elevados no solo en términos monetarios sino también en satisfacción y fidelidad del cliente.</p> <p><b>ESCALA DEL PROBLEMA</b> En los últimos seis meses, los costos por ajustes representaron cerca del 9% de los costos totales de producción.</p> <p><b>IMPACTO EN EL CONSUMIDOR</b> Si el problema no se corrige, la participación de mercado corre el riesgo de reducirse a pesar de la garantía total que ofrece INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. Comprometer la calidad del producto es comprometer no solo la fidelidad del cliente sino también su seguridad.</p> <p><b>IMPACTO EN EL NEGOCIO</b> El impacto de la iniciativa es sumamente amplia en el negocio, pues reduciendo el porcentaje de ajustes, se puede lograr mayor utilidad, al no incurrir en costos por fallas externas al mismo tiempo que se logra mayor satisfacción del cliente interno y externo.</p>					ALCANCE		FUERA DE ALCANCE			Porcentaje Mensual de Ajustes		Costos Fijos			Procesos de Fabricacion/Productividad/Calidad		Procesos Habilitantes, Proceso de Distribución			Costos Variables-Costos Totales de Producción-Costos de la Calidad					Satisfacción del Cliente/Participación de Mercado						NOMBRE	VALOR DE INICIO	TARGET	CUANDO	Impacto al Cliente	Satisfacción del Cliente	Indeterminado	95%	01/12/2010	KPI afectado por la iniciativa de mejora(impacto)	Porcentaje de Ajustes Mensual	5%	1,5%	01/12/2010	KPI de Soporte	Rentabilidad Porcentual	Confidencial	Confidencial	31/12/2010
ALCANCE							FUERA DE ALCANCE																																												
Porcentaje Mensual de Ajustes							Costos Fijos																																												
Procesos de Fabricacion/Productividad/Calidad							Procesos Habilitantes, Proceso de Distribución																																												
Costos Variables-Costos Totales de Producción-Costos de la Calidad																																																			
Satisfacción del Cliente/Participación de Mercado																																																			
	NOMBRE						VALOR DE INICIO	TARGET	CUANDO																																										
Impacto al Cliente	Satisfacción del Cliente						Indeterminado	95%	01/12/2010																																										
KPI afectado por la iniciativa de mejora(impacto)	Porcentaje de Ajustes Mensual						5%	1,5%	01/12/2010																																										
KPI de Soporte	Rentabilidad Porcentual						Confidencial	Confidencial	31/12/2010																																										
Iniciativa de Mejora:	Reducción de Producto No-Conforme (Porcentaje de Ajustes)																																																		
Ciudad:	Quito																																																		
Pais:	Ecuador																																																		
Producto:	Llantas Reencauchadas																																																		
Fecha Planeada de Inicio:	01/01/2010																																																		
Fecha Planeada de Cierre:	01/06/2010																																																		
Quien Aprueba Iniciativa USFQ	Ximena Cordova PH.D. Ing. Daniel Merchán																																																		
Quien Aprueba Iniciativa INDUSTRIAL OSO TIRES	Ing. Roberto Wohlgemuth Ing. Javier Perez Anda																																																		
DEPENDENCIAS																																																			
Apertura de la Compañía para validar y analizar propuestas																																																			
Presupuestos de la Compañía																																																			
RIESGOS																																																			
Riesgos Socio-Económicos																																																			
Propuestas de mejora inalcanzables/Poco realistas																																																			

## ANEXO 12. PLAN DE MEJORA

PROCESO	PRACTICA ACTUAL	ACCIÓN PROPUESTA	TIPO DE ACCIÓN		IMPACTO	RESPONSABLE	COSTO ASOCIADO (SI APLICA)	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	
			CORRECTIVA	MEJORA					PLANEADA	REAL
VULCANIZADO	BAJA ESTANDARIZACIÓN DE PARAMETROS EN CUESTIÓN DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE LUBRICADO, SE UTILIZAN SOLAMENTE ESTIMADOS DE FABRICANTE DE COJIN, SIN EVALUAR CONDICIONES ESPECIFICAS DE LOCALIDAD.	REALIZACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR UNA RESPUESTA ÓPTIMA DE % DE FUSIÓN, ASEGURANDO LA CALIDAD Y ESTABLECIENDO LOS PARÁMETROS SEGÚN CONVENIENCIA DE CAPACIDADES Y OPERACIÓN.	X		REDUCCIÓN DE AJUSTES POR FALLAS EN PROCESO DE LUBRICACIÓN.  ELIMINACIÓN DE INTERRELACIÓN DE AJUSTES POR VULCANIZADO CON OTROS PROCESOS PREVIOS.  ESTABLECIMIENTO DE RANGOS ÓPTIMOS DE OPERACIÓN, CON UNA FIABILIDAD DEL 100%.  ESTANDARIZACIÓN DE LA OPERACIÓN.	Ejecutores del Proyecto Andres Gonzalez Oswaldo Andrade	14 CARCAZAS PREPARADAS (Banda+Cojin) \$500 Aprox	04/03/10	14/03/2010	02/04/10

PROCESO	PRACTICA ACTUAL	ACCIÓN PROPUESTA	TIPO DE ACCIÓN		IMPACTO	RESPONSABLE	COSTO ASOCIADO (SI APLICA)	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	
			CORRECTIVA	MEJORA					PLANEADA	REAL
REPARACIÓN Y CARDEO	FABRICACION DE PARCHES ARTESANALES	USAR PARCHES QUIMICOS PREFABRICADOS	X		PARCHES DE MAYOR FIABILIDAD  REDUCCION EN TIEMPOS EFECTIVOS DE PROCESO  SIMPLIFICACION DEL PROCESO REDUCCION	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$600 Mensual Aprox.	*	*	*
	MALA COLOCACION DE PARCHES	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		ASEGURAMIENTO DEL CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE PARCHES  EVITAR REPROCESOS REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	PUESTOS DE TRABAJO CARENTES DE ILUMINACION ADECUADA	ADECUACION DEL PUESTO	X		MAYOR PROBABILIDAD DE IDENTIFICAR FALLOS  MEJOR REALIZACION DE LA OPERACIÓN  REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION Y CARDEO	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$450	*	*	*
	FALTA DE REMOCION DE MATERIALES EXTRAÑOS	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		REDUCCION DE FALLOS EN LA OPERACION	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	FALTA DE IDENTIFICACION DE DEFECTOS EN LLANTAS	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		REDUCCION DE FALLOS EN LA OPERACIÓN	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	FALTA DE DETECCION DE PUNTILLAS	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		REDUCCION DE FALLOS EN LA OPERACIÓN	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	FALTA DE SUPERVISION	CREACION DE PUESTO DE TRABAJO-SUPERVISOR DE CALIDAD		X	REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION Y CARDEO	Gerencia General <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$200 DE ENTRENAMIENTO MÁS SALARIO BASE DE \$240 CON UN MÁXIMO DE \$540 POR CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.	*	*	*
	FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA	INTRODUCCION Y CAPACITACION EN METODOLOGIA 5 S		X	MEJORA EN LA OPERACIÓN  REDUCCION DE FALLOS POR CONTAMINACION DE PRODUCTO  MEJORA EN LAS CONDICIONES DE TRABAJO  MITIGACION DE RIESGOS POR PUESTO DE TRABAJO	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$900 PARA TODO EL PROCESO	*	*	*
	CONDICIONES ERGONOMICAS DEFICIENTES	ESTUDIO DE RIESGO ERGONOMICO Y MEJORAS DEL PUESTO		X	MEJORA EN CONDICIONES DE TRABAJO  REDUCE PROBABILIDAD DE AFECTACION A LA SALUD OCUPACIONAL	Gerencia de Producción y/o consulto externo	\$150 APROX	*	*	*

PROCESO	PRACTICA ACTUAL	ACCIÓN PROPUESTA	TIPO DE ACCIÓN		IMPACTO	RESPONSABLE	COSTO ASOCIADO (SI APLICA)	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	
			CORRECTIVA	MEJORA					PLANEADA	REAL
INSPECCIÓN INICIAL	PUESTO DE TRABAJO CARENTES DE ILUMINACION ADECUADA	ADECUACION DEL PUESTO	X		MAYOR PROBABILIDAD DE IDENTIFICAR FALLOS MEJOR REALIZACION DE LA OPERACIÓN REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION Y CARDEO	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$150 APROX	*	*	*
	PUESTO DE TRABAJO CON RUIDO DEMASIADO ALTO Y CON CALIDAD ASOCIADA AL MISMO	ADECUACION DEL PUESTO, CAMARA ANTIRUIDO Y ADECUACIÓN DE MONORIEL PARA ENVIO DE LLANTAS A PROCESO DE RASPADO	X		MAYOR PROBABILIDAD DE IDENTIFICAR FALLOS MEJOR REALIZACION DE LA OPERACION REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION Y CARDEO REDUCCION DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS QUE NO AGREGAN VALOR	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$2000 APROX	*	*	*
	FALTA DE REMOCION DE MATERIALES EXTRAÑOS	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		REDUCCION DE FALLOS EN LA OPERACIÓN	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	FALTA DE IDENTIFICACION DE DEFECTOS EN LLANTAS	REENTRENAMIENTO EN MANUAL DE ESPECIFICACIONES	X		REDUCCION DE FALLOS EN LA OPERACIÓN	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN, NO EXISTE UN COSTO EXTRA ASOCIADO.	*	*	*
	FALTA DE SUPERVISION	CREACION DE PUESTO DE TRABAJO-SUPERVISOR DE CALIDAD		X	REDUCCION DE AJUSTES POR REPARACION Y CARDEO	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$200 DE ENTRENAMIENTO MÁS SALARIO BASE DE \$240 CON UN MÁXIMO DE \$540 POR CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.	*	*	*
	FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA	INTRODUCCION Y CAPACITACION EN METODOLOGIA 5 S		X	MEJORA EN LA OPERACION REDUCCION DE FALLOS POR CONTAMINACION DE PRODUCTO MEJORA EN LAS CONDICIONES DE TRABAJO MITIGACION DE RIESGOS POR PUESTO DE TRABAJO	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$900 PARA TODO EL PROCESO	*	*	*
	CONDICIONES ERGONOMICAS DEFICIENTES	ESTUDIO DE RIESGO ERGONOMICO Y MEJORAS DEL PUESTO		X	MEJORA EN CONDICIONES DE TRABAJO REDUCE PROBABILIDAD DE AFECTACION A LA SALUD OCUPACIONAL	Gerencia de Producción <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i> . y/o consultor externo	\$150 APROX	*	*	*
	FALTA DE INSTRUMENTACIÓN PARA ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, DETECCIÓN DE AGENTES EXTERNOS.	AVALUO Y COMPRA DE ARCO ELECTRICO.		X	REDUCCIÓN DE AJUSTES POR FALLAS EN PROCESO DE INSPECCION INICIAL.	Gerencia General <i>INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.</i>	\$800	*	*	*

PROCESO	PRACTICA ACTUAL	ACCIÓN PROPUESTA	TIPO DE ACCIÓN		IMPACTO	RESPONSABLE	COSTO ASOCIADO (SI APLICA)	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	
			CORRECTIVA	MEJORA					PLANEADA	REAL
KAIZENS (MEJORAS) COMPLEMENTARIOS	TRABAJO SIN ASEGURAMIENTO DE CONDICIONES MINIMAS DE CARCAZAS PARA INGRESO AL PROCESO (HUMEDAD).	AVALUO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACION DE CUARTO DE SECADO		X	REDUCCIÓN DE AJUSTES POR MALA CONDICIÓN DE CARCAZAS Y VIZUALIZACIÓN MAS CLARA DE DEFECTOS.	Gerencia General INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.	\$12000 DE INVERSIÓN INICIAL + \$300 APROXIMADOS DE CONSUMO EXTRA DE DIESEL.	*	*	*
	REALIZAR ESTUDIO DE TERMOPARES PERIODICAMENTE PARA ASEGURAMIENTO DE CONDICIONES DE MAQUINARIA Y DE CALIDAD EN EL PROCESO DE VULCANIZADO.	REALIZAR ESTUDIO DE TERMOPARES PERIODICAMENTE PARA ASEGURAMIENTO DE CONDICIONES DE MAQUINARIA Y DE CALIDAD EN EL PROCESO DE VULCANIZADO. ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE MATERIALES NECESARIOS		X	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y MEJORA CONTINUA EN PROCESO DE LUBRICACIÓN.	Gerencia de Producción INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.	\$300 APROX en Dataloger, Softwarey Cables tipo K.	*	*	*
	TRAZABILIDAD COMPLICADA Y NO OPERATIVA, POR REVISIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS PASADOS.	MARCA DE CALOR PARA LLANTAS	X		ASEGURAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD PARA CONTROL ESTADÍSTICO DE AJUSTES	Gerencia de Producción INDUSTRIAL OSO TIRES S.A. Elaboradores del Proyecto	\$200 APROX	*	*	*
		ELABORACIÓN DE PLAN DE CONTROL PARA SEGUIMIENTO DE AJUSTES		X	ASEGURAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD PARA CONTROL ESTADÍSTICO DE AJUSTES	Elaboradores del Proyecto	N/A	04/04/2010	*	*

\*Los espacios en Blanco se encargaran de llenar los ejecutores conforme se realicen las propuestas de mejor



### ANEXO 13. DESGLOSE DE COSTOS DEL PROYECTO

ACCIÓN PROPUESTA	COSTO ASOCIADO	DESGLOSE
REALIZACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR UNA RESPUESTA ÓPTIMA DE % DE FUSIÓN, ASEGURANDO LA CALIDAD Y ESTABLECIENDO LOS PARÁMETROS	\$500	INCLUYE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LAS LLANTAS, MATERIA PRIMA Y ENERGÍA
USAR PARCHES QUIMICOS PREFABRICADOS	\$600 Mensual Aprox.	COSTO APROXIMADO OBTENIDO EN RELACIÓN A LA EXPERIENCIA DEL OPERADOR DE REPARACIÓN DE CUANTOS PARCHES UTILIZA Y DE QUE TAMAÑO.
ADECUACION DEL PUESTO DE REPARACIÓN Y CARDEO, Y DE INSP. INICIAL.	\$600	SE BUSCA TRABAJAR A LUZ DEL DÍA, SIN SOMBRAS QUE PUEDAN ENTORPECER EL TRABAJO. INCLUYE LAMPARAS, CONEXIONES, ETC.
CREACION DE PUESTO DE TRABAJO-SUPERVISOR DE CALIDAD	\$200 DE ENTRENAMIENTO MÁS SALARIO BASE DE \$240 CON UN MÁXIMO DE \$540 POR CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.	COSTO EVALUADO EN RELACIÓN A UN SUPUESTO DE RENDIMIENTO DE LAS MEJORAS.
INTRODUCCION Y CAPACITACION EN METODOLOGIA 5 S	\$900 PARA TODO EL PROCESO	INCLUYE CAPACITACIÓN Y MATERIALES PARA MEJOR OPERATIVA
ESTUDIO DE RIESGO ERGONOMICO Y MEJORAS DEL PUESTO	\$300 APROX. PARA TODO EL PROCESO	INCLUYE ANÁLISIS A SER REALIZADO POR GERENTE DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS OPERATIVAS.
ADECUACION DEL PUESTO, CAMARA ANTIRUIDO Y ADECUACIÓN DE MONORIEL PARA ENVIO DE LLANTAS A PROCESO DE RASPADO	\$2000 APROX	INCLUYE PAREDES ANTIRUIDO, MONORIEL CON CADENA ELECTRICA, ADECUACIÓN E INSTALACIÓN.
AVALUO Y COMPRA DE ARCO ELECTRICO.	\$1000 APROX	IMPORTACIÓN DIRECTA DE EEUU O MEXICO
AVALUO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACION DE CUARTO DE SECADO	\$12000 DE INVERSIÓN INICIAL + \$300 MENSUALES APROXIMADOS DE CONSUMO EXTRA DE DIESEL.	INCLUYE MATERIALES, INSTALACIÓN, CONEXIONES Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.
REALIZAR ESTUDIO DE TERMOPARES PERIODICAMENTE PARA ASEGURAMIENTO DE CONDICIONES DE MAQUINARIA Y DE CALIDAD EN EL PROCESO DE VULCANIZADO. ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE MATERIALES NECESARIOS	\$300 APROX	DATALOGER, SOFTWARE Y CABES TIPO K.
TRAZABILIDAD CON MARCA DE CALOR	\$200 APROX	A DISEÑARSE Y REALIZARSE CON RESISTENCIA ELECTRICA
IMPREVISTOS	\$300	COMUNES A PROCESOS DE MEJORA.
<b>COSTO TOTAL DE INVERSIÓN EN EL PROYECTO</b>	<b>\$18000</b>	NO INCLUYE COSTOS OPERATIVOS MENSUALES A SER INGRESADOS EN EL FLUJO

## ANEXO 14. PROYECCIÓN FINANCIERA CON MEJORAS PROPUESTAS

Costo Operativo por Ajuste (Promedio)														
<b>\$ 150</b>														
PERIODO (MES)	# de llantas producidas	% de ajustes	# de ajustes	\$ ajustes	ASEGURADOR DE CALIDAD					Energía (DIESEL)	PARCHES	PRESTAMO	F. INVERSIÓN	Flujo Neto
					Ahorro Producido	Rango	%	\$ Bono	SALARIO					
0	1200	5,00%	60	\$ 9.000	\$ 0	0	0,00%	\$ 0	\$ 240	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 1.987	-\$ 1.987
1	1200	4,50%	54	\$ 8.100	\$ 900	0,005	14,29%	\$ 43	\$ 283	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.030	-\$ 1.130
2	1200	4,00%	48	\$ 7.200	\$ 1.800	0,01	28,57%	\$ 86	\$ 326	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.073	-\$ 273
4	1200	3,50%	42	\$ 6.300	\$ 2.700	0,015	42,86%	\$ 129	\$ 369	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.116	\$ 584
5	1200	3,00%	36	\$ 5.400	\$ 3.600	0,02	57,14%	\$ 171	\$ 411	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.159	\$ 1.441
6	1200	2,50%	30	\$ 4.500	\$ 4.500	0,025	71,43%	\$ 214	\$ 454	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.202	\$ 2.298
7	1200	2,00%	24	\$ 3.600	\$ 5.400	0,03	85,71%	\$ 257	\$ 497	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.244	\$ 3.156
8	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
9	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
10	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
11	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
12	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
13	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
14	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
15	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
16	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
17	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
18	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
19	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
20	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
21	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
22	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
23	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013
24	1200	1,50%	18	\$ 2.700	\$ 6.300	0,035	100,00%	\$ 300	\$ 540	\$ 300	\$ 600	\$ 847	\$ 2.287	\$ 4.013

### CONSIDERACIONES ASEGURADOR DE LA CALIDAD

SUELDO BASE	<b>\$ 240</b>
BONO MÁXIMO	<b>\$ 300</b>

Se propone un líder para aseguramiento de la calidad con un sueldo base de 240 dólares con un máximo de 540 por cumplimiento de meta de ajustes al 1,5%

### CONSIDERACIONES DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

INVERSIÓN INICIAL	<b>\$ 18.000</b>
-------------------	------------------

Se considera un financiamiento externo con:

TASA EFECTIVA	0,01
Periodos	24
PAGO MENSUAL	<b>(\$ 847,32)</b>

## ANEXO 15. PROYECCIÓN DE PAGOS – FINANCIAMIENTO EXTERNO

FINANCIAMIENTO EXTERNO					
PAGO DE CAPITAL E INTERESES EN CUOTAS UNIFORMES					
PERIODO (MES)	CAPITAL INICIAL	INTERESES CAUSADOS	INTERESES PAGADOS	CAPITAL PAGADO	PAGO TOTAL
0	\$18.000,00	\$180,00	\$180,00	\$667,32	\$ (847,32)
1	\$17.332,68	\$173,33	\$173,33	\$674,00	\$ (847,32)
2	\$16.658,68	\$166,59	\$166,59	\$680,74	\$ (847,32)
3	\$15.977,95	\$159,78	\$159,78	\$687,54	\$ (847,32)
4	\$15.290,40	\$152,90	\$152,90	\$694,42	\$ (847,32)
6	\$14.595,98	\$145,96	\$145,96	\$701,36	\$ (847,32)
7	\$13.894,62	\$138,95	\$138,95	\$708,38	\$ (847,32)
8	\$13.186,25	\$131,86	\$131,86	\$715,46	\$ (847,32)
9	\$12.470,79	\$124,71	\$124,71	\$722,61	\$ (847,32)
10	\$11.748,17	\$117,48	\$117,48	\$729,84	\$ (847,32)
11	\$11.018,33	\$110,18	\$110,18	\$737,14	\$ (847,32)
12	\$10.281,19	\$102,81	\$102,81	\$744,51	\$ (847,32)
13	\$9.536,68	\$95,37	\$95,37	\$751,96	\$ (847,32)
14	\$8.784,72	\$87,85	\$87,85	\$759,48	\$ (847,32)
15	\$8.025,25	\$80,25	\$80,25	\$767,07	\$ (847,32)
16	\$7.258,18	\$72,58	\$72,58	\$774,74	\$ (847,32)
17	\$6.483,44	\$64,83	\$64,83	\$782,49	\$ (847,32)
18	\$5.700,95	\$57,01	\$57,01	\$790,31	\$ (847,32)
19	\$4.910,64	\$49,11	\$49,11	\$798,22	\$ (847,32)
20	\$4.112,42	\$41,12	\$41,12	\$806,20	\$ (847,32)
21	\$3.306,22	\$33,06	\$33,06	\$814,26	\$ (847,32)
22	\$2.491,96	\$24,92	\$24,92	\$822,40	\$ (847,32)
23	\$1.669,56	\$16,70	\$16,70	\$830,63	\$ (847,32)
24	\$838,93	\$8,39	\$8,39	\$838,93	\$ (847,32)
			\$2.335,74	\$18.000,00	

### CONSIDERACIONES:

TASA DE INTERES ANUAL	12%
TASA E INTERES EFECTIVA	1%
CAPITAL	\$18.000,00

## ANEXO 16. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

PERIODO (MES)	SIN FINANCIAMIENTO	CON FINANCIAMIENTO
0	-\$ 18.000	-\$ 847
1	-\$ 1.140	-\$ 1.987
2	-\$ 283	-\$ 1.130
3	\$ 574	-\$ 273
4	\$ 1.431	\$ 584
5	\$ 2.289	\$ 1.441
6	\$ 3.146	\$ 2.298
7	\$ 4.003	\$ 3.156
8	\$ 4.860	\$ 4.013
9	\$ 4.860	\$ 4.013
10	\$ 4.860	\$ 4.013
11	\$ 4.860	\$ 4.013
12	\$ 4.860	\$ 4.013
13	\$ 4.860	\$ 4.013
14	\$ 4.860	\$ 4.013
15	\$ 4.860	\$ 4.013
16	\$ 4.860	\$ 4.013
17	\$ 4.860	\$ 4.013
18	\$ 4.860	\$ 4.013
19	\$ 4.860	\$ 4.013
20	\$ 4.860	\$ 4.013
21	\$ 4.860	\$ 4.013
22	\$ 4.860	\$ 4.013
23	\$ 4.860	\$ 4.013
24	\$ 4.860	\$ 4.013
<b>TIR</b>	<b>13%</b>	<b>33%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 2.169,67</b>	<b>\$ 11.595,45</b>

**IMPORTANTE:** Evaluación del proyecto a 24 meses con una tasa efectiva anual del 12% de interes.

## ANEXO 17. HERRAMIENTA PARA EL PLAN DE CONTROL

		<h1 style="color: red; margin: 0;">LLANTERAOSO</h1>			
<h2 style="color: red; margin: 0;">CHECKLIST PARA CONTROL DE AJUSTES</h2>					
<b>Cliete:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Número: 000000000</b>	
1000X20	1100X23	215/75/R17.5	315/80/R22.5	750X16	
1100R20	11R22.5	225X16	500X12	750X20	
1100X20	1200X20	275/70/R22.5	600X14	825R20	
1100X21	12R22.5	275/80/R22.5	650X14	825X16	
1100X22	205/75/R15	295/80/R22.5	700X15	825X20	
900R20	900X20	OTRO			
<b>Marca:</b>					
<b>Tipo de banda:</b>					
			<b>Radial</b> <input type="radio"/>	<b>Convencional</b> <input type="radio"/>	
BAPM	LW	RDE2	RDY3	RZH	
CR	ML	RDEZ	RRR	RZY	
CROSSBAR	RCB	RDY	RT	RZY2	
DL	RD2	RDY2	RU	WH	
WHR	OTRO				
<b>Motivo de Reclamo:</b>					
Alambres Salidos	Ceja rota	Cracking			
Banda desprendida	Cerco Dañado	Fuga de Aire			
Banda Rota	Corte Costado	Grieta Diseño			
Fallo de Parche	Roto Costado	Separación de Lona			
<b>Proceso Involucrado:</b>					
Recepción	Cardeo	Resanado-Relleno			
Inspección Inicial	Reparación	Vulcanización			
Raspado	Embandado	Inspección Final			
<b>Dictamen:</b>					
Aire Atrapado	Grieta Inner Liner	Mala Preparación			
Puntilla No Detectada	Impacto	Mala Programación			
Caracaza Floja	Mal Embandado	Mala Reparación			
Cracking	Mala carcaza	Falla en Vulcanización			
Falla de Parche	Mala Inspección Final	Falla Encementado			
<b>Medida de Banda:</b> _____			<b>Fecha de reencauchado de la llanta:</b> _____		
<b>% de Ajuste:</b> _____					
<b>Responsable:</b> _____			<b>Firma:</b> _____		

## ANEXO 18. PLAN DE COMUNICACIÓN

<b>PLAN DE COMUNICACIÓN</b>		<b>Iniciativa de Mejora: Reducir fracción de Ajustes por Producto No-Conforme</b>							
#	INICIATIVA	AUDIENCIA	OBJETIVOS	MENSAJE	TOPICOS	MÉTODO	RESPONSABLE	FECHA TENTATIVA	DEPENDENCIA
11	Presentación del Proyecto	Gerencia General y Gerencia de Producción	*Explicar Generalidades del Proyecto Ejecutado	*Explicar que en efecto, la fracción de ajustes generados es una dimensión de calidad del proceso que se encuentra fuera de control	*Metodología del Proyecto *Objetivos específicos y Generales del Proyecto *Hallazgos Importantes *Diseño de Experimentos *Propuestas de Mejora	Reunión y Presentación en PPT	Andrés Gonzalez Oswaldo Andrade	14/05/2010	N/A
12	Evaluación Propuestas de Mejora	Gerencia General y Gerencia de Producción	*Analizar viabilidad de las propuestas y lograr el visto bueno de la gerencia	*Dar argumentos validos y bien sustentados de la viabilidad e importancia de la realización de las mejoras propuestas	*Análisis Financiero *Beneficios Projectados	Reunión y Presentación en PPT	Andrés Gonzalez Oswaldo Andrade	17/05/2010	11
13	Comunicación del proyecto y de las mejoras planeadas al Personal Operativo	Personal de Planta	Comunicar las mejoras que se planean implementar	*Explicar importancia de las mejoras y como aportan a la reducción de la fracción de ajustes	*Importancia del apoyo a las mejoras propuestas	Reunión y Presentación en PPT	Gerencia de Producción	21/05/2010	12 Aprobada