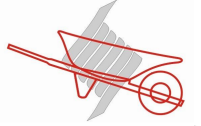


**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RUEDAS
MACIZAS EN INDURRUEDAS LTDA**

JORGE ORLANDO RODRIGUEZ RODDRIGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARMANGA**

2011



**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RUEDAS
MACIZAS EN INDURRUEDAS LTDA**

JORGE ORLANDO RODRIGUEZ RODDRIGUEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
ingeniero industrial**

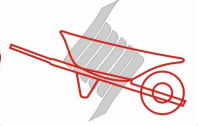
DIRECTOR:

EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ

Ingeniero Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARMANGA**

2011



Al Don de la vida y el amor.

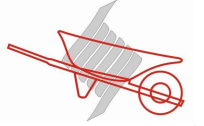
A Lina por la fuerza que me impregnó.

A todos las personas que en su oración hicieron presencia.

A mi familia por su compañía.

En Gritud a favores recibos por San Antonio Cupertino.

JORGE O. RODRIGUEZ



AGRADECIMIENTOS

A mis padres por darme la educación necesaria para emprender este proyecto, recorrer la vida, la posibilidad de formar mis sueños y el honor de pertenecer a un plan empresarial, como de vida espiritual.

Al Ing. William Arguello y Erika, por apoyarme en todas eventualidades recorridas en el transcurso de la práctica.

Doy gracias a la generosa disposición de los empleados de INDURRUEDAS LTDA, quienes con sus aportes y atenciones, volvieron amena y gratificante la labor desempeñada.

A las personas casuales y desinteresadas que guiaron mi andar y pensamientos, para la obtención de consejo, ayuda y conocimiento en aquellos que contribuyeron directamente en la elaboración de este documento.

Al grupo docente de planta en la Escuela de Estudios, por su modelo de vida, práctica y experiencia profesional.

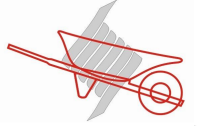
A mi Director Edwin Alberto Garavito, por permitir trascender en mi experiencia personal.

A Joselyn, Diego, Jonathan, Jenny, Mauricio, Andrea e Iván.

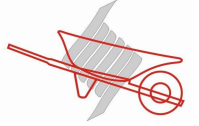
A Andrés, Jaime, Cesar Domínguez, Don Héctor, Lina., Ligia, Mns Rafal, Jesús Antonio, Pbt Wilmer y Pbt Lyan por sus oraciones, Dios les devuelva mil bendiciones.

**TABLA DE CONTENIDO**

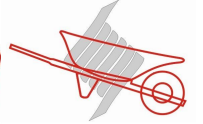
1. INTRODUCCIÓN	18
2. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	20
2.1. OBJETIVOS	20
2.1.1. OBJETIVO GENERAL	20
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	21
2.3. ALCANCE	21
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	22
3.1. OBJETIVO SOCIAL	22
3.2. PERFIL	22
3.3. RESEÑA HISTÓRICA.....	23
3.4. VALORES CORPORATIVOS.....	24
3.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	25
3.6. MISIÓN	26
3.7. VISIÓN.....	26
3.8. MAQUINARIA.....	26
A continuación se presenta un resumen de los equipos utilizados.....	27
3.9. MANO DE OBRA.....	28
3.10. MATERIALES.....	29
4. ENTORNO DE LA EMPRESA	31
4.1. CLIENTES	31
4.2. COMPETENCIA.....	32
4.3. PROVEEDORES	33
5. DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA.....	34
5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	34
5.1.1. Compra y recepción de materia prima.....	34
5.1.2. Preparación de materiales	35



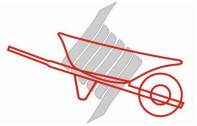
5.1.3.	Molido para tira de caucho	36
5.1.4.	Molido para masa	36
5.1.5.	Fabricación de aros.....	36
5.1.6.	Vulcanización	36
5.1.7.	Ensamble y terminado.....	37
5.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	37
5.3.	ELEMENTOS ESENCIALES DEL PROBLEMA.....	38
5.3.1.	Materiales.....	39
5.3.2.	Maquinaria.	39
5.3.3.	Mano de obra.....	40
5.3.4.	Producto.....	41
5.3.5.	Método.....	42
6.	ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS.....	43
6.1.	MARCO TEORICO	43
6.1.1.	Procedimiento de estudio de los métodos.....	43
6.1.2.	Estudio de movimientos.....	45
6.1.3.	Estudio de tiempos por cronometro.....	48
6.2.	EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	52
6.3.	ELEMENTOS DE ESTUDIO DE TIEMPOS	54
6.4.	CÁLCULOS DEL ESTUDIO	58
7.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	63
7.1.	MARCO TEORICO	63
7.1.1.	Elementos de inferencia estadística.....	63
7.1.2.	Etapas y actividades del análisis experimental.....	64
7.1.3.	Factores de control.....	67
7.1.4.	Diseño y optimización	68
7.2.	METODOLOGIA Y OBJETIVO EXPERIMENTAL	71
7.2.1.	Molido de caucho grasoso	73
7.2.2.	Moldeado	77



7.2.3.	Procesos de soldado	82
7.2.4.	Vulcanización.	89
7.2.5.	Ensamble.	93
8.	CONTROL DE PROCESOS Y PLAN DE PRODUCCIÓN	95
8.1.	MARCO TEÓRICO	95
8.1.1.	Indicadores de medición	95
8.1.2.	Variación de los procesos.....	97
8.1.3.	Diagramas de control estadístico	99
8.1.4.	Programa maestro de producción.....	100
8.1.5.	Planeación de requerimientos de materiales.....	102
8.2.	METOLOGIA PARA CONTROL DE PROCESOS	103
8.2.1.	Variables de seguimiento.....	103
8.2.2.	Análisis de la capacidad.....	105
8.2.3.	Medidas de control.....	109
8.3.	PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN.....	114
8.3.1.	Necesidades de planeación.....	114
8.3.2.	Lista de Materiales.....	115
8.3.3.	Análisis del comportamiento mensual.....	116
8.3.4.	Plan de requerimiento de materiales.....	118
8.3.5.	Sistemas empleados.....	120
8.4.	CONTROL DE INVENTARIOS	120
8.4.1.	MARCO TEORICO	120
8.4.1.1.	Sistemas de inventarios	121
8.4.2.	MANEJO DE INVENTARIO PARA MATERIA PRIMA.....	122
8.5.	SISTEMA PROPUESTO PARA CONTROL DE EXISTENCIAS	124
9.	PROPUESTAS DE MEJORA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.....	126
9.1.	MATERIAS PRIMAS.....	126
9.2.	SISTEMAS TECNOLÓGICOS.....	129



9.3. PROCESOS PRODUCTIVOS.....	131
CONCLUSIONES	138
RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFÍA	142
ANEXOS.....	144



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización Maquinaria	27
Tabla 2: Clientes	32
Tabla 3: Competencia	32
Tabla 4: Proveedores.....	33
Tabla 5: Agrupación de operaciones por tipo.....	55
Tabla 6: Caracterización elementos de ciclo corte platina.....	59
Tabla 7: Caracterización elementos ciclo corte caucho fibra	59
Tabla 8: Tiempos observados de platina y corte caucho fibra	60
Tabla 9: Suplementos contemplados en corte de platina	61
Tabla 10: Suplementos contemplados en corte de caucho fibra.....	62
Tabla 11: Tiempos de manufactura por unidad.....	62
Tabla 12: Estadísticos descriptivos, molido caucho grasoso	75
Tabla 13: Pruebas de efectos inter-sujetos, molido caucho grasoso	76
Tabla 14: Prueba turkey, molido caucho grasoso	76
Tabla 15: Estadísticos descriptivos, moldeado	80
Tabla 16: Test of Model Effect, moldeado.....	81
Tabla 17: Test of Model Effects, efectos directos, moldeado.....	82
Tabla 18: Pruebas no paramétricas, moldeado	83
Tabla 19: Componentes de platina por referencia	83
Tabla 20: Datos experimentales del proceso de soldado	84
Tabla 21: Estadísticos descriptivos, Rueda 1.5"	85
Tabla 22: Contraste de Levene sobre igualdad de las varianzas.....	85
Tabla 23: Pruebas de normalidad, Rueda 1.5", Proceso de soldado.....	86
Tabla 24: Pruebas de normalidad, Rueda 2.5", Proceso de soldado.....	86
Tabla 25: Estadísticos Descriptivos, Rueda 2.5", Proceso de soldado	86
Tabla 26: Constante de Levene, Rueda 2.5", Proceso de soldado	86
Tabla 27: Estadísticos Descriptivos, Rueda 3", Proceso de soldado	87
Tabla 28: Contraste de Levene, Rueda 3", Proceso de soldado.....	87
Tabla 29: Prueba de normalidad, Rueda 3", Proceso de soldado.....	87
Tabla 30: Pruebas de efectos inter-sujetos, Rueda 1.5"	88
Tabla 31: Prueba de efectos inter-sujetos, Rueda 2.5"	88
Tabla 32: Prueba de efectos inter-sujetos, Rueda 3"	88
Tabla 33: Descriptive Statistics, Vulcanización	91
Tabla 34: Levene's Test , vulcanización	92
Tabla 35: Tests of Normality	92
Tabla 36: Tests of Between-Subjects Effects.....	92
Tabla 37: Descriptives Statistics, Ensamble	94

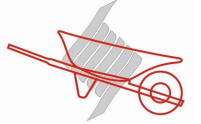
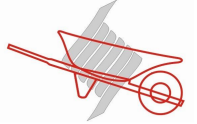
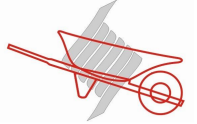


Tabla 38: Levene´s Test od Equality Error, Ensamble	94
Tabla 39: Tests of Normality, Ensamble	95
Tabla 40: Tests of Between-Subjects Effects.....	95
Tabla 41: Configuración Actual, planchas.....	106
Tabla 42: Tasa de utilización establecida	107
Tabla 43: Utilización Actual de la línea ruedas macizas	108
Tabla 44: Tolerancias del Peso.....	114
Tabla 45: Señal de rastreo.....	117
Tabla 46: Capacidad por centro de trabajo.....	119
Tabla 47: Capacidad del proceso, Peso	133
Tabla 48: Capacidad del proceso, Vulcanizado	133
Tabla 49: Implementación de mejora, Configuración de las planchas.....	133
Tabla 50: Nueva Utilizació Formulada	114
Tabla 51:Costos por articulo	137



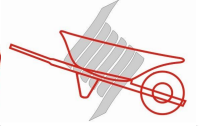
LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada INDURRUEDAS.....	23
Figura 2: Cubierta de ruedas en la industria automotriz	29
Figura 3: Caucho parcialmente vulcanizado	30
Figura 4: Diagrama Causa-Efecto, pérdidas productivas.....	38
Figura 5: Oportunidades de ahorro con la aplicación de ingeniería de métodos y estudio de tiempos	43
Figura 6: Símbolos para los diagramas de proceso.....	46
Figura 7: Diagrama Hombre-Maquina.....	47
Figura 8: Suplementos.....	51
Figura 9: Selección de actividades ilustrativas.....	58
Figura 10: Diagrama con las etapas para el Diseño de experimentos.....	66
Figura 11: Efectos en un experimento 2k.....	69
Figura 12. Grafica duración de operaciones	72
Figura 13. Fabricación caucho grasoso	73
Figura 14: Pasta en molino grande	77
Figura 15. Proceso de vulcanizado	89
Figura 16: Distribución de operación	98
Figura 17: Control de operación.....	99
Figura 18: Plan maestro de producción	101
Figura 19: Simbología del diagrama de flujo por celdas	106
Figura 20: Señal de rastreo en ruedas.....	118
Figura 21: Ordenes de pedido, thiuram	123
Figura 22: Rediseño de rueda.....	129
Figura 23: Cambio de venas en lámina.	130
Figura 24: Moldes	130
Figura 25: Datos del molino	131
Figura 26: Control estadístico inicial al soldado de Rines.....	134
Figura 27: Control estadístico inicial, Inspección final.....	135
Figura 28: Control estadístico establecido al soldado de rines	135
Figura 29: Control estadístico establecido, inspección final.....	136

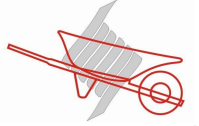


LISTA DE ANEXOS

Anexo No 1. Estructura Organizacional Indurruedas Ltda	145
Anexo No 2. Diagramas de Operaciones.....	146
Anexo No 3. Lista de chequeo despilfarros.....	150
Anexo No 4. Herramientas de participación y oportunidades de mejora	156
Anexo No 5. Formato de campo premuestra	161
Anexo No 6. Formato premuéstral	162
Anexo No 7. Formato de campo muestral.....	163
Anexo No 8. Formato muestral	164
Anexo No 9. Valoración de tiempos corte platina	165
Anexo No 10. Valoración tiempos picado de caucho fibra.....	166
Anexo No 11. Suplementos a contemplar.....	167
Anexo No 12. Tiempos Ruedas con radios metálicos.....	168
Anexo No 13. Tiempos con Rines metálicos y plásticos	169
Anexo No 14. Datos experimentales caucho grasoso	170
Anexo No 15. Verificación de normalidad para caucho grasoso.....	171
Anexo No 16. Datos experimentales moldeado	172
Anexo No 17. Estudio de causales en la reposición de ruedas	173
Anexo No 18. Ficha técnica platinas.....	175
Anexo No 19. Datos experimentales Ensamble.....	176
Anexo No 20. Control diario, Situación inicial	177
Anexo No 21. Software Fenix	179
Anexo No 22. Indicadores de medición	179
Anexo No 23. Estudio de Proveedores	182
Anexo No 24. Software Costos.....	182
Anexo No 25. Registro Reunión indicadores	183
Anexo No 26. Diagrama de flujo por centros de trabajo	184
Anexo No 27. Diagrama de actividades múltiples.....	192
Anexo No 28. Manual de funciones	193
Anexo No 29. Tiempos establecidos. Ruedas con rines metálicos.....	207
Anexo No 30. Tiempos establecidos. Ruedas macizas vulcanizadas.....	208
Anexo No 31. Lista de materiales	209
Anexo No 32. Comparativo de ventas, pronósticos	210
Anexo No 33. Verificación de pronósticos	214
Anexo No 34. Registros de control productivo	215
Anexo No 35. Control productos terminados e inventarios	218
Anexo No 36. Modificaciones realizadas a maquinaria.....	220



Anexo No 37. Diagrama de flujo por centros de trabajo	222
Anexo No 38. Diagrama de multiprocesos con mejoras implementadas	229
Anexo No 39. Control estadístico por atributos	231
Anexo No 40. Formato de Registro Control de maquinaria.....	240
Anexo No 41. Seguimiento Indicadores operativos	243



RESUMEN

TITULO*: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RUEDAS MACIZAS EN INDURRUEDAS LTDA.

AUTOR:** JORGE ORLANDO RODRIGUEZ RODRIGUEZ.

PALABRAS CLAVES: Sistema productivo, Tiempos, Métodos, Capacidades, Modelos experimentales, Indicadores.

DESCRIPCIÓN:

En este documento están consignados los aportes y mejoras desarrolladas al sistema productivo de ruedas macizas vulcanizadas, en la compañía INDURRUEDAS LTDA.

En los dos primeros capítulos del documento, son demarcados los propósitos de las mejoras en objetivos específicos, es dada una descripción global de la compañía a través de su perfil comercial, trascendencia histórica y recursos relacionados con las líneas a estudiar en este documento. Posteriormente, mediante un análisis de entorno y diagnóstico inicial, se exponen los aspectos a reestructurar en la operatividad de la planta, tomando presente el manejo adecuado y aprovechamiento de los recursos, enfoque hacia el cliente y medios de organización.

Fueron desarrollados estudios de métodos y tiempos con el fin de documentación, estandarización y aprovechamiento eficaz de cada actividad, definición de capacidades y rendimiento de los materiales y recursos en la línea. Adicionalmente se suprimió la especulación referente a las especificaciones técnicas y de materia prima, mediante la formulación y desarrollo de modelos experimentales en los procesos de mayor incertidumbre.

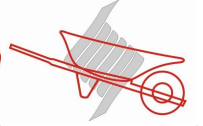
A continuación, se implementaron mejoras concernientes al control estadístico de atributos y variables técnicas, que fueran controlables a partir de las materias primas tradicionales. Como parte de las mejoras, se establecieron indicadores, registros y sistemas que aporten herramientas para la gestión administrativa y planeación de la producción; controles en inventarios y programa maestro productivo.

Finalmente se elaboraron las conclusiones sobre las acciones emprendidas y recomendaciones para el mantenimiento y evolución en el mejoramiento de actividades.

*Trabajo de Grado.

**Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Director: Edwin Alberto Garavito Hernandez.



ABSTRACT

TITLE*: IMPROVEMENT OF PRODUCTION PROCESSES SOLIDS WHEELS IN INDURRUEDAS LTDA.

AUTHOR:** JORGE ORLANDO RODRIGUEZ RODRIGUEZ.

KEYWORDS: Production system, Times, Methods, Capacity, Experimental models, Indicators

DESCRIPTION:

Forth herein are the contributions and developed improvements to the system productive of vulcanized solid wheels, in the company INDURRUEDAS LTDA.

In the first two chapters of the document, are demarcated purposes of improvements in specific aims, is given a comprehensive description of the company through its business profile, historical transcendence and resources related with the guidelines in this document. Subsequently, through an analysis of environment and initial diagnosis, we present the issues to restructure the operation of the plant, considering the proper management and utilization of resources, customer focus and media organization.

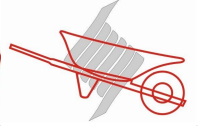
There were developed studies of methods and times in order documentation, standardization and effective use of each activity, define capabilities and performance of materials and resources on the line. Additionally, were deleted speculations concerning the technical specifications and raw materials, through the formulation and development of experimental models in the processes of greatest uncertainty.

Later, were implemented improvements relating to the statistical control of attributes and technical variables, which were INDURRUEDAS from the traditional raw materials. As part of the improvements, establish indicators, registers and systems that provide tools for administrative management and production planning, inventory control and master production schedule.

Finally the conclusions were elaborated on the undertaken actions and recommendations for the maintenance and evolution in the improvement of activities

* Final Project

** Physics and Mechanics, Engineering College, business and industrial studies school. Director: Edwin Garavito.



1. INTRODUCCIÓN

Acaparar todas las alternativas posibles para la mejor posición competitiva, ha sido una obligación del empresario moderno, quien vive inmerso en mercados saturados de distintas ofertas.

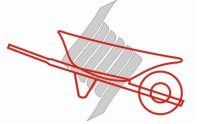
Poseer alguna ventaja es solo un beneficio momentáneo hasta el momento desimitado o superado. Triunfos perdurables del pasado como el modelo Toyota o estrategias de diferenciación como la de Harley Davinson, son abordados hoy día a modo de introspección organizacional, donde evocana encontrar en cada actividad un valor poco equiparable en organizaciones externas, que de razón del por qué, una compañía está presente y su labor es apreciada para saciar alguna necesidad.

INDURRUEDAS LTDA, consciente de su oficio, la fabricación de ruedas. En la penosa labor de calificarse, sería último en los esfuerzos de una industria dedicada ala movilidad, en la que solo hace uso del globalmente conocido concepto de vulcanización. Pero con su trayectoria, ya pesar de décadas de ausencia creativa para el mejoramiento de procesos, sus productos son ampliamente solicitados; sin importar su indisposición de cumplir con toda la demanda conocida.

Es el momento donde esta empresa Santandereana, evidencia la necesidad de involucrar en su empresa los mecanismos para el desarrollo y mejoramiento en sus artículos y procesos. Reencontrarse con el enfoque hacia el mercado, que le ha hecho subsistir y fortalecerlos.

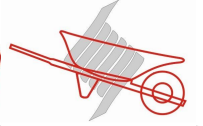
A través de este documento, se muestra el letargo acumulado en que se encontraba la empresa, los puntos de análisis fundamentales para formular cambios, los planteamientos para solucionar problemas coyunturales en el manejo de materiales y control productivo.

Son mostradas las implementaciones de todos los planteamientos que otorgan favorecimientos a corto y mediano plazo en la producción, como muestra de la potencial permanencia en la actividad de regenerar cauchos ya vulcanizados, para usos no tan exigentes a su elaboración inicial.



CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVOS DEL PROYECTO	
OBJETIVO GENERAL: Analizar, identificar e implementar posibilidades de mejoramiento de las actividades operativas para la línea de ruedas vulcanizadas en INDURRUEDAS Ltda.	
OBJETIVOS ESPECIFICOS	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO
Elaborar un diagnóstico del sistema productivo de ruedas macizas en INDURRUEDAS Ltda., a partir de la caracterización de los procesos mediante estudio de métodos y tiempos, documentación y análisis de las actividades.	Capítulos 4 y 5.
Establecer los parámetros y requerimientos técnicos de operación en los procesos de preparación de materiales, molido y vulcanización de la línea de producción, por medio de un análisis experimental.	Capítulo 6.
Implementar mejoras en las áreas definidas como críticas del proceso productivo de las ruedas macizas en INDURRUEDAS LTDA.	Capítulos 7 y 8.
Elaboración de criterios de desempeño del producto con base en la aplicación de herramientas de control estadístico de los procesos.	Capítulo 7, numeral 2.
Analizar la demanda e implementar técnicas de pronósticos para la creación del plan maestro de producción para las ruedas macizas	Capítulos 4 y 8.
Capacitar al personal de INDURRUEDAS Ltda. Con el fin de involucrarlo en los nuevos procesos a desarrollar y en su responsabilidad frente a las acciones de mejoramiento.	Capítulos 7 y 8. Capítulo 5, numeral 2. Capítulo 6, numeral 2.5.



2. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

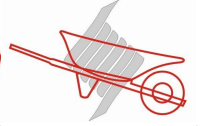
2.1. OBJETIVOS

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar, identificar e implementar posibilidades de mejoramiento de las actividades operativas para la línea de ruedas vulcanizadas en INDURRUEDAS Ltda.

2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico del sistema productivo de ruedas macizas en INDURRUEDAS Ltda., a partir de la caracterización de los procesos mediante estudio de métodos y tiempos, documentación y análisis de las actividades.
- Establecer los parámetros y requerimientos técnicos de operación en los procesos de preparación de materiales, molido y vulcanización de la línea de producción, por medio de un análisis experimental.
- Implementar mejoras en las áreas definidas como críticas del proceso productivo de las ruedas macizas en INDURRUEDAS LTDA.
- Elaboración de criterios de desempeño del producto con base en la aplicación de herramientas de control estadístico de los procesos.
- Analizar la demanda e implementar técnicas de pronósticos para la creación del plan maestro de producción para las ruedas macizas.
- Capacitar al personal de INDURRUEDAS Ltda. con el fin de involucrarlo en los nuevos procesos a desarrollar y en su responsabilidad frente a las acciones de mejoramiento.



2.2. JUSTIFICACIÓN

INDURRUEDAS LTDA de amplio trayecto en la fabricación de ruedas sólidas vulcanizadas, mantiene desde hace 30 años la misma oferta, sin que esta permanencia se traduzca en una experiencia constructiva de innovación en procesos, ni gestión para el mejoramiento productivo. La empresa forma parte de la industria del caucho en una sencilla actitud mutua, donde recicla los desechos de todo tipo de materiales de las grandes llanteras y autopartes del país, para la transformación de ruedas macizas. Dada la naturaleza de dicho material y el rudimental proceso, las ruedas están concebidas para el nicho ahorrador del mercado y para clientes tradicionales indiferentes a los demás productos u obstinados en la recompra.

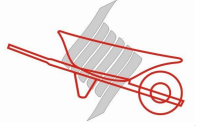
La mejora continua de las grandes industrias que han disminuido sus desperdicios, sumado al incremento de los precios del caucho, ocasionó que la empresa sacrificara los criterios en selección de materiales y proveedores por conservar el atractivo económico de su producto. De aquella reacción, la empresa sostiene inconvenientes para el manejo de materiales, se presentan reprocesamientos excesivos en las operaciones, acabados rústicos; es requerido un método estable para la manipulación de los materiales en todos los procesos productivos.

El abandono de operarios experimentados y la ausencia de métodos de entrenamiento adecuado a la empresa, sumado al desconocimiento de la capacidad real de producción y al deterioro de los equipos, ha sostenido una especulación para el cumplimiento de las ordenes, fomentando de tal manera el desagrado de los clientes y por ende la sustitución por competidores.

Conforme a lo anterior, se requiere un trabajo que permita lograr mejoras en los procesos, se proyecta igualmente la caracterización de operaciones ya existentes. Estas mejoras deben implementarse con estudio de campo, análisis y pruebas experimentales debido a las variabilidades presentes, especialmente para el caso de la materia prima.

2.3. ALCANCE

A partir de un diagnóstico de la situación actual, se identificarán posibilidades de mejoras, viables tanto técnica como económicamente, para su implementación en los procesos productivos de la línea de ruedas macizas vulcanizadas en INDURRUEDAS Ltda. concerniente a la estructuración de operaciones, inventarios, planeación y control de producción; Aplicando para ello un desarrollo



metodológico de estudio del trabajo, documentación de procesos, diseño y análisis experimental para control de variables presentes en la composición y manipulación de la materia prima en la empresa.

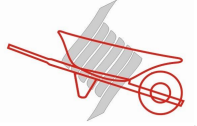
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

3.1. OBJETIVO SOCIAL

INDURRUEDAS LTDA es una empresa cuya razón social es la fabricación de artículos para el agro y la industria, mediante la vulcanización de caucho reciclado. También está dedicada a la comercialización, importación y exportación de productos a ferreterías y pequeñas industrias.

3.2. PERFIL

Razón Social: INDUSTRIA DE RUEDAS LTDA
SIGLA: INDURRUEDAS LIMITADA
NIT: 890.207.956-5
GERENTE: JORGE AUGUSTO RODRIGUEZ MORENO
TELEFONO/FAX: 6304422/ 6427145
DIRECCIÓN: CRA17 NO. 21-33
DEPARTAMENTO: SANTANDER
MUNICIPIO: BUCARAMANGA
PÁGINA WEB: WWW.INDURRUEDAS.COM
E-MAIL: indurruedas@indurruedas.com
AÑO DE FUNDACIÓN: 1981



3.3. RESEÑA HISTÓRICA

En 1978, Gracias a la visión de sus fundadores quienes detectaron la oportunidad de crear una fábrica de ruedas en primera instancia, se constituye INDURRUEDAS Ltda. Sus comienzos fueron en el barrio San Francisco donde se instalaron pequeñas máquinas que originaron los productos manejados hasta hoy día.

En abril de 1981 fue la constitución formal de la empresa. Por el aumento en sus ventas y requerimientos de espacio se trasladó a la calle 31 N° 16-64 con propósito de mejorar su incursión en el mercado regional. Para el año de 1986 falleció uno de los fundadores de la compañía y esta fue adquirida por el Sr. Jorge Augusto Rodríguez, quien hasta la fecha figura como propietario.

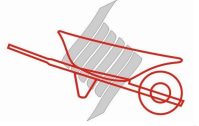
Desde 1999 INDURRUEDAS Ltda. comienza a presenciar una baja en sus ingresos y a su vez una disminución de su posición en el mercado. Ante la situación, en el año 2000, los socios se fusionan con una empresa comercializadora de artículos para ferretería de buen prestigio en el país, llamada TREFILADOS DE COLOMBIA; con el fin de mejorar su imagen y aumentar sus ventas.

Figura 1: Fachada INDURRUEDAS



Fuente: archivos INDURRUEDAS LTDA

Para el año de 2003, la comercializadora nacional decidió desvincularse de INDURRUEDAS y continuar sus operaciones autónomamente en una nueva sede dentro de la ciudad, pero el Sr. Jorge Rodríguez decide no ceder su posición



comercial y continuar con las actividades de comercialización bajo la marca INDURRUEDAS LTDA, para los departamentos de la región oriental del país. Luego de años de posicionamiento y debido a la pérdida apreciable de calidad y de competitividad en los precios de los insumos y productos de los proveedores, a partir de 2009 se ha desarrollado una proyección vertical en la cadena de suministros, con importaciones directas y segregación de producción a maquilas locales.

Actualmente las instalaciones de producción se encuentran divididas en tres.

La primera ubicada en la vereda el Carrizal del municipio de Girón, donde se realiza la vulcanización del caucho. Otra se encuentra en el centro de Bucaramanga y allí se ejecutan los procesos con las partes metálicas, y finalmente la agencia principal, en donde se efectúan gran parte de las operaciones logísticas de comercialización, y en un área aparte se desarrolla el ensamble de productos, terminado y armado de zorras.

3.4. VALORES CORPORATIVOS

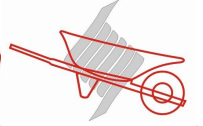
SOLIDARIDAD: Asumimos como propias todas aquellas necesidades presentes en nuestra interacción laboral, dando sentido al desarrollo de un mejor bienestar, donde el trato y las actividades tienen un mutuo origen y satisfacción.

HONESTIDAD: Desarrollamos un trabajo digno, con exigencia y cumplimiento de las responsabilidades contraídas con nuestros clientes, dentro de un grupo de trabajo moralmente educado.

COMPROMISO: Tomamos los mejores elementos para el alcance de nuestros clientes, con la idea de obtener solidez en las actividades empresariales, despejar inquietudes y ser ejemplo de cumplimiento.

DESARROLLO: En la realización de nuestros proyectos hacemos el máximo esfuerzo para demostrar progreso y éxito de la compañía.

COMUNICACIÓN: La comunicación permanente en la compañía y hacia nuestros clientes tiene como objetivo brindar elementos útiles, amigables, claros y responsables.



3.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura de INDURRUEDAS LTDA, es jerárquica (ver AnexoNo.1) enfocada hacia el cliente. Está diseñada para el fomento de la cooperación entre áreas y en procura de un eficaz control de los cargos gerenciales en la compañía.

INDURRUEDAS cuenta con tres departamentos que se encargan de cubrir con todas las actividades necesarias y así cumplir con su objetivo social. Estos son:

Departamento administrativo: Conformado por 6 cargos.

Cumple con las tareas de sostener el bienestar de los empleados, ejecutando programas de capacitación para todas las dependencias.

Las labores financieras están también dentro de su competencia, junto con la creación de informes para el comité de gerencia.

Adicionalmente tiene a cargo la cartera de la empresa en cuanto al pago de proveedores y al cobro de clientes morosos.

Como función especial tiene a cargo el control de inventarios.

Departamento comercial: Conformado por 17 empleados en 8 cargos.

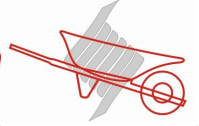
Tiene la responsabilidad de estudiar el mercado objetivo, generar estrategias para el comercio de productos, controlar y evaluar los puntos de venta INDURRUEDAS Ltda.

En el manejo de las relaciones comerciales, es encargado de las negociaciones con proveedores, estudio de factibilidad de nuevos productos y desarrollo de aquellos ya existentes.

Para las operaciones logísticas de toda la compañía tiene la responsabilidad de supervisar los despachos y abastecimiento de productos.

Departamento de producción: Conformado por 15 empleados en 5 cargos.

Tiene como función mantener existencias de ruedas para satisfacer la demanda, controlar la producción y conservar en óptimas condiciones los equipos de trabajo a través de la limpieza y lubricación periódica de piezas.



A cargo del jefe de producción está el grupo de empleados dedicados a la elaboración de los productos, inspección para el cuidado de especificaciones de producto en cuanto a dimensiones y aspecto.

3.6. MISIÓN

Satisfacer consistentemente y con la oportunidad las necesidades de nuestros clientes mediante la comercialización de productos agrícolas y ferreteros de las mejores marcas, así como la fabricación de la línea de INDURRUEDAS, representando para ellos la mejor opción en diversidad, calidad precio y servicio. Para ello contamos con el mejor talento humano, que con base en sus Principios y valores trabajan con responsabilidad, dedicación y honestidad, en un ambiente de armonía permitiéndole su desarrollo personal y profesional.

3.7. VISIÓN

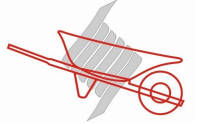
En el año 2015, INDURRUEDAS Ltda. Será la empresa líder del oriente Colombiano en la comercialización de productos agrícolas ferreteros con la ampliación en la cobertura del mercado y en la capacidad de producción para generar más oportunidades de crecimiento con nuevos productos y superar las expectativas de cliente.

3.8. MAQUINARIA

Desde la fundación de la compañía se trabaja con los mismos sistemas de producción y equipos, a los que el desgaste propio de la actividad ha exigido el recambio de piezas tanto estructurales, comode consumo y reposición programada. Se presentan modificaciones constantes de piezas a repuestos de fabricación local, sin ninguna verificación rigurosas de que sus prestaciones resulten ser similares a las de origen, los equipos son clasificados como maquinaria hechiza.

La maquinaria de INDURRUEDAS LTDA se encuentra agrupada así:

Equipos de mezclado: son denominados molinos de mezclados, como su mismo nombre lo dice, transforman todos los materiales que se insertan en él a una masa uniforme, esto gracias a la acción de dos rodillos que distribuyen los materiales depositados sobre éstos; por efecto de abrasión y rotación se



producen temperaturas adecuadas para el reagrupamiento de las moléculas en los cauchos en un solo material.

Equipos de formado: Utilizados para elaborar el aro y los radios donde la rueda reposa sobre el eje. Se trata de equipos motorizados que aplican fuerzas mecánicas para dar formas a los metales en frío, en la empresa se tienen en el uso del corte de platinas y cilindrado de láminas.

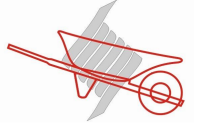
Equipos de soldadura: La empresa posee equipos de soldadura por arco eléctrico y por resistencia para dar ensamble a partes metálicas de las ruedas.


Equipos de vulcanizado: Se utiliza el sistema de prensa que da forma al caucho y en sus bandejas se tienen resistencias eléctricas generadoras del calor necesario para generar el proceso de vulcanización.

A continuación se presenta un resumen de los equipos utilizados para la producción:

Tabla No 1: Caracterización Maquinaria

CELDA	MAQUINARIA	IDENTIFICACION	
Tira de caucho	Molino Grande	XX	 <p><i>Molino grande</i></p>
vulcanizado	Prensa 4 laminas	VME	
corte fibra	<i>(corte manual)</i>	xxx	 <p><i>Vulcanizadora</i></p>
soldado	Punteadora	Manfer PR-20M	
cilindrado	Cilindradora	RR-00	
lamina	Cizalla manual	HRG-2000	
	Cizalla de riel	HRG-5000	
terminado	<i>(manual)</i>	xxx	



CELDA	MAQUINARIA	IDENTIFICACION	
	Balanza Manual	2610 OHAUS	
Molido Masa	Molino pequeño	JOACO	
			<i>Molino pequeño</i>

Fuente: Autor

3.9. MANO DE OBRA

A cargo del jefe de producción está el grupo de empleados dedicados a la elaboración de los productos, quienes laboran en jornada continua de 6:30 am hasta las 3:30 pm en horario entre semana, el día sábado la jornada laboral se reduce hasta la 1:00 pm.

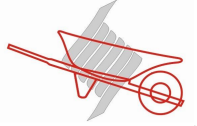
La mano de obra maneja órdenes de producción para los centros de trabajo y el 70% de los empleados son polivalentes en sus oficios, lo que permite la flexibilidad en la operación.

Actualmente las celdas de trabajo en soldadura son ocupadas por empleados altamente experimentados, aunque los requerimientos de los cargos son menos exigentes. INDURRUEDAS LTDA tiene 2 empleados con más de 15 años en el oficio y otros dos con 3 años de experiencia y formación técnica certificada. La polivalencia en dichos empleados es usada para apoyar los procesos de formado y en la fabricación de otros productos de la empresa.

Desempeñarse en el tratamiento de materiales exige gran fuerza física por el rudimentario proceso existente, por lo tanto esta mano de obra tiene pocas exigencia a nivel cognitivo, pero si requiere robustez física para poder generar las fuerzas necesarias. Debido al desgaste de la labor, el empleado rota sus deberes con otros oficios.

Para el mezclado de materiales se debe tener mano de obra con formación en la operación de los molinos, pero debido a la carencia de esta especialización en el mercado laboral, cuando se es aprendiz, está contemplado doblar operarios en el centro de trabajo por motivos de eficiencia y seguridad.

Un operario por turno de vulcanización es necesario por cada máquina, dicha operación es compleja, así la experiencia indique su fácil asimilación en la formación.

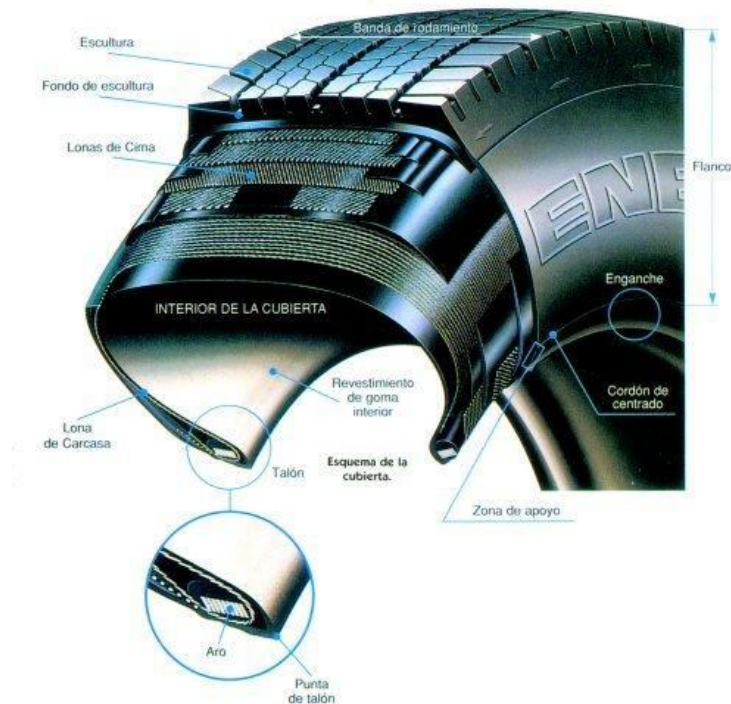


Para las demás operaciones, la formación requerida también es básica, según los requerimientos de producción lo exijan se incrementan los empleados con personal disponible de otras líneas.

3.10. MATERIALES

El compuesto fundamental utilizado para la fabricación de ruedas es el caucho principalmente adquirido para la compañía en actividades de reciclaje. Según los distintos procesamientos son agrupados en tres tipos distintos:

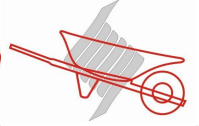
Figura 2: Cubierta de ruedas en la industria automotriz



Fuente: WWW.Mptv.com

Fibra de caucho: Son bloques de caucho provenientes de las grandes llanteras y autopartes del país, su clasificación tiene tal nombre por las fibras presentes en el material, correspondiente a las lonas internas y el aro en la punta de talón de las llantas.

Según el proveedor y la oportunidad en la compra los materiales son clasificados en dos clases. Aquellos bloques de gran tamaño y con rastros de



lonas de caucho natural se les agrupan en ordinarios, los de menor tamaños y maleables en cauchos parcialmente vulcanizados.

Figura 3: Caucho parcialmente vulcanizado



Fuente: autor.

Caucho grasoso: Material acuoso de cauchos y cargas reforzantes que al estar diluidos en hidrocarburos se obtienen libres de enlace y son considerados como la materia virgen para la vulcanización, proveen aspectos de impermeabilización y elasticidad del caucho.

La mayor solubilidad presente en los materiales es de compuestos butílicos que son los principales utilizados en la industria llantera.

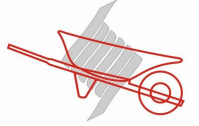
Cargas: Rellenos inertes pero adecuados para la industria del caucho, se añaden a los polímeros base para modificar las propiedades y reducir el costo.

El tipo de carga *negro de humo*, refuerza el caucho en propiedades tales como la resistencia a la abrasión y dureza, es ideal para mejorar la apariencia de la rueda por su color negro.

El tipo de carga *silicato de aluminio (caolín)* afecta la rigidez de los compuestos generando una resistencia a los ácidos, originada por su carácter ácido que tiende a disminuir la velocidad de vulcanización

Azufre: Elemento principal para la vulcanización, su adición otorga las propiedades mecánicas necesarias que se tengan planteadas al caucho.

La mejor presentación en el mercado es del 99.5% de pureza y el tratamiento del material debe ser adecuado para evitar contaminaciones o formación de ácidos que retrasan su procesamiento.



Aceleradores: Encargados de dar celeridad para las reacciones químicas en la vulcanización, y así reducir costos. El compuesto usado en INDURRUEDAS Ltda es el disulfuro de tetrametiluramio (TMTM) que a su vez es donador de azufre.

Lamina: Material para los aros, se utiliza láminas de acero troquelado en frío de 2mts² con calibre 18.

Tubo: Constituye el soporte al eje de movimiento, elaborado con tubo 1 ¼ de Cal 18.

Platina: Cortes de platina 1/8x1.

Buje: Producto de polietileno de alta densidad incorporado en la rueda para reducir medidas, moderar la fricción entre eje y tubo en la rotación.

4. ENTORNO DE LA EMPRESA

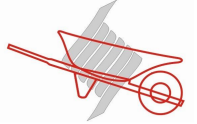
4.1. CLIENTES

El mercadeo de los productos tiene consolidado como principales clientes a las ferreterías, depósitos agropecuarios y de construcción a nivel nacional cuya distribución por cantidad de ventas está relacionada en la tabla 2.

Tabla 2: Clientes

DISTRIBUCIÓN CLIENTES / RUEDAS INDURRUEDAS	
CESAR	14.2%
MAGDALENA	9.8%
SANTANDER	11.9%
ATLANTICO	16.8%
BOGOTÁ	16.0%
BUCARAMANGA	14.3%
BOLIVAR	4.5%
SUCRE	0.9%
N. SANTANDER	8.0%
ARAUCA	1.4%
CÓRDOBA	2.3%

Fuente: Archivos INDURREUDAS Ltda.



4.2. COMPETENCIA

Los sistemas de ruedas y rodachinas para desplazamiento y soporte de estructuras tienen infinidad de productores principalmente en el exterior. La industria nacional consiste en fábricas pertenecientes a empresas transnacionales, entre ellas IMSA S.A ubicada en la ciudad de Medellín, cuya familia de productos son distribuidos por INDURRUEDAS como idea estratégica para mantener un catálogo completo de productos, a pesar de la directa competencia en varias líneas.

Sumado a la industria nacional existen distribuidores de manufacturas europeas y asiáticas quienes también mantienen relaciones comerciales con INDURRUEDAS, pero las especificaciones y características de sus productos no son competencia directa a las ruedas macizas.

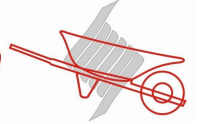
La competencia directa es identificada por tres tipos, la primera clasificación es para fábricas informales o unipersonales que han sido establecidas por ex empleados de INDURRUEDAS y sus competidores legalmente establecidos, la segunda clase proviene de las importaciones esporádicas de grandes ferreterías en la capital del país y por último las empresas de elaboración de piezas en caucho.

Tabla 3: Competencia

Empresa	Ubicación	% estimado / cobertura Indurruedas
Industrial de carretillas Ltda	Bogotá	30%
Boggys y cauchos condor Ltda	Bogotá	50%
Indurruedas J.E.R	Bogotá	30%
Gomma S.A	Bucaramanga	30%
Ruedas jose arce Ltda	Bucaramanga	40%

Fuente: archivos INDURRUEDAS Ltda.

La tabla 3 contiene los competidores con las referencias más similares de ruedas macizas y su estimación del porcentaje del mercado respecto a INDURRUEDAS Ltda.



4.3. PROVEEDORES

Todos los proveedores son nacionales y han mantenido relaciones comerciales con la empresa durante más de 5 años, la distribución respecto a producto puede ser vista en la Tabla 4

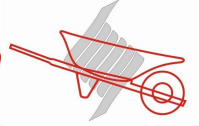
Tabla 4: Proveedores

MATERIAL	PROVEEDOR	UBICACIÓN	CANTIDAD REGULAR x PEDIDO
Azufre	REPREGAN LTDA	SANTANDER (b/manga)	50 kg
	AGROPASISA	SANTANDER (b/manga)	30 kg
THIURAM	DISCOLCAUCHOS LTDA	CUND (Bogotá)	50 kg
CAUCHO GRASOSO	DISTRICAUCHOS BOGOTÁ EU	CUND (Soacha)	1000 Kg
	JHON FREDDY PEREZ RAMOS	CUND (Bogotá)	2000 kg
RIPIO (negro de humo)	RENOBOY LTDA	SANTANDER (b/manga)	6000 Kg
	Otros	SANTANDER (b/manga)	1000 Kg
CAOLIN	CALES & CARBUROS	SANTANDER (b/manga)	4000 kg
CAUCHO NATURAL	JHON FREDDY PEREZ RAMOS	CUND (Bogotá)	800 Kg
FIBRA	DISTRICAUCHOS BOGOTÁ EU	CUND (Soacha)	2500 Kg
	CAUCHOS ORIENTALES EU	CALI (Valle)	5000 Kg
LAMINA	FAJOBE S.A.	SANTANDER (b/manga)	60 mts ²
	G&J FERRETERIAS S.A	SANTANDER (b/manga)	60 mts ²
PLATINA	G&J FERRETERIAS S.A	SANTANDER (b/manga)	1000 mts
	CYRGO S.A.	SANTANDER (b/manga)	500 mts
	PA-FC A. STECKERL	SANTANDER (b/manga)	900 mts
TUBO	FAJOBE S.A.	SANTANDER (b/manga)	1000 mts
	G&J FERRETERIAS S.A	SANTANDER (b/manga)	100 mts
BUJES	TORNOPLAST	CUND (Bogotá)	9000 unds
SELLANTE	PEGATEX LTDA	SANTANDER (b/manga)	12 unds

Fuente: Archivos INDURRUEDAS Ltda.

Los metales son adquiridos en grandes cadenas distribuidoras de la industria metalúrgica, quienes otorgan plenas garantías del cumplimiento de especificaciones técnicas, por ser referencias comercialmente reconocidas y cuyas tolerancias superan altamente las aplicaciones en los productos de INDURRUEDAS Ltda.

Se presentan dificultades para obtener los materiales sobrantes que en su mayoría provienen de la industria llantera y zapatera del país. Por tal motivo los proveedores no son escogidos, sino resultan tras la búsqueda y oportunidades dadas a los operadores de residuos del sistema productivo en las compañías Icollantas y Goodyear. Sin embargo, se llevan relaciones comerciales con las



compañías tradicionales encargadas del acopio de estos cauchos para el mercado.

Los reactivos, aceleradores químicos y cargas son provistos con composiciones definidas en las mismas empresas durante años. Solo con frecuencia de cada 2 o 3 pedidos, según las estacionalidades que la experiencia indique, se desarrolla estudio de la competitividad de los precios.

5. DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El principal producto que fabrica INDURRUEDAS son las ruedas macizas vulcanizadas, a las cuales se les aplican la mayoría de procesos fabriles que la compañía desarrolla. En el Anexo No 2, se presenta el diagrama de operaciones elaborado para esta línea de productos.

La producción de todos los productos se maneja por medio de celdas de trabajo. En cada una, el empleado ejecuta una serie de labores que tienen cierta dependencia entre sí, ya sea por las herramientas utilizadas, especificaciones de compuestos o maquinaria involucrada.

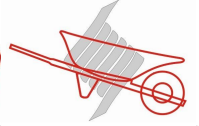
Las líneas de menor producción son las de zorras, pero su comercialización es activa. Dentro de este documento solo se estudiarán las líneas de ruedas macizas y quedan excluidas celdas de doblado, estampado y corte de lámina o tubería pertenecientes a la fabricación de las zorras y carretillas.

INDURRUEDAS LTDA y su departamento de producción para la fabricación de ruedas macizas, está constituido de los siguientes procesos:

5.1.1. Compra y recepción de materia prima

Los materiales con que se elaboran las ruedas son en parte caucho reciclado, proveniente de industrias de neumáticos y de residuos industriales, y la otra parte son componentes químicos cuya especificaciones se les suministra a los proveedores.

Las negociaciones de caucho fibra, grasosos y natural siempre son pactadas en lotes de cifras no superiores a 1.5 toneladas por precaución del deterioro en calidad que puedan contener los productos reciclados, convenios de fletes y



también debido a que solo es posible constatar su composición apropiada en el alistamiento previo a varios procesos.

Como algunos productos son reciclados, éstos materiales se reciben tal cual como llegan y luego se procede a prepararlos, los cauchos líquidos son recibidos en contenedores o canecas de 100 galones, la fibra en bloques de 1x0.60 m en área al piso y peso promedio de 50 Kg, el resto de los materiales en lonas dobladas de hasta 45 cm de altura o sacos de 50Kgs.

No se le realizan pruebas previas a la materia prima recién llegada, sino una inspección empírica del operario en pleno proceso productivo, donde bajo su propio juicio evalúa la fluidez y compactibilidad del material y decide si está presentando el comportamiento tradicional en el proceso.

5.1.2. Preparación de materiales

Cuando los materiales son reciclados, se les realiza pruebas de dureza, aspecto y peso, una de ellas consisten en introducir un punzón en los cauchos pre vulcanizados para intuir la maleabilidad, que es un indicador de lo que a palabras de los operarios, resuelve si el material es crudo y no ha sido aplicado suficiente temperatura para constituir enlaces resistentes, o si ácidos y aceleradores han ya modificado las propiedades mecánicas del caucho. El peso se verifica para corroborar la compra exacta de material y el aspecto visual es un indicador ya por experiencia de la composición principal del material.

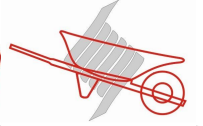
Con base en lo anterior se procede a seleccionar cuales sirven para la producción. Posteriormente, dadas las condiciones particulares que posean, se establecen los parámetros de operación de las maquinas que permita el correcto aprovechamiento de los mismos.

Los cauchos líquidos se almacenan de forma inclinada para facilidad del uso, que es por medios de paladas y así extraer el material directamente al proceso.

El caucho fibra se prepara cortándose y deshilachándose en trozos iguales o inferiores a una medida estándar, no superior a 30 cm² para correcto procesamiento y cuidado de la maquinaria.

Los demás compuestos son pesados en bolsas plásticas con el valor de la fórmula para la elaboración del caucho.

Las piezas metálicas se reciben con las especificaciones pedidas y son cortadas al tamaño idóneo para procesamiento.



5.1.3. Molido para tira de caucho

Se mezcla caucho líquido y los componentes químicos que le van a dar al caucho el color, las propiedades y los aditivo para acelerar el vulcanizado en temperaturas idóneas (entre 120 y 140 °C), así como los plastificantes que homogenizan el producto final.

5.1.4. Molido para masa

Con el fin de preparar las telas de caucho, se debe enriquecer el material en proceso con caucho no vulcanizado y pre vulcanizado. Para agrandar la mezcla en peso y volumen se utiliza una gran cantidad de materiales reciclados como el ripio, caolín y fibra de caucho.

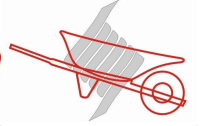
5.1.5. Fabricación de aros

Láminas metálicas son cortadas en cizallas a longitudes exactas, permitiendo tomar forma circular de radio específico para cada rueda. En una cilindadora, las láminas toman la forma de aro deseada y seguidamente se les soldán partes metálicas como los radios y el tubo en donde encaja el eje, creando así la estructura de la rueda.

5.1.6. Vulcanización

El proceso de vulcanización en INDURRUEDAS Ltda es por moldeo de compresión. Para comenzar, el material del molino junto con los aros de la rueda se cargan en preformas o moldes. Luego el conjunto se introduce en una prensa donde es sometido a presión y temperatura para un ciclo de curado. Posteriormente se realiza la extracción manual de la rueda, el enfriado e inspección visual para luego pasar al desbaste de las rebabas.

Dependiendo del tipo de materiales utilizados, ocasionalmente concluido el desbaste, se deben pintar las ruedas para que logren tener un aspecto uniforme.



5.1.7. Ensamble y terminado

Referencias 2 ½”, 1½” y 3” son terminadas con la introducción del par de bujes y posterior pintado. Las otras referencias son llevadas a ensamble en donde se les coloca rodamiento, se ajusta el rin y finalmente se cortan las rebabas aún presentes de la vulcanización, esta última labor es llamada “peluqueado”.

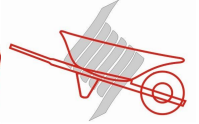
En casos donde el caucho no tenga el color uniforme, se le reduce esta apariencia con aplicación de betún.

5.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de ruedas macizas vulcanizadas en INDURRUEDAS Ltda. ha carecido de la gestión que garantice el funcionamiento idóneo de los procesos involucrados en la manufactura de los productos. Para la gerencia es claro que se lleva ya una década en donde no se han implementado mejoras a los métodos ni a la tecnología; tampoco se ha evaluado la conveniencia o el perjuicio de los cambios que se han presentado a través de los años en elementos tales como la materia prima, la maquinaria y los requerimientos del cliente.

Existen problemas técnicos ya identificados en la línea de producción de ruedas macizas, que merecen su debido estudio para el planteamiento de soluciones, entre los que se pueden mencionar:

- Las materias primas que llegan a producción, dado que son materiales reciclados, suelen cambiar constantemente de características y solo se tienen inspecciones rudimentarias, en su mayoría visuales y de aspecto subjetivo. Por falta de control, se genera lotes defectuosos que deben reprocesarse, se pierde gran cantidad de tiempo y materia prima ajustando la maquinaria a éstos materiales para que el producto tome el aspecto adecuado.
- No se tiene conocimiento de la capacidad real para la línea de ruedas macizas.
- No existe documentación alguna que formalice instructivos para capacitar al personal acerca de los métodos, tareas y labores necesarios para realizar la fabricación de los productos.
- Los empleados nuevos únicamente reciben capacitación por el jefe de producción, la cual consiste en un adiestramiento del uso de la maquinaria y



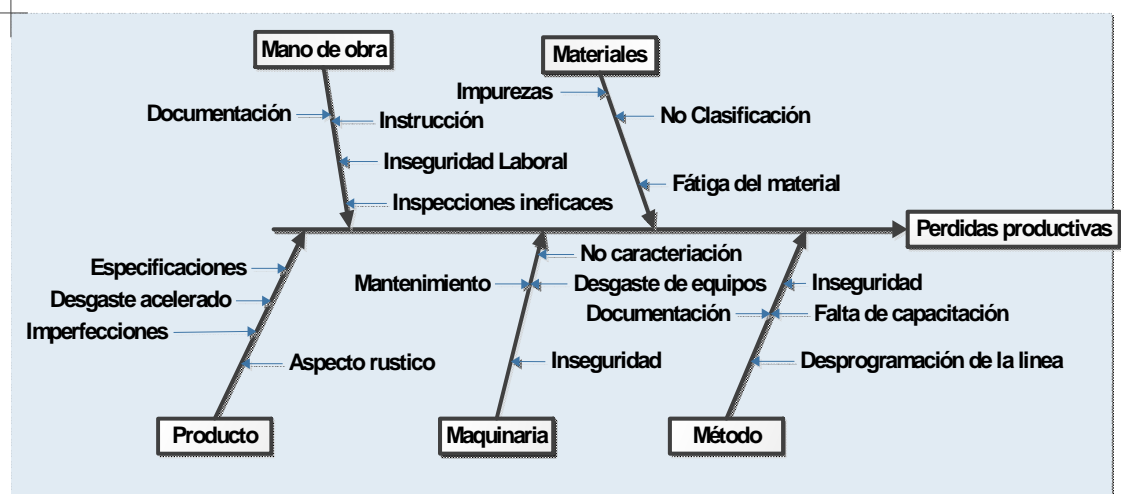
reconocimiento de tareas únicamente a juicio personal, sin estudio por parte de la gerencia ni ajustada a las nuevas implementaciones técnicas del sector.

- La técnica del vulcanizado no ha sido modificada desde hace 20 años, las máquinas presentan deterioro, y continuamente deben ser reparadas provocando caos respecto a una eventual orden de producción.
- La materia prima tiene cierta dificultad para su adquisición por la carencia de nuevos proveedores e incumplimiento en los compromisos de despacho en los ya existentes, por tal razón el manejo de inventarios siempre tiene trastornos tanto por la ausencia de materia prima como por el despilfarro de productos en inventario excesivo.
- No existe una estructura de costos definida que permita valorar los productos por línea o referencia específica. Los estados de utilidades y costos incurridos son documentados globalmente para toda la producción, impidiendo así un análisis real y profundo para cada producto.

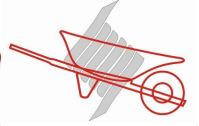
5.3. ELEMENTOS ESENCIALES DEL PROBLEMA

Para el análisis de todas las causales de los inconvenientes en la compañía, se define el conjunto de dichos inconvenientes como *perdidas productivas*, de cuyo origen tratará este numeral. Las causas son establecidas a partir de los factores productivos relacionados en el diagrama causa-efecto de la figura 4

Figura 4: Diagrama Causa-Efecto, pérdidas productivas



Fuente: Autor.



5.3.1. Materiales

La falta de clasificación del grado de vulcanización en el caucho, al igual de los aditivos presentes en el caucho reciclado, son particularidades con las que han tenido que lidiar en la compañía por motivos de costos, es necesario mencionar que el producto tiene que reconocerse como la alternativa más económica para movilización no motorizada de carga liviana. Por tal razón nunca se ha evaluado la mejora de materia prima a productos mejor clasificados.

Los materiales una vez combinados con los aditivos químicos que generan las reacciones de vulcanización, son extremadamente sensibles al tiempo de su procesamiento. Usualmente se tienen materiales en los puestos de vulcanizado y molido para garantizar la continua alimentación de los equipos, pero estos niveles de inventarios son excesivos, y los materiales pierden la temperatura adecuada para la operación e incluso alcanzan un curado excesivo que los hace perder las propiedades físicas idóneas.

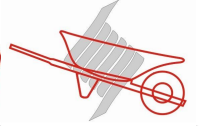
La materia prima trae elementos adicionales que no representan ninguna función en el producto final y son considerados como cargas, el exceso de dichos materiales es controlado en el alistamiento de la materia, sin embargo constantemente inciden en la apariencia del producto dando texturas rugosas a las superficies de las ruedas y dificultando la homogeneidad del color en el caucho.

5.3.2. Maquinaria.

La maquinaria ha sido reparada, sus piezas renovadas en varias ocasiones, y dichas modificaciones han alterado la elaboración de los productos ocasionando mayores riesgos al personal. Las masas o cilindros de los molinos fueron ampliados para aumentar el tamaño para la entrada de materia, pero desde que se realizó tal arreglo los accidentes de trabajo y los fallos mecánicos se incrementaron drásticamente.

Durante el anterior milenio la empresa laboró 20 años y solo tuvo un accidente de trabajo por aplastamiento de la mano izquierda a un empleado, desde las modificaciones elaboradas en 2007, han ocurrido 4 accidentes de este tipo, una ocasión que tuvo igual tragedia a la sucedida en 1997, y las demás donde las heridas de aplastamiento generaron la amputación algunos dedos, o incapacidades superiores a 20 días por quemaduras e inflamaciones.

No existe formalmente un programa de mantenimiento de los equipos, algunos tienen piezas que deben ser renovadas periódicamente, tal momento es aprovechado para realizar el mantenimiento completo a la maquinaria, pero debido



al desgaste de los equipos la frecuencia de reparaciones y reemplazo viene en aumento.

No se tiene un estudio sobre la aplicación de nuevas tecnologías o maquinarias idóneas para el mejoramiento de los procesos, pese a que existe el interés y la evidencia de su necesidad en términos de competitividad respecto a la calidad en los productos.

Existe falta de juicio acerca de la tolerancia de la maquinaria, e irresponsabilidades constantes respecto a las cargas máximas de material con que los operarios emplean los equipos. Además, en ellos se ponen objetos ajenos al puesto de trabajo, pese a la delimitación presentes para conservar el estado de la maquinaria y la seguridad del personal.

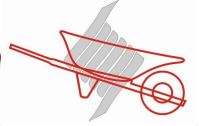
5.3.3. Mano de obra.

Los manuales de función presentes en INDURRUEDAS Ltda no reflejan la realidad de las actividades en todos los puestos de trabajo, tampoco se documenta la formación y entrenamiento para los puestos de producción, dejando a libertad del jefe de producción el debido entrenamiento de los nuevos empleados, quién pese a sus 15 años de labor en la empresa no tiene formación técnica complementaria.

Los riesgos de accidentes y la falta de programación en la producción son factores de duda en los empleados; basado en entrevistas para el reconocimiento de los puestos de trabajo, se identificó un clima laboral donde prima el escepticismo hacia las mejoras, indecisión y poca entrega, ocasionado principalmente por inseguridad laboral y un concepto pobre de apoyo por parte de la alta gerencia a las labores en producción.

La mano de obra disponible, en su mayoría no está calificada para los procesos de molido, la maquinaria y los materiales sobrepasan las características de operación y métodos presentes generalmente en cualquier operario. Por lo cual, partiendo de la pequeña relación con los equipos para suelas de calzado, la mano de obra siempre se contrata con experiencia al menos en esta industria, pero la capacitación a INDURRUEDAS no da certeza de formación adecuada al operario. La eficiencia de quienes tienen ya experiencia no fue transmitida a las recientes contrataciones, obligando incluso a duplicar mano de obra para cumplir con el flujo adecuado de producto en proceso.

La polivalencia en la planta de producción es exigida por motivos de las constantes emergencias para el cumplimiento de pedidos, dicha sobrevaloración



de la capacidad de la mano de obra subestima los beneficios en la especialización de las operaciones en términos de productividad.

5.3.4. Producto.

La economía del producto sobresale en la valoración del cliente para una rueda maciza. Sin embargo, el avance competitivo entre las marcas líderes en calidad ha reducido las diferencias de precios, renovando la necesidad de la compañía en desarrollar esfuerzos para el control de calidad.

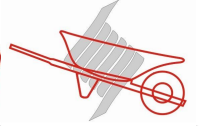
Las ruedas macizas no satisfacen la necesidad respecto a estética del producto. Pese a las 4 inspecciones presentes en el proceso, se tolera el mismo número de imperfecciones por artículo. En el pasado, tales defectos les eran indiferentes al comprador, pero hoy día, por la excelente presentación de productos sustitutos, ya no se cumple a satisfacción las expectativas del cliente.

Desde el comienzo de la empresa, las ruedas han sido fabricadas sin medir el peso del producto, debido a la variación en la densidad de los materiales. En la actualidad los avances en compuestos poliméricos y ferrosos la dejan en el deshonroso último puesto respecto a peso por unidad, aspecto por el cual el cliente redujo su predilección por INDURRUEDAS.

Los sobrantes o rebabas de los procesos de vulcanizados no son removidos en totalidad, motivando la pérdida de aspectos cualitativos frente a las expectativas de los compradores.

La resistencia y durabilidad de la rueda fue provista desde hace 20 años por exceso. Es decir, los esfuerzos y trabajos a los que será sometida son inferiores a los límites del producto. Debido a las instauraciones de estándares para esfuerzos físicos musculares dados por la salud ocupacional en la actualidad, los equipos de movilización manual en que son empleados las ruedas macizas, no deben superar los 150 Kg, por lo tanto los límites de resistencia en los materiales de las ruedas en INDURRUEDAS Ltda. Están sobrestimados, cargando sobrecostos innecesarios en las características del producto.

No existen las herramientas de control para prevenir la fabricación de producto defectuoso, por consiguiente existe variabilidad en el tiempo de desgaste del mismo, y en consecuencia, en caso de reclamos de garantía es evaluada cada queja particularmente, y si las ruedas no fueron utilizadas en condiciones que puedan haber ocasionado debilitamiento acelerado del material, queda cubierta dicha pérdida por garantía.



5.3.5. Método.

Dentro de las operaciones para la fabricación de ruedas macizas existen inconvenientes en el método de molido, por el riesgo presente en la realización de las pastas para vulcanizar, comprende un alto grado de exposición al aplastamiento de las falanges de la mano en momentos donde el operario lidia con la carga máxima de caucho; la operación no tiene estandarización de tareas y solo se inspecciona flexionando la lámina de caucho para asegurar la correcta cohesión de los elementos.

Sin especificación ni documentación de la operación en molido de caucho grasoso, se mezclan los productos para lograr obtener un grasoso. Los movimientos son similares al de un panadero frente a un rodillo para producir pasta. La sincronía máquina-hombre, el control de la temperatura y mezclado de los ingredientes son distantes entre un operario a otro, de la misma manera son sus cauchos; los procesos siguientes en la línea de fabricación siempre deben ser configurados según el conocimiento que se tenga del grasoso obtenido.

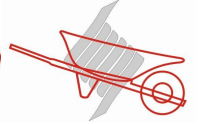
Vulcanizar el caucho presenta inconvenientes por la desprogramación en la línea de producción, en ocasiones se tiene exceso material en proceso para vulcanizar, pierde temperatura y la vulcanización del producto queda parcial, en otras ocasiones la temperatura del caucho es superior a la normal o los agregados son defectuosos y los cauchos se queman superficialmente.

Los puestos de trabajo presentan deterioros en equipos y herramientas que ocasionan mayores fatigas a las necesarias.

La empresa necesita contemplar alternativas para los procesos de picado de fibra por el rudimentario procedimiento de corte manual y la extenuante labor de picado.

En INDURRUEDAS LTDA se trabaja por órdenes de producción según la demanda. Se pueden distribuir las funciones de la mano de obra para cumplir los pedidos, si es el caso es posible triplicar operarios en cualquier celda, tanta flexibilidad es idónea para el cumplimiento de los pedidos, pero al no tener indicadores de productividad y costos actuales no ajustados, es incierto el correcto aprovechamiento de la línea.

Para distribuir el trabajo se tiene un patrón sobre la capacidad de producción en serie de las ruedas macizas. Sin embargo, fue estipulado años atrás y resulta poco preciso, debido a los ajustes de maquinaria, cambio de operarios y composición del caucho en el transcurso de los años; la capacidad real de producción puede estar subestimándose o sobrestimando, esto es incierto sin un estudio ajustado del trabajo.



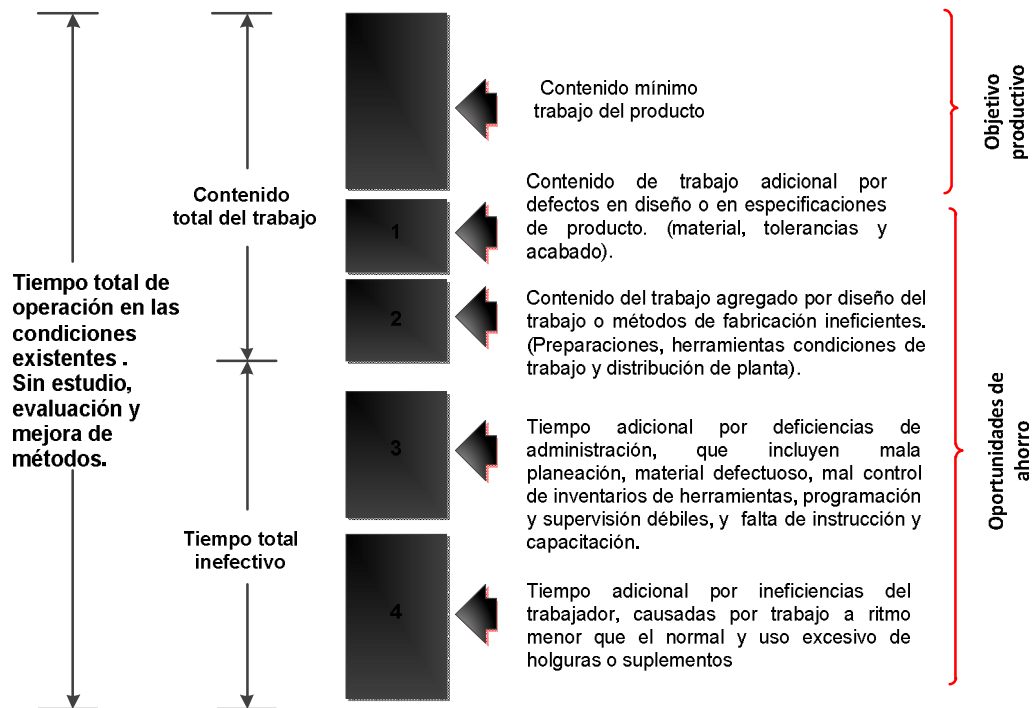
6. ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

6.1. MARCO TEORICO

6.1.1. Procedimiento de estudio de los métodos.

Incrementar el uso de herramientas, perfeccionar las relaciones trabajador máquina, el diseño y la creatividad en los espacios para la eficiencia de las labores industriales, deduce igualmente reducir medios inefectivos que una vez excluidos de toda actividad dan realce y mejoran las actividades que añaden valor a las operaciones industriales.

Figura 5: Oportunidades de ahorro con la aplicación de ingeniería de métodos y estudio de tiempos



Fuente: Niebel, Ingeniería Industrial.



La filosofía industrial de justo a tiempo define los medios inefectivos en términos de desperdicios como “todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquina, mano de obra, necesarios para agregar valor al producto”². Es decir, aquellos componentes del trabajo representados en la figura 5, son desperdicios quienes deben ser concebidos como oportunidades de ahorro para la aplicación de mejoras en los métodos y tiempos

Varias herramientas son aplicables para el reconocimiento, modificación y reducción de los desperdicios en las compañías, una de ellas denominada **5MQS**, cuyo uso permite identificar desperdicios respecto a la fuente que los ocasiona³, es una aplicación útil de la gestión inteligente de recursos, quienes incluso son vinculados para puntualizar el nombre de la herramienta, tomando de cada uno la primera letra en idioma inglés.

Recursos tangibles (**M**aquinas y **M**ateriales), todos los intangibles que vienen siendo elaborados como procesos (**M**anagement, **M**ethods, **Q**uality y **S**afety) y junto al capital humano (**M**an), han de ser estudiados con sentido crítico de su función habitual.

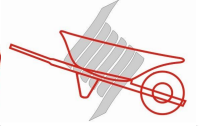
El procedimiento para realizar el estudio de los métodos y todo recurso presente en las empresas, contiene un principio de exploración del trabajo dado por:

- 1- **Seleccionar el proceso:** Método específico y recursos involucrados en su actividad.
- 2- **Registro y recolección de datos relevantes:** Todas las especificaciones, requerimientos en cantidad son ordenados en técnicas distintas como los diagramas de operaciones.
- 3- **Análisis con espíritu crítico:** Plantear inquietudes, si sobre los propósitos de la actividad justifican la forma en que es desarrollada, el lugar, el orden de ejecución

Seguidamente, viene la selección de las opciones de mejora con el seguimiento para estandarizar sus elementos.

² BOTERO B, Luis Fernando. Identificación de Perdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. En: México D.F. Universidad EAFIT. Número 130. p. 66. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>.

³ ORTIZ P. Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos Productivos. Ediciones UIS; Pág. 23



- 4- Establecer el método ideal:** Se selecciona el mejor procedimiento para cada operación, se incluyen las implicaciones de productividad, ergonomía, seguridad e higiene.
- 5- Evaluar resultados obtenidos:** El nuevo método y el tiempo correspondiente
- 6- Definir y establecer método estándar:** Aceptación del método.
- 7- Aplicación controlada:** Dar seguimiento de manera periódica.

6.1.2. Estudio de movimientos

Concibe de igual forma los procedimientos para el estudio de los métodos, siendo un caso preciso y de gran relevancia por ser desarrollado para aumentar la eficiencia en las operaciones, con la reducción de movimientos innecesarios en los empleados, y el favorecimiento de aquellos que permitan obtener una secuencia de trabajo más productiva.

El procedimiento tiene apoyo en una serie de herramientas que facilitan identificar las oportunidades de mejora, conciben la eficiencia del diseño actual de trabajo y caracterizan las acciones en las operaciones para empleo efectivo en posteriores capacitaciones.

Dichas herramientas son compuestas por varios tipos de diagramas.

A. Diagrama de operaciones

Este tipo de diagrama muestra gráficamente la sucesión de actividades necesarias para la fabricación de un producto, para ello emplea dos símbolos básicos y una combinación de éstos.⁴

⁴ ORTIZ P., Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos Productivos. Ediciones UIS

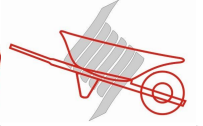
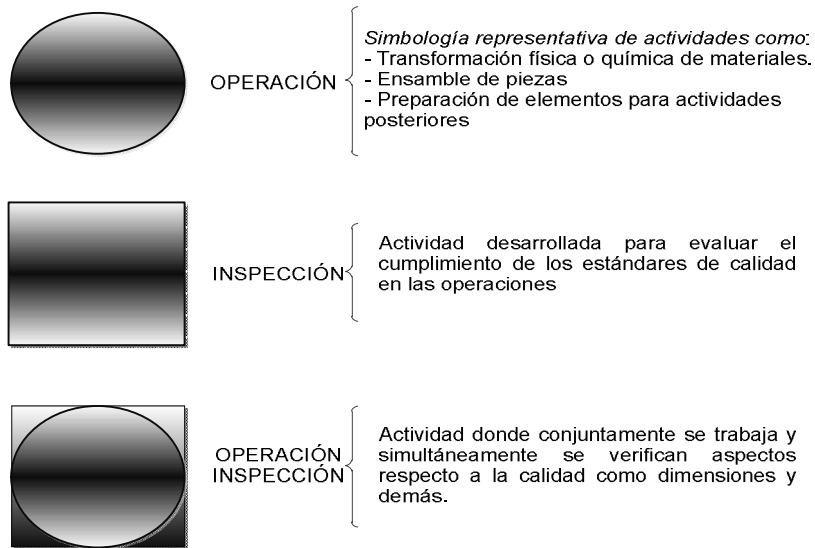


Figura 6: Símbolos para los diagramas de proceso



Fuente: autor.

B. Diagrama de flujo de procesos.⁵

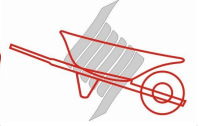
Contiene en general muchos más detalles que el de operaciones. Este diagrama es especialmente útil para poner de manifiesto: distancias recorridas, retrasos y almacenamiento temporales. Una vez expuestos, estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento. Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

C. Diagrama de recorrido de proceso.⁶

Este diagrama se efectúa sobre un plano donde se sitúan las máquinas a escala. En él se traza una línea que indique la secuencia que seguirá el producto. Este diagrama complementa con el anterior y permite lograr una mejor distribución en planta al ahorrar distancias y, por lo tanto, tiempo.

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.* Pg. 28



D. Diagrama de proceso bimanual.

Es una herramienta para la mejora de las actividades de los trabajadores en sus puntos o celdas individuales de labor. Este diagrama muestra todos los movimientos y retrasos realizados por las manos, vinculados a una medida de desempeño, o logro específico esperado en el movimiento.

Con los detalles precisos de las operaciones estudiadas, es posible identificar patrones de movimientos ineficientes, riesgos de seguridad y condiciones de ergonomía desfavorables.

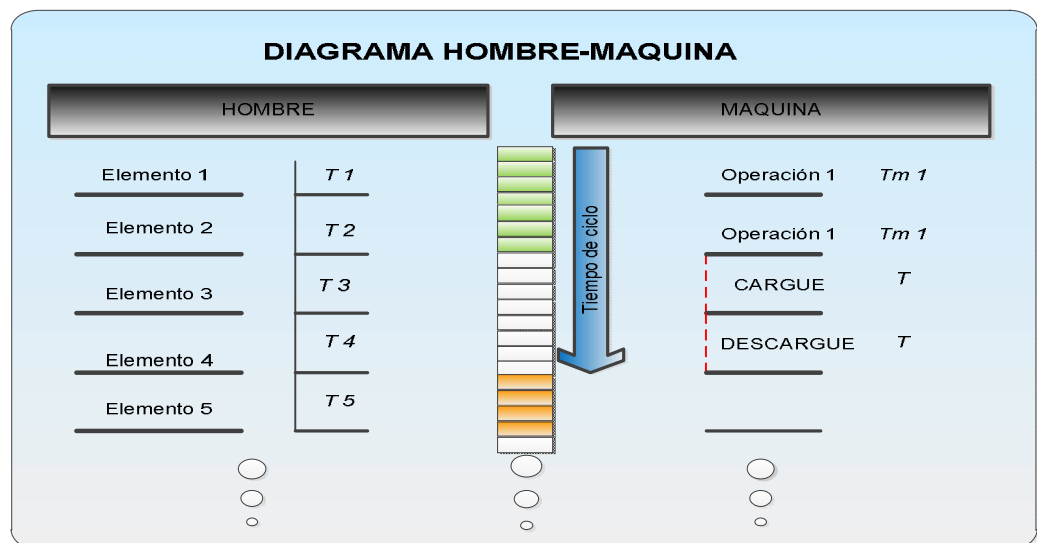
Al aplicar correctivos en las secuencias de las manos, se buscan avances efectivos en la reducción del tiempo de fabricación, balanceo de cargas laborales y disminución de fatigas.

E. Diagrama de operación hombre-máquina.

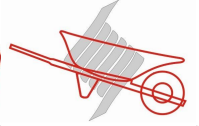
En los procesos con estaciones de trabajo, donde el individuo opera máquinas automáticas o semiautomáticas, existen lapsos en que la máquina realiza sus actividades y el trabajador solo espera para alimentar el equipo, este es un tiempo ocioso que el analista con el diagrama de operación hombre-máquina de métodos, puede hacer redistribuciones de actividades para eficiencia de los procesos.

La forma del diagrama siempre se maneja a través de una línea de tiempo donde se contemplan los ciclos de operación, tal como es mostrado en la figura 7. Del lado izquierdo las operaciones y tiempos del trabajador; a la derecha los tiempos empleados por las maquinarias.

Figura 7: Diagrama Hombre-Maquina



Fuente: autor



6.1.3. Estudio de tiempos por cronometro.

La técnica de medición del trabajo según Ripoll⁷, consiste en “una medición cuidadosa del tiempo de una tarea por medio del elemento de medición (cronómetro) ajustado para cualquier variante observada del esfuerzo o ritmo normal que permite tiempos adecuados para aspectos tales como elementos extraños, retrasos inevitables o de las máquinas, el descanso para reponerse de la fatiga y de las necesidades personales. Si la tarea es lo suficientemente larga se dividirá en elementos de trabajo más cortos y relativamente más homogéneos, cada uno de los cuales trata por separado así como en combinación de los demás” (Según Norma de terminología de la Ingeniería Industrial ANSI Z94. 12).

El cronometraje utiliza la observación directa y continua del operario y/o máquina durante un corto periodo de tiempo, lo que requiere que el trabajo esté realizándose. La observación directa permite observar el ciclo completo, dándole por este medio una oportunidad de sugerir e iniciar el mejoramiento de métodos. La observación continua, facilita la determinación de la frecuencia de aparición de elementos no cíclicos, aunque la valoración de desempeño de los mismos presentará una dificultad adicional.

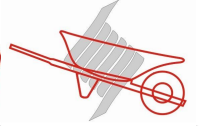
❖ **Proceso del cronometraje**

Para el uso en las industrias de este método es relevante conocer que tipos de elementos se presentan durante la toma del tiempo en el cronometro, se tiene que prestar gran atención a los siguientes aspectos:

❖ **Análisis de tarea:**

- Punto fijo en el tiempo donde termina y comienza la actividad elegida como elemento de medición.
- Elección de operario experimentado que represente el valor promedio a considerar en una curva de aprendizaje para dicha actividad.

⁷Sempere Ripoll. Francisca. Marco conceptual de clasificación de las técnicas de determinación de estándares de tiempo (WS-Framework). En: X Congreso de ingeniería de Organización. Disponible en: http://io.us.es/cio2006/docs/000017_final.pdf



- Reconocimiento del puesto de trabajo. Condiciones ambientales de seguridad y ergonómicas.
- Croquis del puesto de trabajo, maquinaria, descripción del método y composición de los elementos.

❖ **Toma de datos:**

Es imprescindible conocer cuántos datos se deben tomar por elemento estudiado y de qué forma se tomaran los tiempos, todo para controlar que se esté recopilando información dentro del promedio de operación de la tarea y no de puntos de desviación extremos. Tampoco se debe descartar las dependencia del tiempo de cada elemento con algún otro precedente o posterior.

La selección de las muestras se determina con base a pequeñas muestras (<30); por lo tanto, se utiliza una distribución *t* que sigue la siguiente expresión:

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2$$

Dónde:

s ; Desviación estándar del elemento

μ ; Tiempo promedio registrado.

n ; Numero de observaciones a realizar.

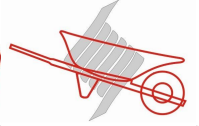
k ; Error admisible que suele ser del 5%.

El cronómetro puede ser utilizado para anotaciones del tiempo de cada elemento, se debe devolver a cero una vez medido cada elemento.

La información recogida en la “Hoja de Toma de Datos”, es indispensable para el cálculo del tiempo tipo, que no es más que el tiempo estándar de operación que se instituye en la actividad para cualquier requerimiento de producción y de análisis de costos.

A: Actividad o ritmo de trabajo.

TR: Tiempo de reloj, medido con un cronómetro.



La actividad (A), o ritmo del trabajo, lo deduce el cronometrador al observar la *marcha* que lleva el operario y compararla con la que llevaría un trabajador calificado que llevase el ritmo tipo. Cuando se divide la actividad medida, por el ritmo tipo, se determina el denominado Factor de Ritmo (FR).

$$\frac{A}{\text{ritmotipo}} = FR$$

❖ **Formulación del tiempo tipo:**

El tiempo para cualquier actividad debe estimarse independientemente del tipo de trabajador que se ponga al frente del cargo, por lo cual el factor de ritmo es el que regula los efectos causados por la acción de operarios inexpertos o excepcionales. Al tiempo regulado o tiempo normal se le conoce como TN.

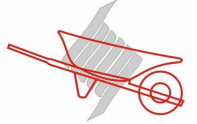
$$TN = FR * TR$$

Existen algunos otros factores que influyen en la actividad; por eso el deber del ingeniero es la elaboración de contingencias que sostengan la normalización de los tiempos.

Algunas circunstancias para tener en cuenta son:⁸

- Por circunstancias atribuidas al trabajador:
 - Según el sexo del trabajador.
 - Por monotonía o trabajos repetitivos.
 - Por mover o transportar cargas excesivas.
 - Por la postura en la que debe desarrollar el trabajo.
 - Por necesidades fisiológicas, etc.
- Por las condiciones medioambientales, como pueden ser:
 - Temperatura.
 - Humedad.
 - Ruido.
 - Iluminación insuficiente o excesiva, etc.
- Por las condiciones de la tarea que se desempeña, entre las que puede citarse:

⁸ Caso Neira. Alfredo. Técnicas de medición del trabajo. Editorial Fundación Continental, Segunda edición, España Pag 106



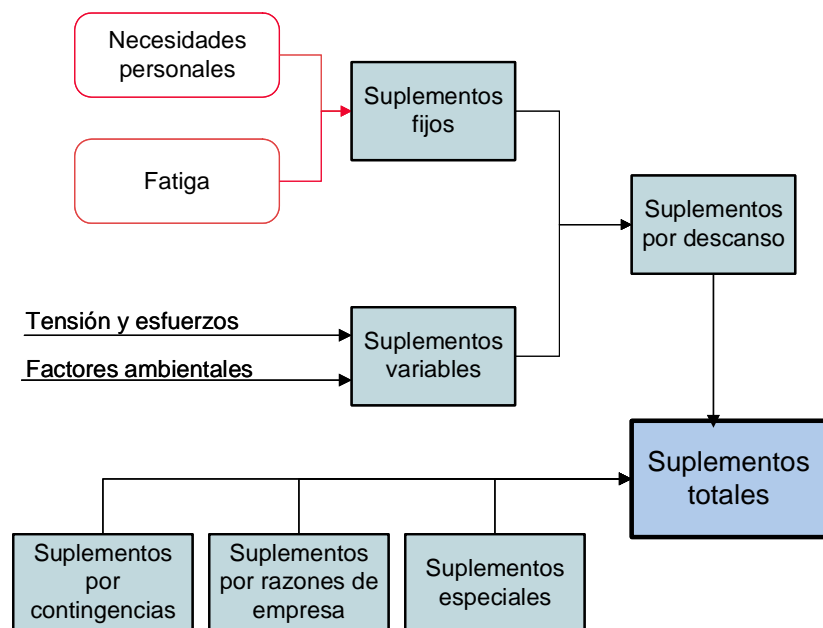
- Esperas en trabajos limitados: aquellos trabajos que por estar realizados por personas y máquinas, el operario debe esperar a que concluya la máquina para proseguir.
- Trabajos que encierren peligro o riesgo de accidentes.

La figura 8 representa un modelo básico con el cual se abordan los factores a modo de suplementos que añaden tiempo al normal esperado.

Añadiendo el cálculo de las paradas necesarias para todo trabajador (**K**), el tiempo para que el trabajador desarrolle su tarea se identifica con la expresión:

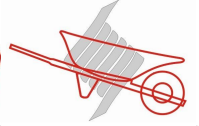
$$TP = TN \times K$$

Figura 8: Suplementos



Fuente: técnicas de medición del trabajo. Op⁹

⁹Ibid.



6.2. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Al emprender la evaluación de todos los procesos productivos en INDURRUEDAS, se utiliza la herramienta de 5MQS para el reconocimiento de las oportunidades de reducción en despilfarros, apoyados en listas de chequeos y una capacitación llamada “herramientas de participación y oportunidades de mejora” elaborada por el practicante, vistos en el Anexo No 3 y 4, se da comienzo al reconocimiento y modificación de las actividades ineficientes.

Los resultados relevantes en la evaluación de los recursos productivos fueron:

❖ Respecto al capital humano (**Man**)

Siendo consciente del descuido gerencial de la compañía para la planta de producción, el empleado suele ser muy autónomo sobre su labor, existen mejoras tanto de maquinaria como de métodos que vinieron de propuestas hechas por los mismos operarios, dando muestra de aspectos favorables en cultura organizacional y en compensaciones salariales.

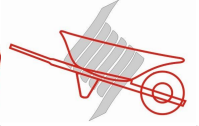
La polivalencia aunque provechosa debe ser acompañada con una correcta definición de los métodos y exigencias de las actividades, existe tal variedad de formas con que se enfrentan a las tareas, al punto que algunos empleados no lucen estar haciendo la misma tarea cuando en realidad si lo están. Por iniciativa propia, el operario concibió una secuencia en apariencia productiva, la cual ha sido subvalorada como inherente a la persona, es necesario formalizarla como un estándar para los métodos, y al haber sido concebida dentro de la empresa, es para el aprovechamiento de todos los empleados.

Respecto a la polivalencia es necesario definir cuales empleados tienen herramientas personales y cuales son de las celdas de trabajo, porque es común la pérdida de tiempo por la búsqueda de herramientas que son necesarias en una operación, cuando la persona que precedió en el puesto de trabajo, a cargado con ellas hasta otra ubicación.

Se presentan demasiadas conversaciones entre las personas tanto de la labor a realizar o no propias del trabajo, y ocasiona demoras evidentes, son atribuibles a esperas de material, tiempos de llenado de planillas o daños de equipos, en si tiempos de inactividad.

❖ Respecto a los **Materiales**:

La materia prima de caucho grasos y fibroso tienen unos inventarios excedidos, este es uno de los principales despilfarros encontrados en la planta, tal problema es debido a las constante especulación en el mercado, donde los



proveedores no son comprometidos con fechas de entrega. Para evitar dicho despilfarro lo mejor sería cambiar de material, a aquellos con un mercado de mayor solidez.

Se presenta acumulación de producto en proceso que sobrepasa los espacios delimitados para tal objetivo, tales situaciones están evitando el libre tránsito. Puede ser controlable con mejores programaciones de producción, es una oportunidad para considerar las demoras que ocasionan un tránsito complicado y los costos que implica mantener dicho inventario.

Los desperdicios generados por la empresa son mínimos, las rebabas son reutilizadas, todos los insumos son consumidos y el material defectuoso es reprocesado, no existe algún despilfarro en dicho aspecto.

❖ Respecto a la **Maquinaria**:

Los equipos han perdido valor a través del tiempo, y su mantenimiento aunque seguido, no evita fallas que se han presentado durante los últimos 8 meses, tales eventos generan despilfarros en tiempo productivo por la inactividad, y las fallas presentes son atribuibles a repuestos incorrectos o mala operación de los equipos.

No todos los equipos son usados al tiempo, nunca se trabaja a máxima capacidad, se dan los casos en que existen celdas en donde podrían trabajar 4 personas en secuencia operaciones, pero solo una manufactura el producto de forma secuencial.

❖ Relacionado con los **Métodos**:

Posturas desgastantes, altos esfuerzos físicos y demoras por la falta de tecnificación en las actividades, son preocupantes en varias operaciones indispensables. Es una intención general de los trabajadores buscar alternativas, simplificar el trabajo y partir en principio por definir el real compromiso respecto a las necesidades de producción, sin que esto perjudique su estado físico ni sea fuente de ineficiencia.

Existen muchas inspecciones, convenientes debido a la cantidad posible de desperfectos. Con frecuencia solo se determinan errores al final de los procesos, esto implica que el tiempo de operación e inspección del producto son despilfarrados, son desaprovechadas las oportunidades de identificar las fuentes generadoras de errores para la toma de correctivos; por lo tanto, es indispensable construir métodos de control en los procesos que aseguren tomar correctivos a tiempo.



❖ Relacionado a Dirección (**M**anagement):

INDURRUEDAS ha tenido un crecimiento en ventas superior a cualquier pronóstico para la comercialización de productos en ferretería, la dirección de la organización no se da abasto para sus obligaciones, están necesitando nuevos cargos para no descuidar la fabricación de ruedas, zorras y carretillas. No existe despilfarro en producción, sino una evidente carencia de gestión administrativa.

❖ Relacionado con la seguridad (**S**afety):

El incremento de accidentes en la empresa ha desencadenado la implementación de mayores mecanismos para la detección de emergencia en los equipos, supervisiones constantes y apoyo con auxiliares en las tareas inseguras. Sin embargo, es indispensable reducir las tareas inseguras por alternativas en el método.

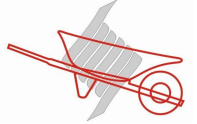
La sensibilización de los empleados por los accidentes ocurridos tiene trascendencia respecto al buen uso de los equipos de protección personal, pero falta señalización adecuada para los extintores, rutas de evacuación.

❖ Relacionado con la calidad (**Q**uality)

Existe demasiado tiempo empleado en inspección debido a que el muestreo es del 100% para asegurar que el producto no salga defectuoso, esto tiene relación directa a la maquinas que emplean ya muy antiguas y a los materiales reciclados que son fuente de variabilidad para el control de calidad. Todo producto defectuoso es reprocesado sin causar despilfarros en unidades imperfectas.

6.3. ELEMENTOS DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Para la determinación de los tiempos, las operaciones son clasificadas por ciclos, dentro de los mismos INDURRUEDAS LTDA tiene definido elementos, los cuales constan de un conjunto de movimientos fácilmente distinguibles para la labor del observador. Sin embargo, solo existe un reducido registro de tiempos en la empresa, la mayoría no tiene validez por estar desarrollados en condiciones de maquinaria distinta, tomados a empleados cualquiera sin la selección necesaria. En común acuerdo con el jefe de producción, para mejorar los registros y el análisis de operaciones, fueron construidos nuevamente todos los ciclos, igualmente el numero de 10 observaciones, es seleccionado como aquel razonablemente aplicable, para el establecimiento de los parámetros necesarios que permiten obtener la cantidad más conveniente de observaciones por



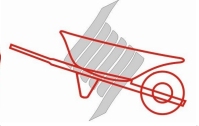
cronometro, y así dar con una estimación segura del tiempo de fabricación de la rueda maciza.

Tabla 5: Agrupación de operaciones por tipo.

TIPO DE AGRUPACIÓN	CICLO	NUMERO DE ELEMENTOS
TIPO C	Corte de lamina	3
	Cilindrado de tira metálica	2
	Corte de tiras de platina	2
	Añadir vulcanizante al aro	1
	Añadir desmoldante con agua	1
	Corte de manzanas	2
	Embuje	1
	Pintura	2
	Embalaje	3
TIPO B	Soldadura por puntos de los aros	2
	Punteado	2
	Resoldado de platinas	2
	Corte de caucho fibra	8
	Corte en tiras	4
	Remoción de rebaba	3
	Soldadura de manzana	2
	Ensamble	5
	Peluqueado	2
	Embetunado	2
	Introducir caucho y aro en molde	1
TIPO A	Moldeado molino pequeño	4
	Moldeado	7
	Vulcanizado	6

Fuente: Elaborado por el autor.

Considerando la gran cantidad de operaciones para los distintos tipos de ruedas y las actividades presentes en dichas operaciones, en común acuerdo con el jefe



de producción, se procedió a dar agrupaciones de varias operaciones según relevancias que empírica y razonablemente se le han encontrado, todo para agilizar la definición de los tiempos y prestar mayor atención a las operaciones que suelen presentar más variabilidad e inconvenientes en la línea.

El conjunto de operaciones ha sido definido del siguiente modo:

TIPO C: Existen registros validos de tiempo, su duración es inferior a los 5 minutos, reportan escasos eventos de desperfectos en sus actividades y la mano de obra es de poca especialización.

TIPO B: Los registro históricos del estudio de tiempo no tiene validez por cualquier caso, reportan escasos casos de desperfectos en sus actividades, la mano de obra requiere poca especialización, la variabilidad de los factores para la ejecución de los trabajos no afectan su aproximación a una distribución de tiempos normal.

TIPO A: Actividades que por condiciones de variabilidad en sus factores, tiempo empleado y maquinaria disponible crean alteraciones en su aproximación a un desempeño específico y de una distribución esperada.

En cada tipo de clasificación las premuestras son tomadas por cronometro con el método del tiempo continuo; facilitando de este modo la toma de tiempos cortos mediante los recursos de memoria, en donde son guardados tiempos parciales de cada elemento.

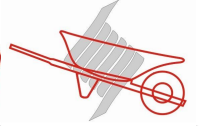
Para los tiempos continuos se utiliza el formato Estudio de Campo de tiempos premuéstrales, disponible en el Anexo No 5, para este método es necesario realizar un trabajo adicional que consiste en sustraer los tiempos de duración de cada elemento, para tal efecto la información es sistematizada y compilada en el formato de tiempos de muestra según el Anexo No 6.

Una vez recolectados los datos, el tratamiento para los datos TIPO C es:

- Para \bar{x} de la muestra, comparados con los datos históricos definidos como media de la población (μ). En caso de tener diferencias superiores al 20% del tiempo observado, toda la muestra es tomada a partir de nuevas observaciones, en otro caso las observaciones de la muestra son incluidas para los datos de la muestra.
- La confiabilidad k igual a 10%, por tratarse de tiempos cortos los errores estadísticos admisibles son considerados de poca incidencia en el proceso.

El tamaño de cada muestra (n) es determinado con la expresión:

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2$$



Considerando para las operaciones TIPO B, los cortos tiempos de los elementos y la variabilidad de factores en las operaciones, además del excedido número de observaciones en caso de que sometieran estas operaciones al anterior método; se determinó hallar las cantidades muestrales por contraste para un intervalo de confianza determinado.

El tratamiento para los datos TIPO B es:¹⁰

- Según la situación propia de los elementos a realizar, se especificaba un intervalo de confianza I , y coeficiente de confianza C
- Calcular el intervalo de confianza de la premuestra I_M con la fórmula:

$$I_M = 2t_c \left(\frac{s}{\sqrt{10}} \right)$$

- Si I_M es igual o menor que I , el intervalo de confianza especificado, el número de observaciones de la premuestra satisface los requerimientos del error de muestreo.
- Si $I_M > I$, se requieren observaciones superiores a las 10 observaciones ya tomadas.
- Las observaciones idóneas son formuladas con la expresión:

$$n = \frac{4(t_c)^2 s^2}{I^2}$$

Las operaciones contempladas en el TIPO A son las que tienen mayor incidencia en los tiempos de fabricación para cada producto, la formulación de la muestra es con la misma expresión del establecido en el TIPO C, implicando en este caso tamaños muestrales relativamente cuantiosos, debido a la naturaleza del sistema. Los tiempos de operación tomados, son sometidos a pruebas de bondad de ajuste para conjeturas relacionadas en el capítulo experimental de este documento.

Para todos los tipos de ciclo, una vez definido la cantidad de observaciones muestrales, se toma los tiempos pertinentes al formato estudio de campos de

¹⁰ EDUARD V. KRICK, Ingeniería de Métodos. Editorial Limusa, México, pág. 242-244.



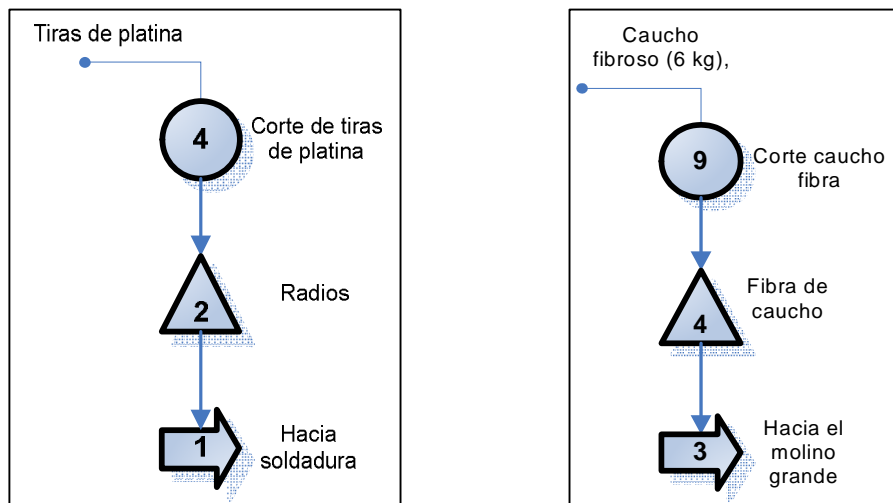
tiempos muestrales (ANEXO No 7), y son calculados los tiempos de cada ciclo con el formato de tiempos muestra del ANEXO No 8.

Sin importar la actividad estudiada, el factor de valoración de empleados respecto a un operario con rendimiento promedio, no es el único parámetro a fijar para estandarizar los tiempos a un número plural de eventos y operarios, las necesidades fisiológicas, emocionales y riesgos de eventualidades inesperadas, son contempladas en conjunto con un porcentaje de incremento K , con base en tablas proporcionadas por la OIT (ver Anexo No 11) y la imposición de un 20% de porcentaje de contingencia para INDURRUEDAS LTDA.

6.4. CÁLCULOS DEL ESTUDIO

Cada uno de los términos y elementos definidos para el estudio de tiempos, fue desarrollado como lo indican las operaciones de ejemplo.

Figura 9: Selección de actividades ilustrativas



Fuente: elaborada por autor.

Se creó registro de todos los elementos, quienes conforman el ciclo a observar en la operación. Está delimitado cada elemento con la mayor claridad posible, para validez del mismo en futuros estudios.

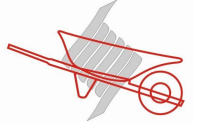




Tabla 6: Caracterización elementos de ciclo corte platina.

		Ciclos y elementos para tiempos de operación			Código: DP.11-03
					Versión: 0
		Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Página: 1 de 4
# Nombre	»	Traslado a celda de corte	Transporte platinas hacia celda		
CORTE DE PLATINA	Elementos Periódicos	1	Corte de pieza	Comienza desde que jala la platina hacia la cizalla, y termina una vez el pedazo cae a la tolva de almacenamiento	
	Elementos no periódicos	2	Cambio de platina	Comienza desde la caída del ultimo pedazo útil de platina, y termina cuando se sujeta la platina al testigo	
		»	Traslado cortes a soldadura	Transporte de la tolva hacia soldadura	

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 7: Caracterización elementos ciclo corte de caucho fibra.

		Ciclos y elementos para tiempos de operación			Código: DP.11-06
					Versión: 0
		Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Página: 1 de 4
# Nombre	»	Traslado a celda de caucho fibra	Transporte: Bloques a bodega de almacenamiento		
CORTE DE CAUCHO FIBRA	Elementos Periódicos	1	Corte del caucho a 10 cm de ancho	Comienza cuando el operario sujeta el bloque a la meza, termina al arrojar el pedazo cortado al puesto de deshilachado	
		2	Deshilachado	Da inicio al introducir el cuchillo en el extremo superior del corte de caucho, su fin es al culminar el corte, en la parte inferior del pedazo	
		3	Picado	Comienza al cargar el peso del cuchillo sobre la tira de caucho, culmina al arrojar el pedazo en el área de almacenamiento.	
		4	Pesada	Da inicio tomando los pedazos de caucho hacia la balanza de pesaje, y finaliza cuando la bolsa con el peso formula es puesta en el área de almacenaje	
	Elementos no periódicos	5	Prensada en deshilachado	Toma el material del almacenamiento y lo ajusta a la prensa	
		6	Prensada en picado	Toma el material del almacenamiento y lo ajusta a la prensa	
		»	Traslado de fibra a mezclado	Transporte: Pesada a molino grande	

Fuente: Elaborada por el autor.

Las 10 observaciones de premuestra, en este caso pertinentes al primer elemento de cada tipo de operación, representan el manejo estadístico aplicado a todos los datos obtenidos en el estudio.

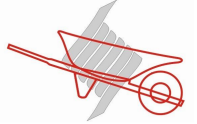


Tabla 8: tiempos observados corte de platina y corte caucho fibra

ELEMENTO 1	
# OBSERVACION	t h/m/s
1	00:00:02
2	00:00:02
3	00:00:02
4	00:00:02
5	00:00:02
6	00:00:03
7	00:00:02
8	00:00:02
9	00:00:02
10	00:00:02

ELEMENTO 1	
# OBSERVACION	t h/m/s
1	00:01:33
2	00:01:39
3	00:01:49
4	00:01:53
5	00:02:20
6	00:02:26
7	00:02:38
8	00:02:39
9	00:02:02
10	00:02:16

Fuente: cronometrados por el autor.

Media aritmética

$$\hat{x} = 000002$$

Desviación premuestra

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-\hat{x})^2}{n-1}}$$

$$s \approx 000000$$

Cantidad muestral

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2 \rightarrow n \approx 12$$

Media aritmética

$$\hat{x} = 000207$$

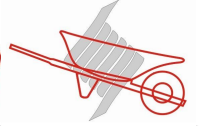
Desviación premuestra

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-\hat{x})^2}{n-1}}$$

$$s \approx 000024$$

I (seleccionado) $\approx 00:00:30$

$$C = 0.05$$



$$I_M = 2t_c \left(\frac{s}{\sqrt{10}} \right) \quad I \rightarrow \approx 00:00:34$$

$$\text{Para } I_M > I \rightarrow n = \frac{4(t_c)^2 s^2}{I^2}$$

$$n = \frac{4(t_c)^2 s^2}{I^2} = 12.8333 \rightarrow n \approx 13$$

Para la secuencia de actividades TIPOS C, los datos históricos únicamente tienen registrados el tiempo para la fabricación de cada rueda, al compararlos con los tiempos premuéstres, se encuentran diferencias superiores al 200%; en este caso particular, las observaciones de premuestras son desechadas para dar paso a 12 ciclos nuevos a observar.

Formular la cantidad muestral adecuada para las actividades TIPO B, consta de un procedimiento más extenso, pero este método deja en manos de la empresa la rigurosidad del estudio, al ser ella la encargada de la definición del intervalo de confianza (**I**).

Las operaciones realizadas escasamente un par de veces en el mes, como el *transporte del material a la planta*, que se muestra en el Anexo No 9. Registró solo 6 observaciones; se trata de los únicos tiempos posibles a conseguir dentro del estudio. Para los transportes de material a bodega, están involucrados desplazamientos de 5.6 Km, correspondientes a traslados entre la bodega principal y la planta del carrizal.

Los espacios indispensables para las necesidades físicas, personales y demás eventualidades relacionadas a las concesiones de suplementos en INDURRUEDAS LTDA, se realizan con el tiempo global encontrado para las secuencias de actividades en cada celda, que permiten producir el producto en proceso necesario para la fabricación de una rueda maciza, en los casos particulares de las tablas 9 y 10 sobresalen posturas y cargas físicas tanto fatigantes como exigentes. Asignar suplementos es el paso final, deja el tiempo tipo como factor para estandarizar procesos y componer medidas de desempeño.

Tabla 9: Suplementos contemplados en corte de platina

SUPLEMENTOS CONTEMPLADOS			Observaciones:			
CONSTANTES	Por necesidades personales	5,0%	- Unidad de transporte: platina de 6 mts - material: 88 cm platina			
	Por fatiga	5,0%				
SUPLEMENTOS VARIABLES	Por trabajar de Pie	2,0%				
	Por postura anormal: <i>inclinado</i>	2,0%				
	Uso de fuerza o energía muscular: (2Kg)	0,0%				
	Condiciones atmosféricas	0,3%	Contingencia			
	Ruido: <i>intermitente y fuerte</i>	2,0%	20%			
Fuente: autor			TN	suplementos	Ta	Tt
			00:00:39	16,3%	00:00:45	00:00:56
			Tiempo estandar (minutos)			
						0,64

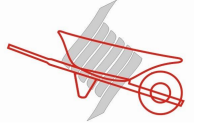


Tabla 10: Suplementos contemplados en corte de caucho fibra

SUPLEMENTOS CONTEMPLADOS			Observaciones: - Unidad de transporte: bloque 25 Kg - Material: 0.91 Kg
CONSTANTES	Por necesidades personales	5.0%	
	Por fatiga	5.0%	
SUPLEMENTOS VARIABLES	Por trabajar de Pie	2.0%	
	Por postura anormal: estirado	7.0%	
	Uso de fuerza o energia muscular: (25Kg)	13.0%	
	Condiciones atmosfericas	0.3%	
	Ruido: <i>intermitente y fuerte</i>	2.0%	
			Contingencia
			20%
			<i>suplementos</i>
			<i>Ta</i>
			<i>Tt</i>
			34.3%
			00:05:05
			00:06:21
			Tiempo estandar (minutos)
			6.35

Fuentes: autor

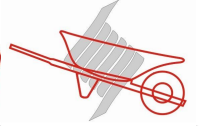
De manera similar, se realizan los estudios para las demás operaciones de las celdas, en donde para determinar el tiempo de manufactura por unidad de referencia, la duración de la operación se pondera respecto a la cantidad de tiras en la pasta de material empleado para la fabricación de una referencia, o en caso de operaciones como de moldeado y cortes de lámina o platina, se pondera en base a las unidades necesarias de producto en proceso para elaborar el artículo.

Los tiempos de manufactura por unidad vistos en la Tabla 11, son mostrados en detalle en los Anexos No 12 y No 13.

Tabla 11: Tiempos de manufactura por unidad

Estudio de Tiempos. Elaboración de Ruedas Macizas vulcanizadas									
Autor: Jorge Orlando Rodriguez									
ITEM	RMIN 1½"	RMIN 2½"	RMIN 3"	6"	8" Lamina	8" Alumini	8" especia	Rodelia	9" especial
Tt (min)	36,367	37,483	40,811	22,852	25,192	26,642	28,845	35,010	30,380

Fuente: autor



7. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1. MARCO TEORICO

El diseño experimental tiene como objetivo definir las reglas básicas a seguir para el diseño, la realización y análisis de experimentos, resaltando las situaciones en que puede o debe ser utilizado.

Es de aplicación a todos aquellos estudios y situaciones en las que se necesita ensayar hipótesis sobre una posible relación causa efecto.

El término “Experimento” se refiere a la creación y preparación de lotes de prueba que verifiquen la validez de las hipótesis establecidas sobre las causas de un determinado problema o defecto, objeto de estudio.

7.1.1. Elementos de inferencia estadística

Para elaborar modelos determinísticos que evalúe procesos productivos, se parte del establecimiento de distintos elementos utilizados en la caracterización del sistema a estudiar, Según Llorente¹¹

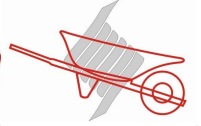
❖ **Población:**

Se denomina población a una colección finita o infinita de unidades (individuos o elementos) de las cuales se desea obtener una información. Las unidades de la población pueden ser familias, empresas, personas, amas de casa, etc. En cada unidad es posible medir distintas características, o clasificarla con arreglo a éstas.

❖ **Muestra:**

Se denomina muestra a una parte de las unidades que forman la población. A partir de la muestra se pueden inferir o estimar las características de la población, como la media de consumo por unidad, el porcentaje de unidades que poseen

¹¹ Llorente, Francisco Galera; Temario de Inferencia Estadística, Universitat de Barcelona, 2009. Disponible en: <http://ocw.ub.edu/admistracio-i-direccio-dempreses/estadistica-empresarial-ii>.



determinada característica, etc. Generalmente se trata de estimar medias, varianzas y proporciones.

❖ **Variables:**

En los elementos de una población se pueden definir distintas características o variables. Unas pueden ser métricas, como el número de unidades consumidas de un producto. Otras veces las variables son nominales, como la marca que se consume, o si es consumidor o no de un producto.

❖ **Parámetros:**

Un parámetro es un valor que describe de forma resumida la población. Para variables métricas se utiliza la media, en variables nominales se utiliza la proporción. Los parámetros son los verdaderos valores de la población.

❖ **Estadístico o estimador:**

Es una función de los valores muestrales. Una descripción resumida de la muestra. Los estadísticos se utilizan para estimar los valores de los parámetros o valores poblacionales. Los estadísticos son aleatorios – No todas las muestras proporcionan el mismo valor para un estadístico – y como tal tiene una distribución de probabilidad.

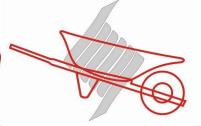
7.1.2. Etapas y actividades del análisis experimental

La realización de un experimento, es la aplicación concreta de un método científico, desarrollada por investigadores con certezas en el manejo estadístico de la información; su elaboración supone ciertos objetivos o hipótesis a contrastar. Al construir cualquier experimento, se pasan por etapas específicas que ayudan a entender sobre qué problema se están planteando los objetivos, las herramientas idóneas para su solución y los criterios indispensables para su ejecución.

Las etapas se componen de una planeación rigurosa, el análisis de datos y la interpretación final aplicable según objetivos planteados.

Para la planeación se toman los siguientes puntos¹²:

¹² Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad (www.funibeq.org), Diseño de Experimentos, Disponible en: http://www.funibeq.org/metodologias/herramientas/disenio_de_experimentos.pdf



- Definición de hipótesis.
- Variables y factores.
- Selección del diseño.
- Definición de la variable dependiente.
- Aleatorización.

❖ **Definición de hipótesis:**

Se plantea el problema de forma concreta y se definen claramente los objetivos, los alcances y las limitaciones del experimento. Se deben obtener datos que demuestren el impacto del problema, para lo cual es necesario medir y definir el punto de partida.

❖ **Variables y factores:**

En este punto se determinan los factores a estudiarse de acuerdo a la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta. También se eligen las variables de respuesta que serán medidas en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable. La elección de estas variables es el objetivo del experimento, por lo que se deben seleccionar las que mejor reflejen el problema.

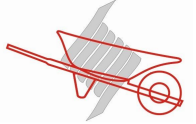
❖ **Selección del diseño:**

Seleccionar el diseño experimental adecuado que se tienen y al objetivo del experimento. Es en este momento donde conviene establecer el número de muestras que han de tomarse y la forma en como han de hacerse las corridas del experimento, se tendrán un mejor punto de comparación, para establecer la relación entre las variables.

❖ **Definición de la variable dependiente:**

La variable dependiente es el resultado del experimento, se puede afirmar que es la variable que proporciona la información que se está estudiando.

Para evitar confusión entre la variable dependiente y otras variables, se ha de definir los factores de ruido y las variables de bloqueo puesto que pueden afectar de forma indirecta a la variable dependiente, por lo que se han de tomar medidas para contra restar sus efectos.

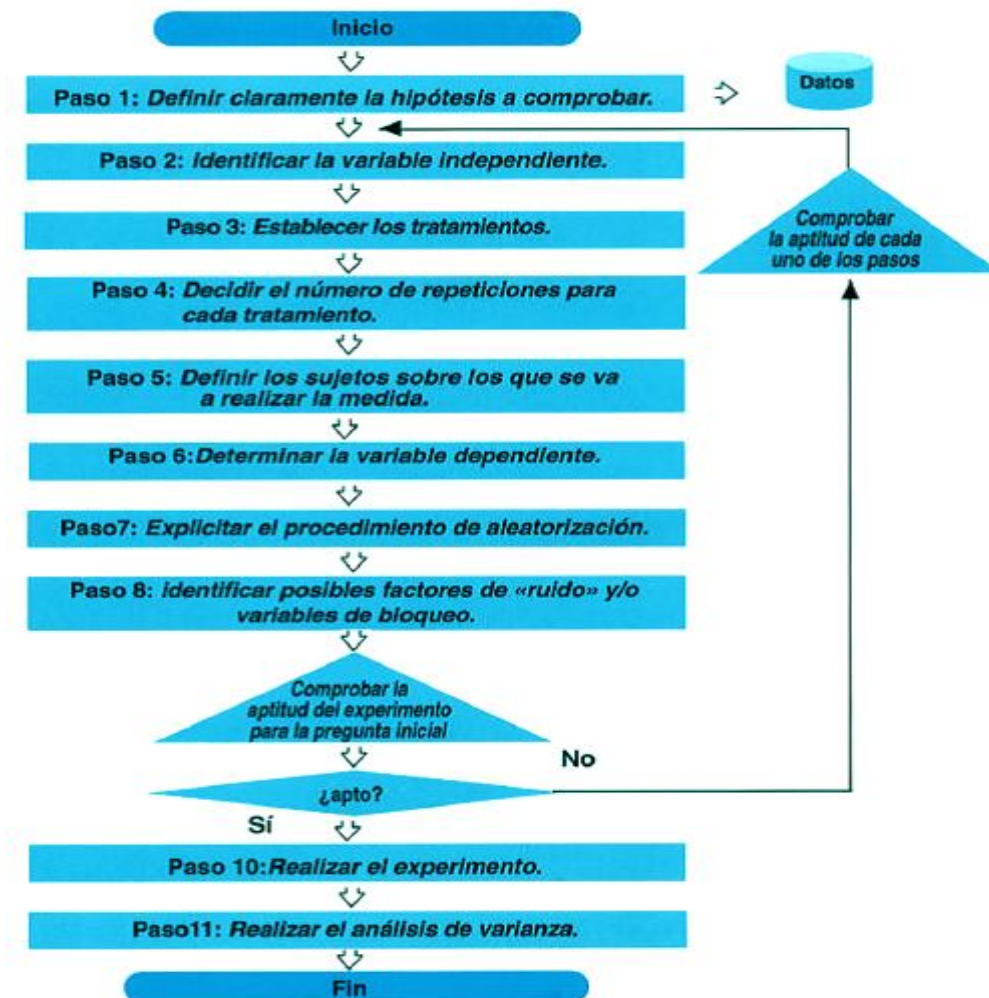


❖ **Aleatorización:**

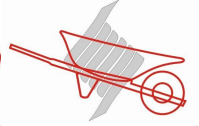
Implica contemplar un desarrollo en donde tanto el material a experimentar, como el orden de los ensayos se determinan aleatoriamente, dándole validez a la información como hallada de manera independiente y no a situaciones provocadas.

Todas las etapas pueden ser realizadas llevando a cabo los pasos relacionados en la figura 10

Figura 10: Diagrama con las etapas para el Diseño de experimentos.



Fuente: www.funibeq.org



7.1.3. Factores de control

Al experimentar, el objetivo es determinar efectos que se sobre una variable de interés, variable respuesta, tienen un conjunto de otras variables, a las cuales se les llama **Factores**.

Los diseños factoriales cruzan los factores o tratamiento en niveles específicos, creando así todas las combinaciones posibles en dichos niveles. Este modo permite detectar los efectos de la interacción entre los diferentes factores.

Cuando se fijan las variables a unos niveles específicos, se consigue la eliminación de muchos factores que distorsionan el experimento, y para asegurar el procedimiento adecuado, puede lograrse aleatorizando las observaciones para que este efecto no tenga mayor incidencia y sea contemplado dentro del habitual error experimental.

Los siguientes diseños cumplen con los anteriores requisitos¹³:

- **Diseño en bloques aleatorizados:**

En este diseño el experimentador agrupa las unidades experimentales en bloques, a continuación determina la distribución de los tratamientos y, por último, asigna al azar las unidades experimentales a los tratamientos dentro de cada bloque.

En el análisis estadístico de un diseño en bloques, estos se tratan como los niveles de un único factor de bloqueo.

El modelo matemático de este diseño es:

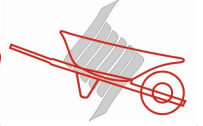
$$RESPUESTA = Constante + Efecto Bloque + Efecto Tratamiento + Error$$

- **Modelo factorial con varios factores e interacciones:**

Usado con varios tratamientos que tienen interés, por lo cual se acostumbra a diseñarlo con filas y columnas. En este modelo es importante estudiar la posible interacción entre los factores. Si en cada casilla se tiene una única observación no es posible estudiar la interacción entre los dos factores, por lo que deben replicarse.

El modelo más sencillo (en el cual no existen interacciones) viene dado por:

¹³ Marín, Juan Miguel. Introducción Diseño de Experimentos. Departamento de Estadística. Universidad Carlos III de Madrid. España. Disponible en:
<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>



$$RESPUESTA = Constante + Efecto\ fila + Efecto\ columna + Efecto\ tratamiento + Error$$

7.1.4. Diseño y optimización

Para el diseño de un experimento, se debe definir en comienzo los siguientes aspectos:

- El número de observaciones o repeticiones.
- El orden de la experimentación.
- Método de aleatorización utilizado.
- Hipótesis, restricciones.
- Modelo matemático para describir el experimento.

En un experimento para mejora de procesos, aunque debe regirse el número de observaciones por algún modelo de muestreo, depende fuertemente en las posibilidades para la realización de las observaciones según la conveniencia del proceso. En tal caso, la mejor alternativa es tomar un tamaño muestral tan grande como sea posible.

El orden de la experimentación aleatorio, es conveniente para promediar los efectos de aquellas variables incontrolables en la experimentación.

Según el objetivo de la experimentación, se planteará una hipótesis nula H_0 , la cual será validada o descartada como variable respuesta del modelo seleccionado.

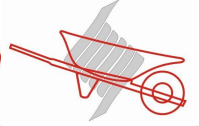
Tomando en cuenta el manejo de factores en la experimentación, se presenta un diseño general y propicio para la investigación a realizar:

- **Diseños Factoriales 2^{k14}**

Es un arreglo en donde cada factor solo tiene 2 niveles, aquellos se denominan arbitrariamente “bajo” y “alto” y suelen denotar en número como 0 y 1, respectivamente.

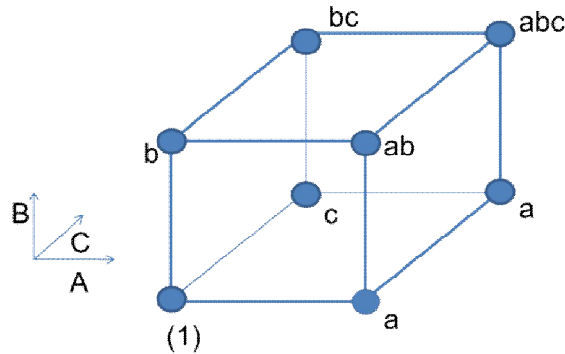
Para un arreglo factorial 2^3 se presentan 8 combinaciones de tratamiento, se pueden representar por los vértices de un cubo. El eje x corresponde al factor A, y sobre este se marcan los dos niveles 0 y 1. El eje y corresponde al factor B y

¹⁴ Wilfrido Moreno T, Aplicación al diseño de experimentos, 1993, EDICIONES UIS, pag 223-230



sobre este se marcan los niveles 0 y 1, el eje z corresponde al factor C, y también se marcan los dos niveles 0 y 1

Figura 11: Efectos en un experimento 2k



Fuente: autor.

Se define el efecto promedio de un factor como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor, promediado sobre los niveles del otro factor. También, las combinaciones (1), a, b, ab, bc, ab, c, abc, representan el total de las n repeticiones tomadas en estas combinaciones de tratamientos, como se indica en la figura 11.

Para el efecto A: El efecto A cuando B y C está en el nivel cero es $[(a-(1))/n]$. El efecto de A cuando B están en el nivel uno y C en el nivel cero es $[(ab-b)/n]$. El efecto de A cuando B está en el nivel cero y C en el nivel uno es $[(ac-c)/n]$. Finalmente, el efecto de A en el nivel uno de B y C es $[(abc-bc)/n]$. Entonces el efecto de A es el promedio de estos efectos parciales, es decir,

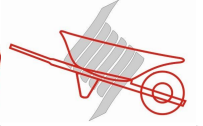
$$A = \frac{1}{4n} [- (1) + a - b + ab - c + ac - bc + abc]$$

De manera similar, el efecto de B es un contraste entre las cuatro combinaciones de la cara del fondo del cubo y las cuatro combinaciones de la cara frontal. Esto resulta en:

$$B = \frac{1}{4n} [- (1) - a + b + ab - c - ac + bc + abc]$$

Igualmente el efecto C:

$$C = \frac{1}{4n} [- (1) - a - b - ab + c + ac + bc + abc]$$



Cuando C está en el nivel bajo el efecto de la interacción AB es la diferencia media en el efecto de A en los dos niveles de B, es decir, $\frac{1}{2n} [ab - b - a - (1)]$. Cuando C está en el nivel alto, la interacción es $\frac{1}{2n} [(abc - bc) - (ac - c)]$.

AB es el promediado de estos dos:

$$AB = \frac{1}{4n} [(1) - a - b + ab + c - ac - bc + abc]$$

Similarmente, los efectos medios de AC y BC son:

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc]$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc]$$

El efecto de la interacción ABC se define como la diferencia promedio entre la interacción de AB para los dos niveles de c, es decir,

$$\begin{aligned} ABC &= \frac{1}{4n} \{ [abc - bc] - [ac - c] - [ab - b] + [a - (1)] \} \\ &= \frac{1}{4n} [-(1) + a + b - ab + c - ac - bc + abc] \end{aligned}$$

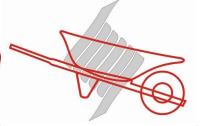
Las sumas de cuadrados para los efectos se determinan fácilmente puesto que cada efecto tiene un contraste correspondiente con un grado de libertad. En el diseño 2^3 con n replicaciones, la suma de cuadrados para cualquier efecto es:

$$S.C = \frac{(\text{contraste})^2}{8n}$$

La optimización del experimento radica en constatar la influencia de un factor sobre el otro, para lo cual se utilizan pruebas de normalidad y residuales; quienes determinan si todos los factores tienen real influencia en variable respuestas o pueden ser retirados del experimento.

El análisis de los efectos y variables respuestas dependerá del cumplimiento de condiciones estadísticas que rigen los distintos métodos. Existe el análisis de varianzas o ANOVA, aplicable bajo el cumplimiento de los siguientes requerimientos¹⁵:

¹⁵ Muñoz Carlos Alberto, Diseño de Experimentos-conceptos Básicos, Centro de Ingeniería de la calidad, disponible en www.cicalidad.com.



1. **Normalidad:** Este supuesto se puede validar a través de pruebas estadísticas tales como Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilks, Anderson-Darling.
2. **Independencia:** La prueba de Durbin-Watson es la más comúnmente utilizada para este propósito.
3. **Homoscedasticidad o varianza constante:** Se recomienda formar varios grupos de residuos consecutivos (ordenando ascendentemente las observaciones según el valor estimado de y), calcular el promedio y la varianza de cada grupo; en este momento se tienen varios promedios y varianzas; entonces se procede a efectuar una regresión lineal de promedios en función de varianzas, si no existe relación lineal significativa entre promedios y varianzas, se considera que el modelo si cumple adecuadamente con el supuesto. También se sugiere consultar la prueba de Bartlett.

El incumplimiento de algunos de los supuestos invalidará los resultados y conclusiones del experimento; dado el caso se debe intentar la solución a través de transformaciones de las variables, tales como logarítmica, de potencia o la transformación de Box-Cox.

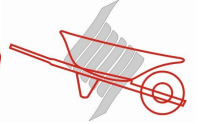
En un análisis factorial Anova existe una hipótesis nula por cada factor y por cada posible combinación de factores:

- La hipótesis nula referida a un factor afirma que las medias poblacionales definidas por los niveles del factor son iguales.
- La hipótesis referida al efecto de una interacción afirma que tal efecto es nulo.

Para contrastar estas hipótesis, el ANOVA factorial se sirve de estadísticos F. Así pues, para cada efecto existe una hipótesis y para cada hipótesis un estadístico F que permite contrastarla. El nivel crítico asociado a cada estadístico F es quien nos permite decidir si podemos mantener o debemos rechazar una hipótesis.

7.2. METODOLOGIA Y OBJETIVO EXPERIMENTAL

Por la constante pérdida de material en producto defectuoso, al igual del sinnúmero de modificaciones en las fórmulas de caucho, el departamento de producción solicitó el diseño experimental para evaluar dichas modificaciones que no han sido estudiadas en conveniencia respecto al método fabril de INDURRUEDAS, sino implementados forzosamente;



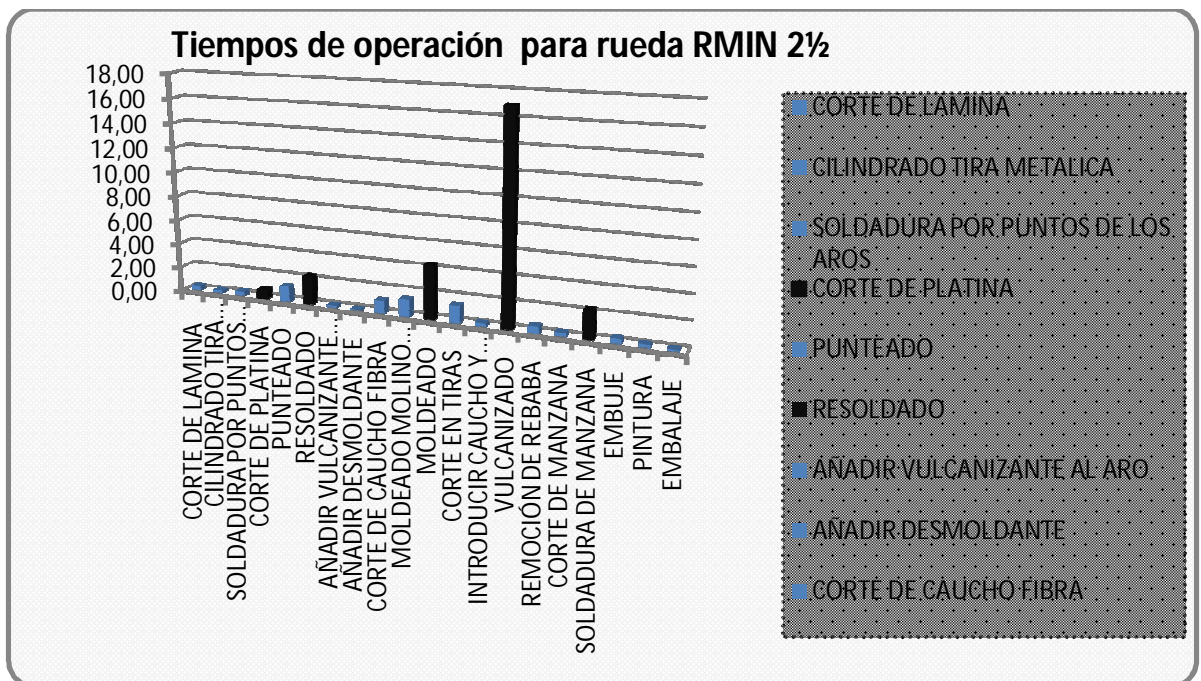
Según las dificultades expresadas para los materiales y los métodos de trabajo, mejorar en los procedimientos requiere planteamientos de nuevas opciones que controlen la calidad y la seguridad en la fabricación de las ruedas. La experimentación utiliza un propicio conocimiento estadístico para encontrar aciertos en la configuración de parámetros operativos, en pro de avances o mejoras radicales.

En reunión conjunta con el jefe de producción y la gerencia, fueron estudiados los reportes de daños en maquinaria y fueron asignados a dicho evento un posible origen, evidenciando al final como principales casos de errores la operación con materiales ajenos a los requeridos, sobrecarga de material y secuencias incorrectas de operación. A los gastos en reparación se le suman las pérdidas por productos defectuosos y la inseguridad presente en algunos procesos.

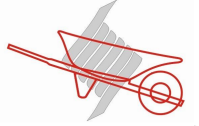
Sin una estructuración ni documentación de las actividades en todas las celdas de trabajo, es difícil tener presente todos los factores para el diseño experimental. Por tal motivo se estructuraron en este punto las operaciones con mayor incidencia en la compañía; es decir, aquellas tipos Adel estudio de tiempos.

Aquellas operaciones tipificadas con mayor importancia en el capítulo anterior, son las de mayor vínculo con los defectos presentes en la fabricación de ruedas macizas, y por la superior demanda de tiempo respecto a las demás, cualquier mejora productiva reflejaría drásticos avances en los intereses de la empresa, por lo tanto estas son las seleccionadas para el diseño experimental.

Figura 12. Gráfica duración de operaciones



Fuente: autor



Las operaciones, molido de caucho grasoso, Moldeado y Vulcanización, Son escogidas en un estudio experimental, con el fin de crear los parámetros de operación en los procesos.

Los procesos de soldado y terminado son sometidos a experimentos que permitan corroborar evidencias recolectadas de las grandes industrias, sobre nuevas características de diseño y método de producción.

7.2.1. Molido de caucho grasoso

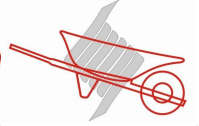
Este procedimiento utiliza mezclas de caucho líquido e hidrocarburos, que en procesos con materiales vírgenes, el equivalente que para una rueda de alta calidad, vendría siendo el caucho puro de clasificación mundial SBR. En este caso se trata de materiales reciclados, cuyos proveedores son de escasa confiabilidad, y en la adquisición no se prestan especificaciones rigurosas.

La operación requiere mezclar los ingredientes por la acción de dos cilindros en movimiento. Dadas las cargas de estos rodillos y la acción del azufre junto al thiuram, se logran romper los enlaces del caucho y crear nuevos que asemejan las propiedades necesarias del caucho original para la vulcanización; Estos cambios son percibidos por el operario cuando el caucho toma aspecto de masa maleable y fácilmente desprendible de los rodillos.

Figura 13. Fabricación caucho grasoso



Fuente: autor



Producto de la observación y seguimiento de los operarios, existen varios factores que afectan la operación, tales como el clima, la motricidad del operario y el calentamiento de los cilindros por la fricción con el material.

Las muestras aleatorias a diferentes horas del día reducen las posibles implicaciones de los factores no controlables ya mencionados. Según los inconvenientes presentes en operaciones posteriores a esta celda, se establece el factor mezcla para caucho grasoso, como el seleccionado para el diseño experimental.

Teniendo materia prima para producción trimestral, y solamente 2 operarios involucrados en este proceso, se quiere diseñar un experimento en el que se determine si el tiempo para la extracción del material varía considerablemente según la mezcla de caucho líquido tomada por cada operario.

La variable respuesta que se mide en las unidades experimentales es el *Tiempo de extracción de la masa para el molino pequeño*. Las unidades experimentales serían las *masas de caucho*, a las que se les tiene un peso fijo para la operación. Así el modelo matemático propuesto sería:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, 13 \quad \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 0$$

y_{ij} : Tiempo de extracción del caucho del intento j , sometido al tratamiento i , en el molino pequeño.

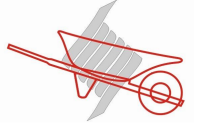
μ : Tiempo medio de la extracción del caucho grasoso.

α_i : Efecto medio adicional sobre el tiempo medio, debido al tratamiento i .

La hipótesis a comprobar parte del contraste entre igualdad de medias, comprobando si los tiempos medios para realizar la extracción varían o no con el tratamiento recibido. Es decir, se resuelve el contraste:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

Comprobar cambios significativos de tiempo de extracción según la mezcla del operario, corroboraría la inconveniencia del instintivo proceder de cada empleado, quienes no cuentan con una formación adecuada para inspeccionar el caucho líquido que consumen, ocasionando el ingreso de excesos de hidrocarburos en todos los procesos siguientes. También se evalúa la introducción de una mezcla disponible en el mercado, de mejores especificaciones pero a costos mayores.



Los cauchos grasosos obtenidos en este experimento serán utilizados para las pruebas experimentales de los siguientes procesos, un número excesivo de muestras no es posible, debido al cambio de temperatura incontrolable entre la primera y última masa de caucho grasoso, lo cual podría modificar los análisis de los siguientes experimentos en la línea. Se fijó 13 repeticiones de cada tratamiento.

El modelo de aleatorización empleado, consistió en sortear el orden del tratamiento con la selección de balotas dentro de una bolsa, para tres observaciones consecutivas del tratamiento y posteriormente repetir el sorteo hasta completar las 13 repeticiones, el conjunto de datos se muestra en el Anexo No 14.

Para realizar el experimento y su análisis, se utilizó el software IBM SPSS-19, con la siguiente nomenclatura:

Trad: tratamiento mezcla del operario 1.

OP2: Tratamiento mezcla operario 2.

Opt: Tratamiento mezcla óptima

Tabla 12: Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Tiempo

Factor	Media	Desviación típica	N
OP2	00:11:05	00:00:47,861	13
Opt	00:10:32	00:00:46,097	13
Trad	00:13:55	00:01:24,997	13
Total	00:11:51	00:01:48,557	39

Fuente: Datos procesados en SPSS

Para el análisis de los resultados, es altamente utilizada la ANOVA, en este caso trata de hipótesis sobre el comportamiento de las medias. Es indispensable en el desarrollo a esta herramienta, constatar la normalidad en la distribución de las muestras, puede ser vista dicha verificación en el Anexo No 15

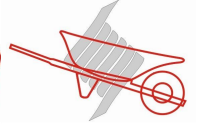


Tabla 13: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Tiempo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro de no centralidad	Potencia
Modelo corregido	308136,205 ^a	2	154068,103	39,708	,000	79,417	1,000
Intersección	19725274,256	1	19725274,256	5083,850	,000	5083,850	1,000
Factor	308136,205	2	154068,103	39,708	,000	79,417	1,000
Error	139679,538	36	3879,987				
Total	20173090,000	39					
Total corregida	447815,744	38					

17. R cuadrado = ,688 (R cuadrado corregida = ,671)

Fuente: Datos procesados en SPSS

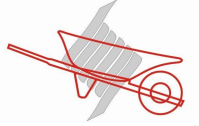
La tabla ANOVA, muestra el valor error de 79.417 como significativo para el contraste de medias, lo que niega la hipótesis nula. Es decir, modificar las condiciones en la mezcla de caucho, afecta el rendimiento en el tiempo empleado para la extracción de la masa.

A través de la prueba de comparaciones múltiples turkey, se observan distinciones entre el tratamiento tradicional y los demás. Significando para la compañía el método del operario 2, como el ideal para la productividad de la celda.

Tabla 14: Prueba Turkey

(I)Factor	(J)Factor	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
DHS de Tukey	OP2	Opt	00:00:33	00:00:24,432	,366	-00:00:26	00:01:33
		Trad	-00:02:49 [*]	00:00:24,432	,000	-00:03:49	-00:01:49
	Opt	OP2	-00:00:33	00:00:24,432	,366	-00:01:33	00:00:26
		Trad	-00:03:23 [*]	00:00:24,432	,000	-00:04:22	-00:02:23
	Trad	OP2	00:02:49 [*]	00:00:24,432	,000	00:01:49	00:03:49
		Opt	00:03:23 [*]	00:00:24,432	,000	00:02:23	00:04:22

Fuente: Datos procesados en SPSS



Trabajar con materiales de mejor calidad, plantea la incertidumbre de si la inversión en materia prima beneficia los indicadores de productividad, como en este caso lo hizo con el tiempo.

Las conclusiones de este experimento, son condicionadas a los experimentos siguientes. Parcialmente, es improcedente incluir materiales de óptima calidad, que doblan el precio a los utilizados y solo pueden reducir 30 segundos el tiempo de reacción en la máquina, es una elección no considerable de costos finales en aumento del 25%, con reducción en tiempo de otros recursos, en menos de una cifra porcentual.

7.2.2. Moldeado

Esta operación trata del procesamiento final, del grupo de cauchos con el cual son fabricadas las ruedas macizas en la empresa; la fibra de caucho se enriquece con el caucho grasoso, rellenos, aceleradores y donadores de azufre para un grado visible idóneo de la vulcanización. El producto final es una pasta pre vulcanizada, ver figura 14.

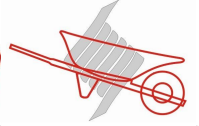
Figura 14: Pasta en molino grande



Fuente: autor

Las observaciones sobre la evidente pérdida y reprocesamiento de material fueron contempladas en un análisis grupal por parte de todos los responsables del departamento productivo, y fueron relacionadas las siguientes causas:

- La ausencia de cohesión entre las partículas del producto en proceso, es un claro indicador de la falta de caucho con enlaces libres, para reaccionar a la vulcanización.



- Los rellenos con tamaños fuera de los convencionales, dificultan realizar mezclas homogéneas dentro del molino.
- Existen periodos dentro del horario del trabajo donde se presentan menos eventos de material defectuoso.
- Los daños en el equipo de moldeado, no son asignables a la vejez de la máquina, sino a cargas y esfuerzos superiores a los contemplados en su diseño.

El diseño experimental consiste en constatar si implementar materiales de mejor calidad, o modificar la composición de los cauchos según una nueva fórmula, obtenida por el autor del proyecto en entrevistas a ex empleados y competidores del gremio, dan una nueva alternativa de operación que reduzca los defectos y mejore la calidad del producto.

Las tres alternativas son considerables como Factor tratamiento; también fueron tomados otros tres factores relevantes:

Factor Ancho: La distancia entre cilindros permite acentuar la mezcla, se verificará si modificar la operación del último elemento al antepenúltimo tiene aspectos benéficos en la operación. Es decir, tiene dos niveles.

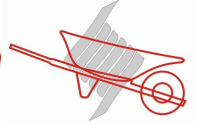
Factor Tiempo: Rangos de tiempo operativos distintos, para evaluar la posibilidad de incrementar la composición de nuevos enlaces entre los cauchos, Serán manejados 2 niveles.

Factor Temperatura: Rangos de temperatura en los cilindros, 2 niveles a manejar.

Según los análisis, la poca maleabilidad en la pasta y resistencia a esfuerzo, son los mejores indicativos de un material sin capacidad de vulcanizar, esta condición es designada como un defecto de operación.

Para definir la variable dependiente, fueron consultadas alternativas resultantes de pruebas técnicas de laboratorios, cuyos equipos requerían trabajar caucho en solo un tipo de presentación y grados de pureza conocida. INDURREUDAS compone su caucho de hidrocarburos líquidos y fibras recicladas, para efectos de la reactivación de enlaces, lo que impide la aplicación de estas pruebas económicamente disponibles.

La alternativa propuesta para el grado de producción sostenida en la compañía, parte de la experiencia y descubrimientos casuales que en 30 años han permanecido en la empresa. Consiste en tomar como variable respuesta la proporción de tiras por pasta, incapaces de ser enrolladas en segmentos, sin que sufran agrietamiento y desprendimiento en pedazos.



La prueba seleccionada se instaura como inspección del material moldeado, fue descubierta y validada de forma casual por los operarios de la empresa, cuando en épocas donde se presentaba ausencia de la vulcanizadora, la materia prima se enrollaba para almacenar por días y hasta semanas, una vez disponible la vulcanizadora, algunos rollos perdían la forma y se agrietaban. Al momento de vulcanizar, recordaban que sin excepción; toda tira que no se desenrollaba sin desintegrarse o perdiendo forma original, no generaba inconvenientes en la vulcanizadora.

Se cuantifican como defecto aquella tira que tiene al menos 1 desprendimiento y/o producto del agrietamiento no pueda regresar a la forma original, la unidad manejada es porcentaje de tiras defectuosas en la pasta.

El modelo matemático propuesto es:

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \zeta_k + \alpha\zeta_{ik} + \beta\zeta_{jk} + \alpha\beta\zeta_{ijk} + v_m + \alpha v_{im} + \beta v_{jm} \\ + \alpha\beta v_{ijm} + \alpha\zeta v_{ikm} + \beta\zeta v_{jkm} + \alpha\beta\zeta v_{ijkm} + \epsilon_{ijklm}$$

$y_{ij..}$: Defecto porcentual observado del intento l , sometido al tratamiento i , y demás factores.

μ : Defecto porcentual promedio.

α_i : Efecto medio adicional al promedio, debido al tratamiento i .

β_j : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor j .

ζ_k : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor k .

v_m : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor m .

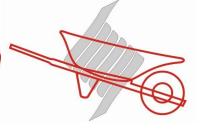
La hipótesis a comprobar parte del contraste entre igualdad de medias, comprobando si defectos presentes en las tiras de pasta varían o no con los tratamientos recibidos. Es decir e resuelve los contrastes:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 ; H_0: \beta_1 = \beta_2 \quad H_0: \zeta_1 = \zeta_2 \quad H_0: v_1 = v_2$$

También se formulan las hipótesis de la ausencia de efectos en las interacciones entre factores.

El experimento fue planteado para un mes de operación, poniendo como meta la realización de 13 pastas diarias, la resolución del experimento es $3 \times 2 \times 2 \times 2$, cumpliendo así con los 24 días en que la empresa es operativa. Los datos se muestran en el Anexo No 16.

En el mismo Anexo, puede ser observada la gráfica de distribución normal acumulada comparada a los datos recolectados. El análisis exploratorio de los datos, fue encontrado falta de ajuste a las pruebas de bondad para las



condiciones iniciales, por tal motivo fueron evaluados los datos en distintos modelos lineales (log, binomial).

El modelo matemático no fue modificado, fundamentándose en la distribución observada, la escasa modificación de los efectos por factores, dados los modelos corridos en SPSS y la corroboración de supuestos que el experimentador sensibilizo en el desarrollo de la práctica.

Cada día se desarrolló una configuración distinta de las 24 posibles, con la misma vigilancia de refrigeración de la maquinaria, idénticos operarios durante toda la experimentación, lo que supone un relativo control de las demás variables que afectarían la aleatoriedad del experimento

Para realizar el experimento y su análisis, se utilizó el software IBM SPSS-19, con la siguiente nomenclatura:

FACTOR_A:Trad: tratamiento mezcla tradicional.

Opt: Tratamiento mezcla óptima.

Nueva: Tratamiento formula nueva.

Ancho: Factor distancia entre cilindros. Baja 1, Alta 2.

Tiempo: Factor duración del proceso. Corto 1, Excedido 2.

Temperatura: Factor temperatura en los cilindros. Baja 1, Alta 2.

Tabla 15: DescriptiveStatistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Temperatura	312	1,00	2,00	1,5000	,50080
Ancho	312	1,00	2,00	1,5000	,50080
Tiempo	312	1,00	2,00	1,5000	,50080
Y	312	,00	100,00	39,6250	27,80069
Valid N (listwise)	312				

Fuente: Datos procesados en SPSS.

Para el análisis de la inferencia de los factores con la variable respuesta, se aplica el análisis lineal. Los resultados vistos en la Tabla 17, de efectos del modelo, indican el rechazo de la hipótesis para la igualdad de los comportamientos en la medida de respuesta según el factor. Todas las iteraciones del factor Ancho muestran poca dependencia de la respuesta respecto a modificaciones en sus niveles, por lo tanto es excluido.

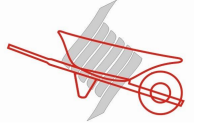


Tabla 16: Tests of ModelEfec

Source	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1195,723	1	,000
Temperatura	75,132	1	,000
Ancho	4,821	1	,028
Tiempo	52,681	1	,000
FACTOR_A	25,592	2	,000
Temperatura * Ancho	2,189	1	,139
Temperatura * Tiempo	24,261	1	,000
Temperatura * FACTOR_A	3,824	2	,148
Ancho * Tiempo	,223	1	,636
Ancho * FACTOR_A	1,478	2	,477
Tiempo * FACTOR_A	41,274	2	,000
Temperatura * Ancho * Tiempo	7,046	1	,008
Temperatura * Ancho * FACTOR_A	9,982	2	,007
Temperatura * Tiempo * FACTOR_A	4,812	2	,090
Ancho * Tiempo * FACTOR_A	20,043	2	,000
Temperatura * Ancho * Tiempo * FACTOR_A	1,331	2	,514

Fuente: Datos procesados en SPSS.

Tabla 17: Tests of ModelEffects

Source	Type III		
	Wald Chi-Square	Df	Sig.
(Intercept)	1038,850	1	,000
Temperatura	65,275	1	,000
Tiempo	45,770	1	,000
FACTOR_A	22,235	2	,000
Temperatura * Tiempo	21,078	1	,000
Temperatura * FACTOR_A	3,322	2	,190
Tiempo * FACTOR_A	35,859	2	,000
Temperatura * Tiempo * FACTOR_A	4,181	2	,124

Fuente: Datos procesados en SPSS

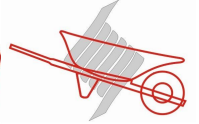


Tabla 18: Pruebas no paramétricas, moldeado

FACTOR_A	N	Subset	
		1	2
TukeyHSD ^{ab}	Opt	35,0962	
	Nueva	35,9712	
	Trad		47,8077
	Sig.	,963	1,000
Duncan ^{ab}	Opt	35,0962	
	Nueva	35,9712	
	Trad		47,8077
	Sig.	,793	1,000

Fuente: Datos procesados en SPSS

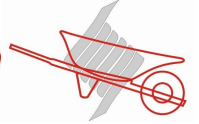
En definitiva, rechazada la hipótesis, la configuración adecuada entre el tiempo, la temperatura y los compuestos, permiten obtener mejores desempeños operativos de moldeo.

De las pruebas Turkey, tabla 18, La estimación estadística permite agrupar en un solo rango de respuesta esperada a los materiales óptimos y la nueva fórmula, con un valor de 35,09 y 35,97, Se estima una fuerte relación el trabajar con estos dos tipos de materiales, no así mismo con el material actual, cuya esperanza es de 47,80, motivo por el cual la hipótesis es rechazada. Como habría de esperarse; se obtienen la menor cantidad de defectos con la materia prima virgen. Sin embargo, este pequeño margen estadístico de ventaja sobre la nueva fórmula, no es una mejora de calidad tentativa tomando en cuenta que si existe una gran diferencia de costos entre los materiales, en donde dependiendo del proveedor, alcanzan los \$700 por Kilo.

Existen diferencias significativas de resultados en el tiempo de procesado y la temperatura alcanzada de operación, motivos para rechazar la hipótesis. Se obtienen mejores resultado en controles de temperaturas para el nivel alto, igualmente para tiempos operativos superiores, al rango de 12 minutos.

7.2.3. Procesos de soldado

Las ruedas macizas de radios metálicos, soportan el peso del caucho hacia el eje con 8 piezas de platina. Luego de capacitaciones e interacción comercial



con grandes fabricantes mundiales, se estableció que las ruedas con las especificaciones similares, son elaboradas con piezas metálicas, radicalmente inferiores en calidad a las dispuestas en el diseño de INDURRUEDAS Ltda.

Tabla 19: Componentes de platina por referencia

Codigo	Producto	Platina referencia	Longitud (cm)	# piezas
RMIN-001	Rueda maciza indurruedas 1-1/2"	1x1/8"	13,5	8
RMIN-002	Rueda maciza indurruedas 2-1/2"	1x1/8"	11	8
RMIN-003	Rueda maciza indurruedas 3"	1 1/2x1/8"	12	8

Fuente: autor

Mediante pruebas experimentales, e inspirado en el ahorro de costos de la industria china, se proyecta evaluar la conveniencia de aplicar modificaciones en las especificaciones del producto, para usos y aplicaciones de las ruedas macizas.

Para corroborar la necesidad del estudio, fue realizada una investigación con tres fuentes de información disponible en la empresa. Los resultados de dicho estudio están referidos en el Anexo No 17, el cual aprueba el siguiente experimento.

Con la alternativa presente, de reducir cada ancho de platina a una especificación técnica inferior. La mejor respuesta de evaluación, es el peso máximo que resiste la rueda, durante el uso principal en que fue concebida. Es decir, en una carretilla.

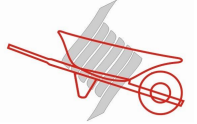
Se realizó una sesión de lluvia de ideas para identificar los medios experimentales que consientan las posibilidades operativas de la compañía, y definir los factores experimentales. Concluyendo utilizar el tratamiento *platina_tipo* y la variable *respuesta ya definida, peso*.

Por las aplicaciones sensiblemente distintas de las referencias de ruedas macizas, esta asignación no es considerada factor, por lo tanto, el experimento estará replicado para cada tipo de rueda.

El método experimental es:

Simulando el trato de la rueda en el sistema de carretilla, se recorre una distancia fija, incrementando gradualmente el peso hasta inducir el punto de fluencia, en donde la rueda pierde circunferencia y las platinas se pandean.

Las condiciones de experimentación como temperatura ambiente, fuerza de impacto al momento de incrementar la carga, e inclinación de la carretilla, son considerados factores molestos, a quienes se les reduce su posible implicación en el proceso con aleatorización de horarios y operarios para desarrollar las muestras.



Existe dos referencias del acero estructural, regidas por la norma internacional ASTM A36 y 96, en el experimento es empleado el de mayor consumo, cuyas características pueden ser consultadas en el Anexo No 18.

La unidad experimental empleada es una carretilla corriente INDURRUEDAS, donde se espera experimentar destructivamente la rueda, se utilizaran 4 unidades de cada tipo, para un total de 24 observaciones(ver Tabla 20), con un costo del experimento de aproximadamente de \$ 150.000. El modelo matemático que rige el experimento es:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \quad i = 1,2,3,4 \quad \sum_{i=1}^2 \alpha_i = 0$$

y_{ij} : Capacidad máxima de carga en el intento j , sometido al tratamiento i .

μ : Carga media soportable.

α_i : Efecto medio adicional sobre la capacidad de carga media, debido al tratamiento i .

La hipótesis a comprobar parte del contraste entre igualdad de medias, comprobando si la capacidad de carga en las ruedas varía o no con el tratamiento recibido. Es decir, se resuelve el contraste:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2$$

Para realizar el experimento y su análisis, se utilizó el software IBM SPSS-19, con la siguiente nomenclatura:

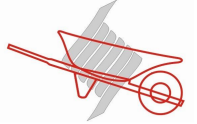
Factor Tratamiento:

Platina_a: Tratamiento platina tradicional.

Platina_b: Tratamiento nueva platina opcional.

Tabla 20: Datos experimentales del proceso de soldado

Rueda 1.5"		Kg	Rueda 2.5"		Kg
Platina origen (1x1/8)	1	89,00	Lamina origen (1x1/8)	1	152,00
		105,00			163,00
		102,00			144,00
		108,00			153,00
Nueva Platina (3/4x1/8)	2	101,00	Nueva lamina (3/4x1/8)	2	138,00
		99,00			122,00
		76,00			154,00
		85,00			112,00



Rueda 3"		Kg
Lamina origen (1½x½)	1	190,00
		195,00
		202,00
		237,00
Nueva lamina (1x¼)	2	200,00
		205,00
		204,00
		188,00

Fuente: Datos registrados por el autor

Los estadísticos descriptivos, pruebas de homocedasticidad y normalidad necesarias para un análisis ANOVA se presentan a continuación:

❖ **Rueda 1.5"**:

Tabla 21: Estadísticos descriptivos, Rueda 1.5"

Variable dependiente:PESO

Tratamiento	Media	Desviación típica	N
Platina_a	153,000	7,7889	4
Platina_b	131,500	18,4300	4
Total	142,250	17,4254	8

Fuente: Datos generados en SPSS

**Tabla 22: Contraste de Levene
sobre la igualdad de las varianzas
error^a**

Variable dependiente:PESO

F	gl1	gl2	Sig.
4,165	1	6	,087

Fuente: Datos generados en SPSS

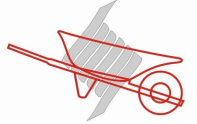


Tabla 23: Pruebas de normalidad, Rueda 1.5", Proceso de soldado

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
PESO Platina_a	,250	4	.	,961	4	,785
Platina_b	,197	4	.	,975	4	,874

Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Datos generados en SPSS

❖ **Rueda 2.5":**

Tabla 24: Pruebas de normalidad

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
PESO Platina_a	,250	4	.	,961	4	,785
Platina_b	,197	4	.	,975	4	,874

Fuente; Datos generados en SPSS

Tabla 25: Estadísticos descriptivos

Variable dependiente:PESO

Tratamiento	Media	Desviación típica	N
Platina_a	153,000	7,7889	4
Platina_b	131,500	18,4300	4
Total	142,250	17,4254	8

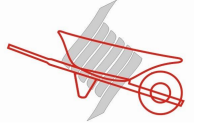
Fuente: Datos generados en SPSS

Tabla 26: Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente:PESO

F	gl1	gl2	Sig.
4,165	1	6	,087

Fuente: Datos generados en SPSS



❖ Rueda 3”:

Tabla 27: Estadísticos descriptivos

Variable dependiente:PESO

Tratamiento	Media	Desviación típica	N
Platina_a	206,000	21,2446	4
Platina_b	199,250	7,8049	4
Total	202,625	15,2497	8

Fuente: Datos generados en SPSS

Tabla: 28: Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente:PESO

F	gl1	gl2	Sig.
2,605	1	6	,158

Fuente; Datos generados en SPSS

Tabla 29: Prueba de normalidad

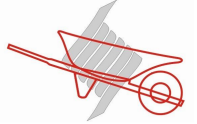
Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
PESO Platina_a	,325	4	.	,827	4	,160
Platina_b	,288	4	.	,834	4	,180

Fuente: Datos generados en SPSS

En todas las referencias estudiadas, la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, que aplica para muestras de escasas repeticiones, Sig0.05, donde 0.05 es porcentaje de incertidumbre de la experimentación, no muestra conjeturas indispensables para rechazar la hipótesis: las muestras son tomadas de una distribución cuyo comportamiento es normal.

Los resultados aplicados en contrastes de Levene, también son superiores a 0.05, implica la falta de pruebas para negar la hipótesis nula: la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Cumplidos los supuestos de homocedasticidad y normalidad, el contraste principal del experimento es puesto a prueba con el arreglo ANOVA.



❖ Rueda 1.5”:

Tabla 30: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	SMC tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	924,500 ^a	1	924,500	4,619	,075
Intersección	161880,500	1	161880,500	808,729	,000
Tratamiento	924,500	1	924,500	4,619	,075
Error	1201,000	6	200,167		
Total	164006,000	8			
Total corregida	2125,500	7			

Fuente: Datos generados en SPSS

❖ Rueda 2.5”:

Tabla 31: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:PESO

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	924,500 ^a	1	924,500	4,619	,075	,435
Intersección	161880,500	1	161880,500	808,729	,000	,993
Tratamiento	924,500	1	924,500	4,619	,075	,435
Error	1201,000	6	200,167			
Total	164006,000	8				
Total corregida	2125,500	7				

Fuente: Datos generados en SPSS

❖ RUEDA 3”:

Tabla 32: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	91,125 ^a	1	91,125	,356	,573	,056
Intersección	328455,125	1	328455,125	1282,402	,000	,995
Tratamiento	91,125	1	91,125	,356	,573	,056
Error	1536,750	6	256,125			
Total	330083,000	8				
Total corregida	1627,875	7				

Fuente: Datos generados por SPSS

Estadísticamente no es posible rechazar la hipótesis, aunque existen evidentes distinciones entre la capacidad media de carga para cada producto. Sin importar el



tipo de platina utilizada, se cumplen las expectativas respecto al uso habitual al que son sometidas las ruedas. Es decir, los diseños de la industria asiática pueden ser implementados en el mercado local.

7.2.4. Vulcanización.

Todas las selecciones benéficas, tomadas en las anteriores experimentaciones, se prestan a corroborarse en esta operación, en donde finalmente ocurren los cambios de propiedades del caucho necesarios para el trabajo habitual de las ruedas.

Figura 15. Proceso de vulcanizado

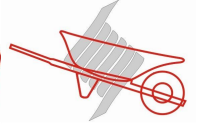


Fuente: Archivo INDURRUEDAS Ltda

En esta celda son tomados los materiales en proceso perteneciente a los principales factores estudiados, se establecen rangos posibles a implementar; según permitan los controles del mecanismo para vulcanizar. Formulando entonces, un experimento que reconozca la combinación de factores claves de la producción para elaborar ruedas de mejor aspecto, resistencia y durabilidad.

De los análisis previos, resaltaron las mejoras de prestaciones operativas y activación de enlaces, dadas por formulaciones de materias óptimas y el compuesto nuevo. En el experimento realizado a la celda de manufactura, se pretende confirmar tales resultados en el caucho ya vulcanizado, y evaluar las prestaciones de la maquinaria disponible para aumentar la óptima vulcanización.

Las condiciones físicas que permiten la vulcanización del caucho están dadas por la temperatura y la presión suministrada a los moldes, el operario alimenta la máquina, cuyas configuraciones técnicas sobrepasan cualquier incidencia



ambiental o externa. Es decir, los únicos factores a considerar son temperatura y presión, junto a las dos combinaciones de caucho a corroborar.

Factor Temperatura: Dispone de dos Rangos de evaluación:

- 1- Temp: 148°C - 158°C
- 2- Temp: 159°C - 172°C

Factor Presión: Dispone de dos Rangos de evaluación:

- 1- P: 90 PSI- 110 PSI
- 2- P: 110 PSI- 140PSI

Factor Compuesto de Caucho:

- 1- Mezcla Optima
- 2- Mezcla Nueva

La variable dependiente, es planteada según una mejora implementada del manejo tradicional establecido del punzón para corroborar el cocimiento del caucho. El indicativo de vulcanización al cortar el caucho y medir la Longitud total del cambio de coloración a caucho vulcanizado.

Se toma la Rueda Rodelia como elemento muestral, por ser la de mayor envergadura en su corte transversal (10 cm), y por reconocimiento de los empleados al ser la de mayor defectos en operación.

El modelo matemático propuesto es:

$$y_{ijkm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \zeta_k + \alpha\zeta_{ik} + \beta\zeta_{jk} + \alpha\beta\zeta_{ijk} + \epsilon_{ijkm}$$

y_{ijkm} : Longitud transversal observada del intento m , sometido al tratamiento i , y demás factores.

μ : Longitud promedio.

α_i : Efecto medio adicional al promedio, debido al tratamiento i .

β_j : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor j .

ζ_k : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor k .

v_m : Efecto medio adicional al promedio, debido al Factor m .

La hipótesis a comprobar parte del contraste entre igualdad de medias, comprobando si el grado de vulcanización establecido en la empresa varía o no con el tratamiento recibido. Es decir, se resuelve el contraste:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 ; \zeta_1 = \zeta_2 ; \beta_1 = \beta_2$$

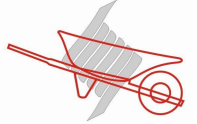


Tabla 33: Descriptive Statistics

TEMP	P	FACTOR_A	Mean	Std. Deviation	N
1,00	1,00	Nueva	4,75	1,753	8
		Opt	4,13	2,100	8
		Total	4,44	1,896	16
	2,00	Nueva	6,88	2,900	8
		Opt	5,50	2,330	8
		Total	6,19	2,639	16
	Total	Nueva	5,81	2,562	16
		Opt	4,81	2,257	16
		Total	5,31	2,429	32
2,00	1,00	Nueva	7,88	1,458	8
		Opt	6,38	2,387	8
		Total	7,13	2,062	16
	2,00	Nueva	8,75	1,832	8
		Opt	9,25	1,165	8
		Total	9,00	1,506	16
	Total	Nueva	8,31	1,662	16
		Opt	7,81	2,344	16
		Total	8,06	2,015	32
Total	1,00	Nueva	6,31	2,243	16
		Opt	5,25	2,463	16
		Total	5,78	2,379	32
	2,00	Nueva	7,81	2,536	16
		Opt	7,37	2,630	16
		Total	7,59	2,551	32
	Total	Nueva	7,06	2,475	32
		Opt	6,31	2,729	32
		Total	6,69	2,612	64

Fuente: Datos generados por SPSS

El modelo matemático exige el cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad y normalidad, tal como muestran las tablas 34 y 35.

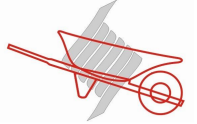


Tabla 34: Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: Y

F	df1	df2	Sig.
1,580	7	56	,160

Fuente: Datos generados por SPSS

Tabla 35: Tests of Normality

FACTOR_A	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y Nueva	,116	32	,200 [*]	,967	32	,430
Opt	,185	32	,007	,938	32	,065

Fuente: Datos generados por SPSS

El análisis con ANOVA, visto en la tabla 36, rechaza las hipótesis contempladas para los factores temperatura y presión, y no encuentra distinciones de la variable respuesta respecto al factor composición de materia prima. Igualmente, no existen interacciones entre factores.

Tabla 36: Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	185,187 ^a	6	30,865	7,194	,000
Intercept	2862,250	1	2862,250	667,102	,000
TEMP	121,000	1	121,000	28,201	,000
P	52,563	1	52,563	12,251	,001
FACTOR_A	9,000	1	9,000	2,098	,153
P * FACTOR_A	1,563	1	1,563	,364	,549
TEMP * FACTOR_A	1,000	1	1,000	,233	,631
TEMP * P	,063	1	,063	,015	,904
Error	244,563	57	4,291		
Total	3292,000	64			
Corrected Total	429,750	63			

Fuente: Datos generados por SPSS



A raíz de los resultados, es conveniente la elección de aquellos donde las profundidades del cocido son mayores, porque evitan la ruptura, aunque el exceso acelera la degradación de la rueda. Las respuestas del software y la experiencia práctica del experimento determinan:

- ✓ Aplicar la nueva composición de caucho en el proceso productivo de ruedas macizas vulcanizadas.
- ✓ Implementación de las condiciones técnicas de operación en el equipo de vulcanizado, relacionadas al nivel 2 del experimento en cada factor.

7.2.5. Ensamble.

Como parte de las mejoras aplicadas mencionadas en el capítulo 8, se otorgó a los asistentes de producción un nuevo mecanismo de ensamble para las ruedas macizas. El seguimiento de adaptación a los nuevos métodos pueden ser verificados y contrastados con el sistema a abandonar, por las mismas técnicas experimentales anteriormente expuestas.

Según Niebel¹⁶, el desempeño de los trabajadores cuando ya demuestran estar estandarizados los métodos, se aproxima a una curva normal. Por lo tanto, La técnica experimental para modelos lineales con supuestos de homocedasticidad y normalidad en su distribución, permite evaluar tanto el aspecto de mejora productiva y asimilación de la tarea asignada al operario.

El experimento es planteado con el mismo operario para los dos métodos, en la misma jornada de trabajo y la misma aleatoriedad mencionada en los anteriores experimentos para el orden de observaciones.

La unidad experimental empleada es la rueda de 8" Rin aluminio, con muestras de 25 observaciones para cada factor, que pueden ser consultadas en el Anexo No 19. El modelo matemático que rige el experimento es:

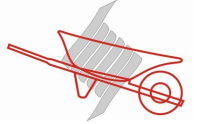
$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, 25 \quad \sum_{i=1}^2 \alpha_i = 0$$

y_{ij} : El tiempo de ensamble de la observación j , sometido al tratamiento i .

μ : Tiempo medio de operación.

α_i : Efecto medio adicional al tiempo, debido al tratamiento i

¹⁶Niebel .W, Benjamín; Ingeniería Industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. Editorial Alfa Omega, 11ª Edición, 2004, pág. 589.



La hipótesis a comprobar parte del contraste entre igualdad de medias, justificando si el tiempo de armado de la rueda varía o no con el tratamiento recibido. Es decir, se resuelve el contraste:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2$$

Para realizar el experimento y su análisis, se utilizó el software IBM SPSS-19, con la siguiente nomenclatura:

Factor Método: **A:** Factor método nuevo.

B: Factor método tradicional.

Tabla 37: Descriptive Statistics

Dependent Variable: Tiempo

Maq	Mean	Std. Deviation	N
A	00:03:37	00:00:20,320	25
B	00:04:07	00:00:27,960	25
Total	00:03:52	00:00:28,793	50

Fuente: Datos generados por SPSS

Las pruebas de normalidad confirman la adaptación y estandarización del nuevo método impuesto.

Tabla 38: Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: Tiempo

F	df1	df2	Sig.
1,131	1	48	,293

.Fuente: Datos generados por SPSS

Los valores de significancia menores al riesgo de error del experimento (0.05) en la ANOVA, confirman un cambio la modificación del tiempo por la implantación del nuevo mecanismo.

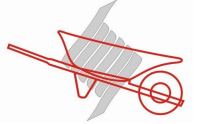


Tabla 39: Tests of Normality

Maq	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tiempo A	,138	25	,200 [*]	,928	25	,079
B	,131	25	,200 [*]	,968	25	,586

Fuente: Datos generados por SPSS

Tabla 40: Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Tiempo

Source	Type III	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11950,580 ^a	1	11950,580	20,007	,000
Intercept	2703742,580	1	2703742,580	4526,380	,000
Maq	11950,580	1	11950,580	20,007	,000
Error	28671,840	48	597,330		
Total	2744365,000	50			
Corrected Total	40622,420	49			

R Squared = ,294 (Adjusted R Squared = ,279)

Fuente: Datos procesados en SPSS

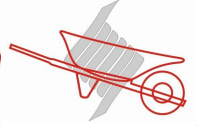
8. CONTROL DE PROCESOS Y PLAN DE PRODUCCIÓN

8.1. MARCO TEÓRICO

8.1.1. Indicadores de medición

Esencialmente, medir es comparar una magnitud con un patrón preestablecido, pero su utilidad y validez de la medición, parte de la crítica selección de las variables que componen el indicador de medición, según Jaramillo¹⁷:

¹⁷ Beltrán Jaramillo, Jesús Mauricio; Indicadores de Gestión, Santafé de Bogotá, 3R editores, 1998, pág. 34-46.



Aunque existe la tendencia a “medirlo todo” con el fin de eliminar la incertidumbre, o, por lo menos de reducirla a su mínima expresión, la clave consiste en elegir las variables críticas para el éxito del proceso, y para ello es necesario seleccionar la más conveniente para medir y asegurar que esta última resuma lo mejor posible la actividad que se lleva a cabo en cada área funcional.

Se define un indicador como la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de los objetivos y metas previstas e influencias esperadas.

Estos indicadores pueden ser valores, unidades, índices, series estadísticas, etc.

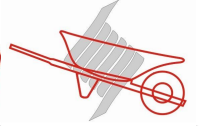
Son factores para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos y metas de un determinado proceso. Así, encontramos indicadores de efectividad, eficacia y eficiencia (actividad, uso de capacidad, cumplimiento de programación, etc.).

Contar con un conjunto de indicadores que abarquen los factores claves descritos es garantizar la integridad de la función de apoyo para la toma de decisiones.

Un indicador correctamente compuesto tiene las siguientes características¹⁸:

- Nombre.
La identificación es importante, y su nombre además de concreto, debe definir claramente su objetivo y utilidad.
- Forma de cálculo.
Se debe tener muy claro la fórmula matemática para el cálculo de su valor, lo cual implica la identificación exacta de los factores y la manera como ellos se relacionan.
- Unidades.
La manera como se expresa el valor de determinado indicador está dada por las unidades, las cuales varían de acuerdo con los factores que se relacionan.
- Glosario.

¹⁸ Lorenzo Serrano; Indicadores de Capital humano y productividad. Revista Económica aplicada. Número 10, Volumen 4, 1996, pág. 177 a 190. Disponible en:
<http://www.revecap.com/revista/numeros/10/pdf/serrano.pdf>



Es fundamental que el indicador se encuentre documentado en términos de especificar de manera precisa los factores que se relacionan en su cálculo. Por lo general las organizaciones cuentan con un documento, llámese manual o cartilla de indicadores, en el cual se especifican todos los aspectos atinentes a los indicadores que maneja la organización.

A manera de ejemplo se maneja el siguiente caso.

- Nombre:
Productividad maquinaria
- Formula:

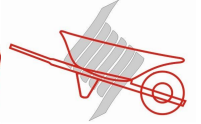
$$\text{Productividad maquinaria} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas maquina}}$$

- Unidad: *unidades terminadas /hr*
- Glosario:
Indicador de eficiencia mensual por empleo de maquinaria, mide la relación que existe entre el funcionamiento de la maquinaria, con la cantidad fabricada en el mes.

Los indicadores de medición derivan ventajas asociadas a su empleo, como lo son la motivación por alcanzar metas, trabajo en equipo, construcción de conocimiento, Priorizar actividades, etc.

8.1.2. Variación de los procesos

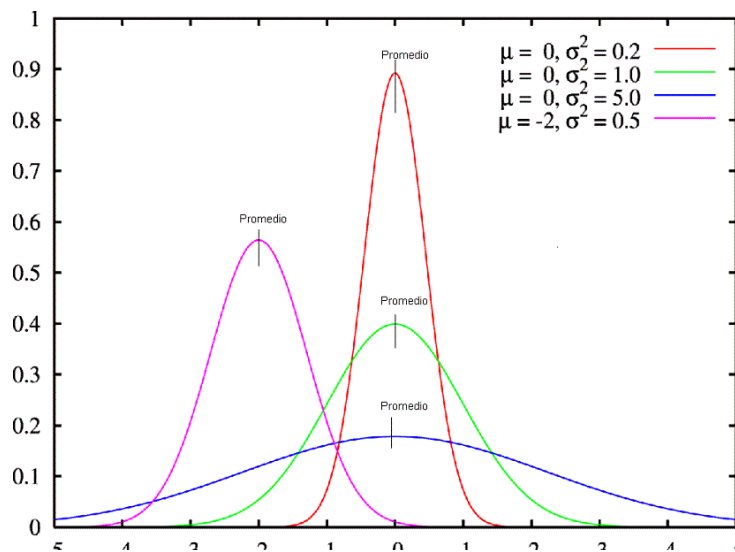
Aun siendo diseñado experimentalmente los procesos, toda actividad de fabricación, productivas o prestación de servicios suele exhibir variaciones respecto a lo esperado que sean las características del bien elaborado. Dichas variaciones identificables son denominadas **variación asignable**, y aquellas que son inherentes al proceso mismo se llama **variación común**, que pueden ser consecuencia de los equipos utilizados.



Las observaciones de cualquier proceso presentan variaciones y conducen al establecimiento de los fenómenos fundamentales siguientes¹⁹:

- Todo varía: dos artículos u ocurrencias no son exactamente iguales.
- Las observaciones individuales son impredecibles.
- Grupos de observaciones tienden a formar patrones predecibles o arrojan pruebas de que no hay un patón predecible sin algún cambio del proceso.

Figura 16: Distribución de operación



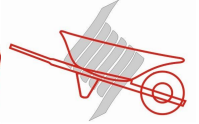
Fuente: modificada de wikipedia.org

El estudio estadístico de la variabilidad puede darse con un diagrama de distribución del proceso, donde con un conjunto de observaciones del atributo a estudiar, se puede estimar el comportamiento del proceso y designar una medida de la variabilidad presente, que técnicamente es denominada desviación estándar “ σ ”, al igual que la medida central a donde tiende a presentarse las mayorías de observaciones, denominado como promedio, ver figura 16.

Otro medio de estudio para la variabilidad es con la utilización de gráficos de control.

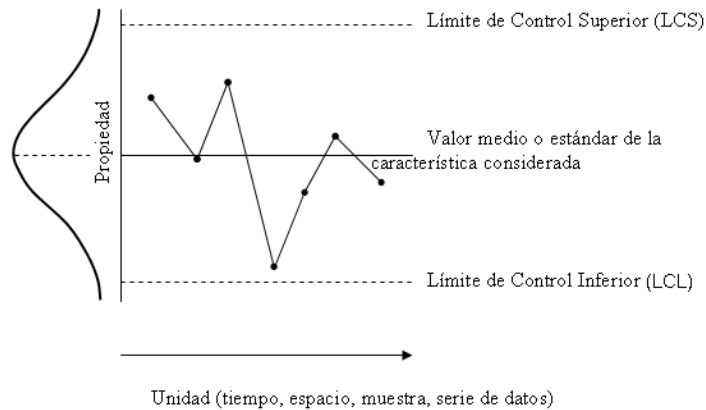
Trata de un diagrama ordenado cronológicamente, donde de un valor nominal, o línea central, que ha de ser el promedio histórico del proceso o atributos que son fijados como objetivos a alcanzar.

¹⁹ Harrison M Wadsworth, Métodos de Control de Calidad; Compañía editorial continental, 2005, México, Primera Edición,



Se elaboran límites de control basados en el diagrama de distribución, que sirven para elaborar juicios sobre acciones correctivas al proceso. El valor más grande representa el límite de control inferior (UCL, por sus siglas en inglés *upper control limit*) y el valor más pequeño representa el límite de control inferior (LCL, por sus siglas en inglés *lower control limit*) tal como lo muestra la figura 17.

Figura 17: Control de operación



Fuente: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/465/images/sust_fig_01.gif

Los gráficos de control comúnmente son usados de la siguiente forma:

1. Toma de muestra aleatoria del proceso y calcular una medida del desempeño variable o de atributos
2. Si la estadística se ubica fuera de los límites de control del gráfico o se comporta de manera inusual, buscar una causa asignable.
3. Eliminar la causa si esta degrada el desempeño; incorporar la causa si mejora el desempeño. Reconstruir el gráfico de control con los nuevos datos.
4. Repetir periódicamente todo el procedimiento.

8.1.3. Diagramas de control estadístico

Las mediciones de desempeño, son idóneas para el análisis y control de los procesos, son siempre el punto de partida para la toma de decisiones y evaluación de los cambios de la producción en un periodo de tiempo, las principales herramientas son:

- **Listas de verificación:** es un formulario que se usa para registrar la frecuencia con que se presentan ciertas características del producto o servicio relacionadas con el desempeño. Es posible que dichas características se



midan con una escala continua, o bien, por medio de un “sí” o un “no” a manera cualitativa.

- **Histogramas:** Es una representación que resume los datos medidos sobre una escala continua, que muestra la distribución de frecuencia de alguna característica de calidad (en términos estadísticos, la tendencia central y la dispersión de datos). Con frecuencia, en el histograma se indica la media de los datos.

Al elaborar y utilizar un diagrama de causa efecto, el analista identifica las categorías importantes de las posibles causas del problema. Podrían ser, por ejemplo, aquellas que se refieran al personal, las máquinas, los materiales y los procesos. Para cada categoría importante, el analista elabora una lista de todas las causas probables del problema de la brecha de desempeño. A continuación, el analista investiga de modo sistemático las causas anotadas en cada categoría importante del diagrama y lo va actualizando a medida que se va evidenciando nuevas causas.

8.1.4. Programa maestro de producción.

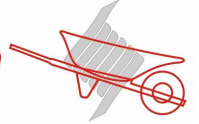
“La planeación de la producción y la programación de las operaciones, se centran en el volumen y tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad para asegurar la eficiencia competitiva de la organización”²⁰.

Para la planeación de la producción es fundamental anticiparse a los requerimientos de factores productivos, para la fabricación en un determinado periodo de tiempo. De tal manera que la eficiencia competitiva sea reflejada en unas utilidades deseables, cubrimiento de la demanda y utilización eficiente de los cargos disponibles o necesarios de crear.

Las funciones principales para la programación y el control de la producción son:

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.

²⁰ EVERETT, Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, Edición 4. USA, 1991, Pág. 410-414



- Comprobar la demanda real, compararla con la planteada y corregir los planes si fuere necesario.
- Establecer volúmenes económicos de partidas de los artículos que se han de comprar o fabricar.
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas detallados de producción y planear la distribución de productos.

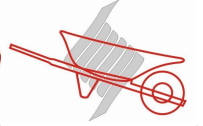
Los sistemas de administración han repartido todas las funciones en varios niveles jerárquicos de actividades que interactúan unos a con otros. La figura 18 ilustra estas conexiones. En donde de la parte superior a la inferior, la visión global de la compañía se va programando con rigurosidad, a medida que se desciende en los niveles.

Figura 18: Plan maestro de producción



Fuente: Autor

El primer nivel que consiste en la **Planeación Agregada de la Producción**. La cual trata de la construcción de unos resultados los cuales deben ser alcanzados, comúnmente expresados en números de unidades referentes a las líneas de productos manufacturados, dichas cifras son reconocidas con base en la capacidad fija existente, el inventario mantenido y los pedidos pendientes. La



desagregación de las líneas a las cantidades de productos específicos es dada en el **Programa Maestro de Producción (MPS)**.

El MPS es desarrollado para el cumplimiento de dos objetivos²¹:

1. Programar productos finales para que se terminen con rapidez y cuando se hayan comprometido ante los clientes.
2. Evitar sobrecargas o sub cargas de las instalaciones de producción, de manera que la capacidad de producción se utilice con eficiencia y resulte bajo el costo de producción.

Los procedimientos de programación maestra de producción difieren según si la empresa utiliza un sistema de fabricar para existencias o de hacerlo sobre pedido. Aquellos elementos de la programación (administración de demanda, tamaño de lotes y cantidad a programar) se verán afectados.

En el sistema sobre pedido, cada solicitud es predominante en la administración de la demanda. Generalmente, el programador maestro de producción trabaja a partir de una lista de pedidos pendientes y no puede utilizar pronósticos de demanda del producto. Los pendientes se asignan a huecos abiertos en la producción y los tamaños a producir solo quedan determinados según la necesidad del cliente.

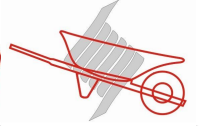
En las empresas que producen para existencias, las órdenes de los productos provienen principalmente de pedidos de los almacenes dentro de la empresa. Estos pedidos se basan en pronósticos de la demanda futura de muchos clientes.

8.1.5. Planeación de requerimientos de materiales.

El nivel denominado **Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)** consta de cumplir con las actividades para garantizar que las materias primas para la fabricación requerida en el **MPS**.

Los materiales para la fabricación comúnmente se tienen en exceso para evitar la ausencia de ellos, asimismo no correr con el riesgo de una pará de actividades. “El MPS se basa en la filosofía de que cada materia prima, componente y

²¹Gaither Norman, Greg Frazier, Administración de producción y operaciones; Octava edición, Internacional Thompson editores, 2000, pág. 333.



ensambles requeridos en la producción, deberá llegar simultáneamente, en el momento correcto, para producir los elementos finales incluidos en el MPS²²

Los programas tradicionales de MRP tienen disponibles archivos de lista de materiales, donde son consultados los materiales necesarios para producir una unidad de producto. Mantienen estados de inventarios actualizados, permitiendo generar resultados tales como:

- **Programa de pedidos planeados:** Un plan de cantidad de material que debe pedirse en cada periodo.
- **Cambios en los pedidos planeados.**
- **Reportes de excepción:** urgencias de materiales provenientes de errores tales como pedidos tardíos, excesivo desperdicio. Etc.
- **Reportes de desempeño:** Informes sobre la operación del sistema.

8.2. METOLOGIA PARA CONTROL DE PROCESOS

En este capítulo se observa la construcción e implementación de indicadores para el desarrollo de las selecciones fruto de la experimentación. También, se diseñan aspectos del control estadístico de procesos en la línea de ruedas macizas vulcanizadas. Como parte de una inmersión inicial que hace INDURRUEDAS LTDA, hacia la gestión de la calidad.

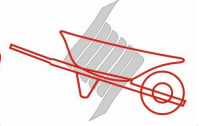
8.2.1. Variables de seguimiento

La única documentación y registro manejado en producción, hasta el momento de iniciada la práctica, consiste en registros de actividades diarias y cantidades producidas reportadas por cada operario, documentos que pueden ser vistos en el Anexo No 20.

Actualmente tampoco existen indicadores de medición para el control de los atributos en los productos, ni adiestramiento para el manejo de variables en los puntos de inspección del proceso.

Como actividad a realizar, se estructura el manual de procedimientos para cada cargo, relacionado a la fabricación de ruedas macizas. En él, deben quedar

²²Ibíd. pag. 403.



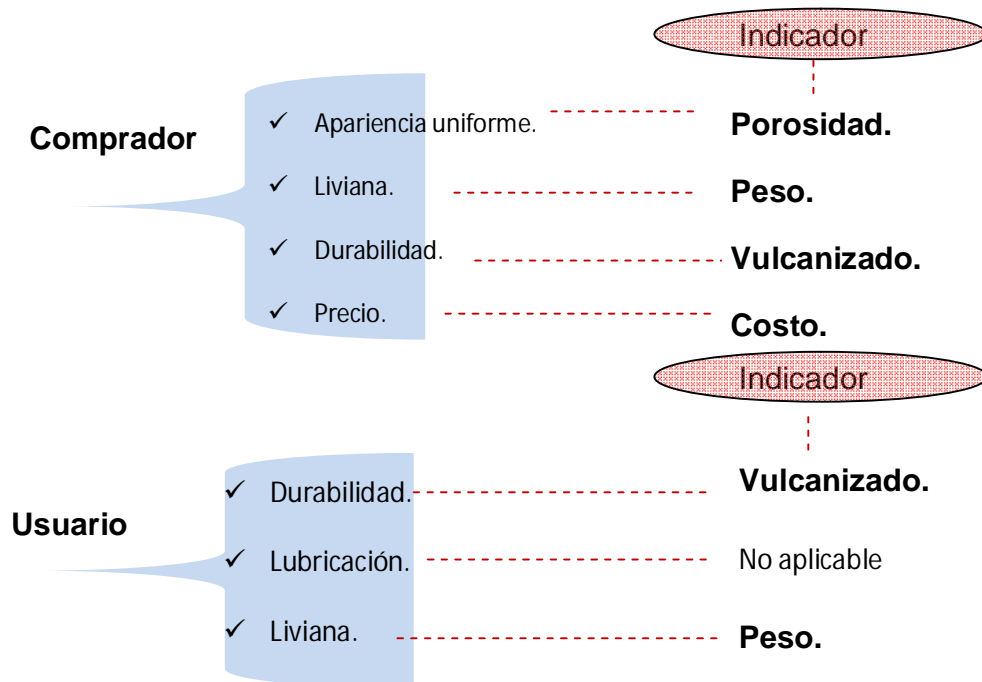
consignados los indicadores para el control de las actividades y atributos del producto.

La realización de los anteriores aspectos, fue de la siguiente manera:

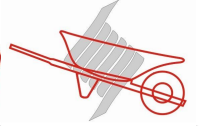
- ❖ *Observación directa de los procesos:* Actividad llevada a cabo a partir del diagnóstico de la empresa, la construcción de los elementos de observación en el estudio de tiempos e investigación para la propuesta de nueva composición del caucho.
- ❖ *Análisis de los requerimientos del cliente:* En conjunto con la gerencia comercial, se evalúan los atributos que el comprador espera de los productos, relacionándolo con indicadores medibles y controlables en la producción.

Se estudian las características que esperan los usuarios de las ruedas, que puedan ser mejoradas y controlables con medios estadísticos, para lo cual se relaciona dicha necesidad con una variable medible.

Se tomaron como relevantes, aquellas modificables en términos de mediano plazo:



- ❖ *Definición de indicadores:* Una vez recolectada información y vinculados los sistemas de medición a las celdas de trabajo, se define completamente el indicador, los cuales se presentan en el Anexo No 22.



INDURRUEDAS posee la licencia del software Fénix SIIC v.2.9 soluciones perspectivas, ver Anexo No 21, donde son manejados indicadores globales de la empresa. Para el departamento de producción, que presenta aridez absoluta en indicadores, se han implementado los indicadores básicos, que serán alimentados por los datos del programa fénix, filtrados según las líneas producidas en la compañía y la planta.

El software es capaz de reportar los márgenes de contribución brutos, las unidades elaboradas e inventarios de mercancía.

El costo unitario es procesado en hojas de cálculo, como la mostrada en el Anexo No 24. Se establece como meta una reducción del 5% en promedio.

La productividad maquinaria y mano de obra es trazada a partir de los reportes de los operarios, recopilados por el jefe de producción a la gerencia, se estiman incrementos operativos de mínimo 5% como respuesta a las estandarizaciones implementadas, y en respuesta a las mejoras implementadas es fijado un 10% adicional.

En términos de la rotación de materia prima, se estima mantener un índice de 0.8, que implicaría la poca acumulación de materiales, y menores riesgos de recolectar lotes de materiales defectuosos.

- ❖ *Implementación y concientización:* Los indicadores fueron involucrados en la caracterización de los cargos operativos. La gerencia convino una reunión, como consta en el Anexo No 25, para instrucción y socialización de los procedimientos, referenciándose a estos mismos, como normativa y conducta obligatoria en las actividades presentes en la compañía.

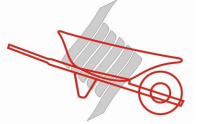
8.2.2. Análisis de la capacidad

A través de las herramientas implementadas en el estudio de tiempos, la demanda histórica y los costos de mano de obra relacionada con niveles de producción, se determinará las cargas mínimas necesarias para la operación mensual de empleados en la fabricación de ruedas macizas, liberando la capacidad productiva necesaria para nueva demanda y estableciendo controles a la polivalencia de puestos desarrollados por los empleados.

El método utilizado se detalla de la siguiente manera:

- ❖ *Determinación de capacidad*


A partir del estudio de tiempos realizado para cada una de líneas de producto, se analizará la capacidad instalada, con el objetivo de brindar herramientas al



departamento de producción, para realizar proyecciones relacionadas con el cumplimiento de la demanda, lograr un mejor aprovechamiento de los recursos y estructurar los costos de fabricación.

Existe una restricción para el cálculo de la capacidad. La configuración de los moldes y las planchas de calor en el equipo de vulcanizado, están dispuestas únicamente para que sean cargadas con una combinación de productos determinada, como muestra la tabla 41. De tal forma, que en el momento de presentarse órdenes para producir algún producto en específico, no es posible cargar todas las bandejas con la misma referencia, solo es posible elegir la combinación donde el producto esté presente.

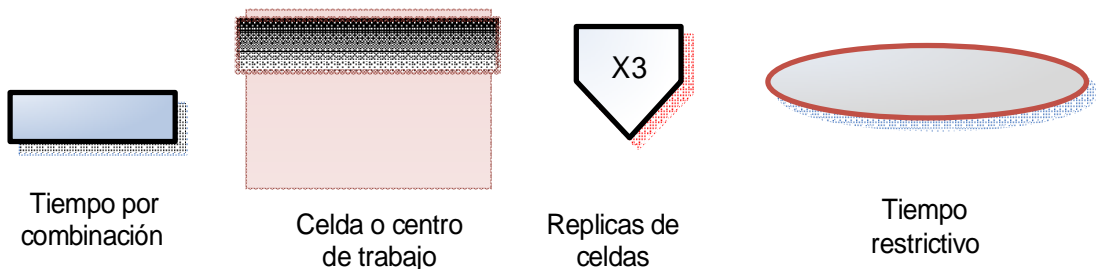
Tabla 41: Configuración Actual, planchas

	Combinación posible en vulcanizadora			
	opción 1	opción 2	opción 3	opción 4
Plancha superior	1.5"	2 und de 9"	2 und de 8"	2 und de 6"
Plancha 2	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
Plancha 3	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
Plancha inferior	3"	Rodelia	Rodelia	Rodelia

Fuente: autor

La capacidad se calcula tomando en cuenta el recurso restrictivo de la línea de producción, y su hallazgo es apoyado en un diagrama de flujo por centro de trabajo, donde estará relacionado el tiempo necesario de operación por cada combinación de producción, según la siguiente simbología.

Figura 19: Simbología del diagrama de flujo por celdas

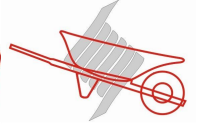


Fuente: autor

El cálculo de la capacidad instalada, es tomado teniendo en cuenta las contingencias ya establecidas en el estudio de tiempos, una jornada de 8 horas, 6 días a la semana.

❖ Demanda:

La producción es administrada según la demanda de los clientes habituales. A través de los datos históricos de la compañía y la capacidad calculada, de tal



manera que es posible analizar el grado de utilización de los recursos productivos con la siguiente tasa²³.

$$\text{Tasa de utilización} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor Nivel Operativo}}$$

Cuyo cálculo se aplica al histórico recopilado de pedidos ejecutados a partir de los meses de julio, Agosto y septiembre en 2010, sobre la capacidad.

Para determinar la capacidad mensual, se divide la jornada por el tiempo estipulado para cada combinación de planchas, ajustándolo al número de días en que se estipula la combinación de moldes, y la cantidad de unidades que pueden elaborarse por el tipo de combinación. La información se maneja bajo la siguiente fórmula

Capacidad Instalada Referencia j

$$= \sum_{i=1}^4 \frac{480 \text{ min}}{\text{Tiempo tipo por configuración } i} * \# \text{ Días config } (i) * \# \text{ Unidades de } j \text{ en } i$$

A modo de ejemplo, tomando las condiciones establecidas para la referencia de 2½", la capacidad mensual es:

$$\left(\left(\frac{17.78}{480} \right) * 2 * 2 + \left(\frac{18.33}{480} \right) * 2 * 2 + \left(\frac{17.77}{480} \right) * 20 * 2 + \left(\frac{17.65}{480} \right) * 2 * 2 \right)$$

$$108 + 105 + 1080 + 116$$

Capacidad instalada rueda 2½" = 1409 unidades

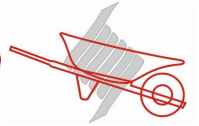
La Tasa de utilización de la planta para esta rueda en los meses establecidos es:

Tabla 42: Tasa de utilización establecida

Periodo	Julio	Agosto	Septiembre
Unidades elaboradas	911	650	1182
Capacidad instalada	1409	1409	1409
% Utilización	64.6%	46.1%	83.9%

Fuente: autor

²³ CHASE, JacobsAquilano, Administración de la Producción y operaciones 10 □ Edición, Mac Graw Hill, p 434.



Con el establecimiento de estos datos, Se puede identificar los aspectos operativos a mejorar, según el resultado de dicha tasa.

❖ Distribución de la capacidad:

Con el desarrollo de Diagramas de actividades múltiples, (Anexo No 26), pueden ser analizados las cargas operativas de cada cargo en la producción diaria, delimitar las necesidades de mano de obra netamente necesaria para la producción de ruedas macizas, y el tiempo restante se presta para disposición de las demás líneas de fabricación.

De los estudios realizados presentados en la tabla 43, la capacidad mensual de producción es 3467 ruedas. Según el plan mensual de la gerencia: 20 días productivos son con la configuración de moldes de la opción 3, y las demás configuraciones se ponen de a 2 días al mes.

Tabla 43: Utilización Actual de la línea ruedas macizas

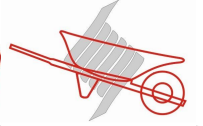
<i>Estudio histórico</i>		Producción Promedio	Capacidad	Utilización
RMIN-002	RUEDA MACIZA 2-1/2"	913	1409	64,8%
RMIN-001	RUEDA MACIZA 1-1/2"	262	54	485,0%
RMIN-003	RUEDA MACIZA 3"	174	54	321,7%
RMIN-004	RUEDA MACIZA RODELIA	88	650	13,6%
RMIN-008	RUEDA MACIZA 8 CON BAL. RIN LAMINA	299	1080	27,7%
RMIN-011	RUEDA MACIZA 9 RIN ALUMINIO	62	104	59,6%
RMIN-005	RUEDA MACIZA 6 CON BAL. RIN LAMINA	100	116	86,2%
Total producción ruedas macizas		1898	3467	54,7%

Fuente: autor

La utilización de la planta es del 54.7%, demostrando que la problemática mencionada en capítulos anteriores, reduce el rendimiento esperado productivo.

Los resultados muestran sin sentidos, debido a utilidades superiores al 100%, esto indica el incumplimiento de los días programados para cada configuración en los moldes, dentro de las explicaciones para esto, se encuentra la especulación de los operarios con la programación, provocando activación de la vulcanizadora con moldes vacíos para cumplir pedidos a costa de no exceder inventarios en mercancía sin destino.

En términos generales, la capacidad de la planta es superior a los estipulados mensuales, y los planes de programación de la producción, no manifiestan el comportamiento de la demanda.



8.2.3. Medidas de control

La metodología presente, estructura las actividades de inspección en la compañía, pasando del control netamente instintivo del operario e inspecciones sin normalizar, hasta el control estadístico establecido.

El control del proceso, se preocupa por la supervisión de la calidad mientras se produce el producto o el servicio. Los objetivos típicos de los planes de control del proceso, son proporcionar información oportuna acerca de si los artículos que se producen en el momento, cumplen con las especificaciones de diseño, así como detectar los cambios en el proceso que implicaría a futuro no cumplir con las especificaciones.²⁴

El control estadístico del proceso, consta de tomar una muestra al azar de la producción de un proceso y someterla a una prueba que determine si dicha producción se ubica dentro de un rango que haya sido previamente seleccionado.

La fabricación de ruedas según el diagrama de flujo del Anexo No 2, contiene 3 operaciones-inspección simultáneas y 1 sola inspección final. Dando uso a los indicadores elaborados en el Anexo No 2 para el control del proceso. Se establecen medidas de control de atributos y de variables que permitirán adelantar acciones correctivas y preventivas en los métodos, equipos y materiales de producción.

Las alertas o descontroles de los indicadores son tomadas por defecto, del software empleado; SPSS v19.

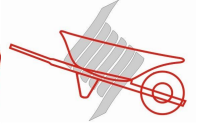
❖ *Medidas de atributos, graficas p.*

- **Inspección:** *Resoldado.*

- **Indicador:** *Atributo, La pieza es defectuosa cuando suceden cualquiera de los siguientes eventos:*

- *Exceso del operador: error en el tiempo de contacto del cátodo al aro o lámina, provocando orificios.*
- *Dimensiones: las piezas no se acoplan a los moldes.*
- *Deformaciones: Potencia excesiva en los equipos que provoca formas inesperadas en la estructura de la pieza.*

²⁴Ibíd. pag 339



- **Muestra:** Inicialmente, se construirá a partir de 25 muestras de 24 piezas cada una.
- **Descripción:** Diagrama elaborado a partir de los siguientes estadísticos:

$$\bar{p} = \frac{\text{Numero total de defectos en todas las muestras}}{\text{Numero de muestras} \times \text{Tamaño de la muestra}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Los límites de control se manejarán bajo 3 desviaciones por encima y debajo de la media, tomando un 99.7 de confianza de un proceso dentro de dichos límites.

Límite de control superior. $UCL = \bar{p} + 3s_p$

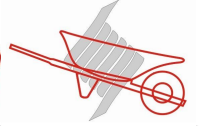
Límite de control inferior. $LCL = \bar{p} - 3s_p$

El seguimiento es establecido, con el objetivo de obtener al menos solo un 5% en promedio, de unidades defectuosas fabricadas con radios metálicos que incumplen las expectativas del cliente.

- **Acciones correctivas:** Revisión de equipos de soldado, calibración de potencia, Información a celdas de corte para chequeo e inspección de equipos; Supervisión directa de las operaciones.

❖ Medidas de atributos, gráficos U.

- **Inspección:** Inspección final.
- **Indicador:** Atributo. Al trabajarse con reprocesamientos de caucho, los productos terminados contienen imperfecciones. Un mismo producto puede contener los siguientes desperfectos.
 - Rayadura en rines.
 - Porosidad en rines.
 - Suciedad en rodamientos.
 - Rebaba.
 - Alta porosidad.
 - Elementos ajenos.
 - Cambio de coloración.
 - Falta de simetría en las dimensiones.
 - Agrietamiento.
 - Degradación.
 - Rajaduras.
 - Otros.



- **Muestra:** Inicialmente se construirá la gráfica, a partir de 25 muestras de 30 piezas cada una.
- **Descripción:** Diagrama elaborado a partir de una distribución poisson que sigue los siguientes estadísticos.

El diagrama de control U es construido a partir de K muestras $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ de n_i unidades cada una, sea u el número de unidades defectuosas en cada una de las muestras.

Para cada muestra se calcula el número u_{ij} de defectos de la unidad $X_{ij}, j = 1, \dots, n_j$

Si denotamos c_i al número de defectos totales en la muestra i-ésima, es claro que. $C = \sum_{j=1}^{n_i} u_{ij}$

Por otro lado, si denotamos por u_i al valor esperado de defectos en la muestra i-ésima, tendremos que

$$u_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{j=1}^{n_i} u_{ij}$$

Para estimar U según Shewart tendremos que:

$$\hat{u} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k u_i$$

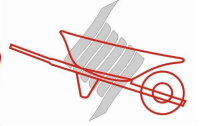
El límite superior de control es dado por: $LSC = U + 3\sqrt{U/n_i}$

El límite inferior de control es dado por: $LIC = U - 3\sqrt{U/n_i}$

- **Acciones correctivas:** Alerta principal que involucra la supervisión y revisión de listas de chequeo en la celda, se instaure la inspección total en la celda y realización de todas las medidas correctivas en la producción, a espera de reunión entre jefe de producción y gerencia para análisis de la información.

❖ Medidas de Variables, Gráficos \bar{X} -R

- **Inspección:**
 1. Vulcanizado-poros.
 2. Vulcanizado.
 3. Inspección final-peso



- **Indicador:**

1. Vulcanizado-poros maneja una escala ordinal de 0 a 6 según el juicio dado por la parametrización.
2. El vulcanizado toma la medida longitudinal (mm) según el diámetro de la rueda.
3. La inspección final toma el peso unitario según la referencia.

- **Muestra:** Inicialmente, para las gráficas de porosidad e inspección final, se construirá a partir de 20 muestras de 6 piezas cada una, En vulcanizado por ser una prueba destructiva, son tomadas únicamente 3 piezas por muestra.

- **Descripción²⁵:** Una gráfica R es el gráfico del rango para cada muestra. El rango es la diferencia entre los números más elevados y los más bajos en esa muestra. Los valores R proporcionan una medida fácilmente calculada de la variación, utilizada en forma parecida como se utiliza la desviación estándar. Una gráfica \bar{R} es el promedio del rango de cada muestra. A continuación se definen de manera más específica:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

En donde:

\bar{X} = Promedio de la muestra.

i = Numero del artículo.

n = Numero total de artículos en la muestra

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_j}{m}$$

j = Numero de la muestra

$\bar{\bar{X}}$ = El promedio de las medias de las muestras

²⁵Ibid. pág. 343



m = Numero total de muestras

R_j = Diferencia entre la medida más elevada y la más baja en la muestra

\bar{R} = Promedio de las diferencias de medidas R para todas las muestras

- **Acciones correctivas:** Sustitución de 3 lbs de caucho grasoso por caucho natural en el compuesto para la pasta, hasta agotar 80 Kg del lote elaborado.

Verificación de moldes, pesaje del ripio y caolín.

Dadas las gráficas y valores obtenidos, se puede analizar si el proceso satisface especificaciones o requerimientos específicos, en tal caso se utilizan los índices C_p y C_{pk} .

El índice de capacidad del proceso, C_p , es la relación entre lo esperado por las especificaciones y la tolerancia del proceso, cuyo valor superior a 1 indica un proceso capaz de fabricación según requisitos esperados.

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}} = \frac{\text{Lim. especific. Superior} - \text{Lim. de especifici. inferior}}{6\sigma}$$

El índice de capacidad real, C_{pk} , es la relación entre la media del proceso y su distancia al límite de especificación, para el cual se toma el mínimo en relación a las dos alternativas. A valores superiores a 1, el proceso opera dentro de las especificaciones.

$$C_{pk} = \frac{\text{Limi. especific. Superior} - \bar{x}}{3\sigma} \quad \text{ó} \quad C_{pk} = \frac{\bar{x} - \text{Limi. especific. Inferior}}{3\sigma}$$

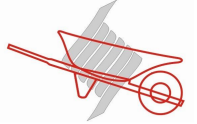
Cuando $C_{pk} = 1$, la media del proceso se sitúa estrictamente en el centro, cumpliendo con una fabricación dentro de las especificaciones en el 99% de los artículos.

La porosidad presente en las ruedas es poco aceptable por el cliente, el proceso de embetunado es realizado a las ruedas con un grado 4 o mayor; tal magnitud es fácilmente reconocible. Por lo tanto, el proceso es incapaz de ajustarse a las tolerancias establecidas, el control estadístico se dispondrá para mantener el control sobre el producto y fijar como meta un grado 3 de porosidad.

Los Rangos de especificación en el vulcanizado para la capacidad del proceso son:

Rueda Rodelia: Límite de Tolerancia Superior = 9 cm.

Límite de Tolerancia Inferior = 4,1 cm



Rueda 9": Límite de Tolerancia Superior = 5,6 cm.
Límite de Tolerancia Inferior = 3 cm

Los Rangos permitidos de especificación en el peso para la capacidad del proceso son:

Tabla 44: Tolerancias del Peso

Ref Limi	6"	8"	9" Especial	Rodelia	1½"	2½"	3"
LTS	1,2	2,6	3,6	4,7	3,5	4,4	4
LTI	1,6	2,0	3,2	4,0	3,0	3,5	4,1

Fuente: Datos proporcionados por INDURRUEDAS LTDA.

8.3. PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN

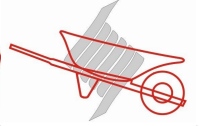
Es una técnica para designar tiempos específicos para la fabricación de los distintos artículos. Acoge el sentido administrativo del rendimiento de recursos en un plan que soporta los esfuerzos de ventas, con estricto cumplimiento al abastecimiento de los clientes.

Por medio de la predeterminación de recursos necesarios a determinada demanda. El programa maestro de producción establece rigurosamente los volúmenes de fabricación, las necesidades de caucho, rines, platinas, laminas, tornillerías y rodamientos que deben tolerar los inventarios sin retraso alguno ni riesgo de desabastecimiento en la línea.

8.3.1. Necesidades de planeación

La compañía tiene amplia información histórica respecto a sus posibilidades en ventas, y la experiencia le permite predecir ciertas estacionalidades en la demanda.

La actividad en la fábrica parte de las órdenes de producción comunicadas al jefe de planta por la gerencia principal, que a su vez mantiene atención telefónica a los clientes principales para el registro de pedidos, los cuales tienen tamaños en



promedio de 72 unidades de la referencia más comercializada, y 24 de las subsiguientes.

El personal de ventas establecido, reporta órdenes de compra que no superan las 3 docenas por todas las referencias, este tipo de ventas vienen consolidadas con los demás productos de comercialización de la compañía sin que las ruedas superen el 4% del pedido en valor. Los despachos a clientes principales, son entregados sin compromisos en tiempos, y no son inferiores a los 8 días hábiles, mientras que las ordenes de vendedores locales son de 24 horas y regionales de 4 días.

Modificar la conducta de ventas a clientes principales, con colocación de personal de ventas en la plaza, tiene la necesidad de un compromiso con el abastecimiento de mercancía oportunamente. Además, el poco valor monetario de las ruedas en el total monetario de los pedidos locales, plantea la necesidad de un abastecimiento continuo de artículos, dado que en el tránsito común de las operaciones, la ausencia de ruedas no genera pendientes en despacho, sino ventas pérdidas.

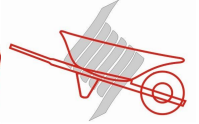
A los materiales utilizados en la fabricación, que en su mayoría son residuos de otros procesos industriales, difíciles para estandarización, clasificación y obtención. Es indispensable su abastecimiento continuo, a pesar del riesgo de un inadecuado comportamiento de los materiales en la producción. Existe la necesidad de evaluar estas compras también respecto a los compromisos eventuales proyectados en ventas, con herramientas de programación.

8.3.2. Lista de Materiales

Es un registro de la descripción completa de los productos de ruedas macizas vulcanizadas; están descritas la cantidad de componentes utilizados en cada referencia y la secuencia en que son ensamblados y compuestos, ver Anexo No 31.

La composición de caucho final con que son elaboradas las ruedas macizas, parte de una misma pasta de caucho, pero con cortes en tiras de distintas dimensiones, dependiendo de la referencia y molde empleado.

El registro se elaboró como formato para documento, al igual que su versión de archivo para el despliegue del MPR.



8.3.3. Análisis del comportamiento mensual

Para el correcto abastecimiento de los materiales requeridos en la fabricación, es necesario pronosticar el comportamiento de la demanda. En el caso de la compañía, las ventas tienen relación directa a los programas de ventas, correrías o mercadeo planificado. Tales aspectos deben ser controlables dentro del método aplicado, debido a que incrementos de ventas lógicos en gran medida son por objetivos planteados y disponibilidad productiva.

Se construyen pronósticos, recopilando todas las características que son sensibles a las decisiones comerciales, en reglas lógicas simples, tomando como guía y precedente el caso expuesto de Smith²⁶, las cuales han sido modificadas según las expectativas de INDURRUEDAS LTDA:

1. Probablemente se venda con incrementos del 45% en los próximos 3 meses, de la venta el mismo periodo del año anterior.
2. La venta de los 3 meses anteriores es lo que probablemente se vende en los próximos 3 meses

Los pronósticos son elaborados a partir de 5 históricos, con el método promedio móvil ponderado ajustado con las reglas expuestas (ver Anexo No 32) donde:

$$f_t = W_1 * A_{t-1} + W_2 * A_{t-2} + \dots \dots \dots W_5 * A_{t-5} \implies F_t = f_t * e$$

W_i = Peso que se dará a la venta real en el periodo $t - i$

f_t = Pronóstico para el periodo futuro.

e = Ajuste de probabilidad, según estacionalidad histórica en ventas.

La validación del modelo aplicado, es realizada a través de la desviación media absoluta (DMA)²⁷, que representa una medida de la dispersión presente entre un valor observado que se aleja de uno esperado.

Es planteada con la ecuación:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

En donde: t ; número de periodos.

A ; Demanda real para el periodo.

²⁶ Ibíd. Pag 553.

²⁷ Ibíd. Pag 537.



F ; Demanda pronosticada para el periodo

n ; Total de periodos, (Son tomados 6 meses).

El DMA es convenientemente utilizado para analizar el pronóstico con Una señal de rastreo (ST)²⁸, capaz de indicar el correcto seguimiento a las fluctuaciones de la demanda real. Su cálculo es con la razón entre las sumas aritméticas de las desviaciones del pronóstico con la desviación media absoluta.

$$ST = \frac{SCEP}{DMA}$$

Se verificó los pronósticos con el cálculo de la señal de rastreo para todas las referencias, agrupándolas según el tipo de demanda para la cual está enfocada, ver Anexo No 33.

Los resultados demostraron que el modelo tiene un buen grado de acercamiento a la realidad para los grupos de referencias con más producción en la compañía. Para el caso de las ruedas de rines metálicos, la señal de rastreo no supera la unidad y tiene comportamiento fluctuante que permitió en todos los periodos una desviación media de tan solo 37 unidades, valor equiparable a solo un medio día de producción y por lo tanto bastante controlable.

Tabla 45: señal de rastreo

MESES	DMA	ST
Septiembre	8	-1.000
Octubre	11	0.545
Noviembre	35	2.538
Diciembre	43	0.465
Enero	37	0.870
Febrero	37	-0.082

Fuente: autor

²⁸ *Ibíd.*, pág. 538

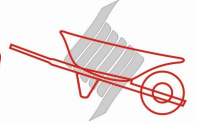
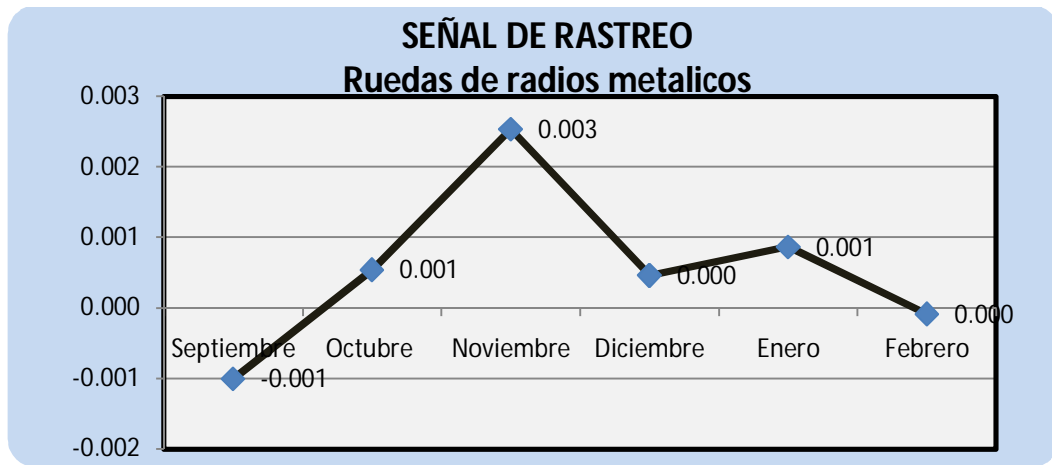


Figura 20: Señal de rastreo en ruedas.



Fuente: Autor

8.3.4. Plan de requerimiento de materiales

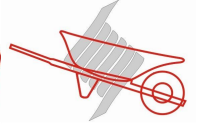
El plan de requerimiento de materiales parte de las necesidades requeridas para cumplir con la demanda pronosticada mensualmente; se distribuye el pronóstico por horizontes de planeación quincenal.

Tradicionalmente las referencias de escaso movimiento son elaboradas en dos ocasiones en el mes, los pedidos fuertes de los clientes son recogidos en una misma semana y comprometidos en despachos en el transcurso de la siguiente semana. La fabricación de los otros productos (carretillas, zorras, herramienta agrícola) es con estricta compra quincenal de la materia prima y por ende, también lo es determinación de la mano de obra involucrada en los procesos; tales razones son eventualmente suficientes para manejar el horizonte temporal planteado.

Por medio de este plan, se desagregan las familias, de acuerdo a las partes que conforman cada rueda.

En el primer período implementado, se remite todo producto final a las bodegas y puntos de ventas INDURRUEDAS LTDA, para corroborar existencias con la orden de producción predeterminada, en las barreras de tiempo posteriores la orden sale previamente cotejada con el sistema de inventarios implementado.

A partir de las necesidades brutas calculadas por referencia de rueda, se determinan las necesidades netas y pedidos planificados de la materia prima y componentes requeridos en la fabricación de los cauchos, soportes y rines, en un avance de nivel tras nivel hasta consolidar toda la lista de materiales.



La planificación de pedidos respecto a la fibra de caucho y rines de aluminio, si bien se hace bajo condiciones de oportunidad en el mercado, los datos vinculados en los horizontes de planificación son evaluados para evitar desabastecimientos.

8.3.4.1. Cálculo de capacidad requerida para niveles de orden.

Con los diagramas de actividades múltiples elaborados para las condiciones de mayor exigencia de configuración en vulcanizado, la planta puede realizar todas sus actividades en una secuencia eficiente. Ahora, con la planeación de producción es posible predestinar la carga por mano de obra que puede ser liberada para las otras líneas productivas, sin desatender el plan trazado.

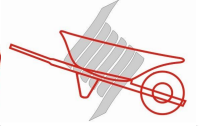
La capacidad por centro de trabajo según el estudio de tiempos realizado esta determinada como lo muestra la Tabla 46.

Tabla 46: Capacidad por centro de trabajo

Centro de proceso		RMIN 1½"	RMIN 2½"	RMIN 3"	6"	8" Lamina	8" Aluminio	8" especial	Rodelia	9" especial
LABORES	Corte de lamina	162 und/h	166 und/h	90 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Corte de platina	93 und/h	94 und/h	89 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Corte de manzana	261 und/h	187 und/h	133 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Soldado	Cilindrado	194 und/h	143 und/h	143 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Soldadura por puntos	177 und/h	177 und/h	128 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Soldado (x3)	Punteado	48 und/h	48 und/h	48 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Resoldado	23 und/h	26 und/h	27 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Soldadura de manzana	26 und/h	26 und/h	18 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Fibra	Corte de caucho fibra	66 und/h	57 und/h	48 und/h	150 und/h	94 und/h	94 und/h	76 und/h	76 und/h	76 und/h
Molino	Moldeado Molino peq	21 und/h	19 und/h	16 und/h	187 und/h	122 und/h	122 und/h	122 und/h	109 und/h	109 und/h
Molino	Moldeado	20 und/h	17 und/h	15 und/h	49 und/h	36 und/h	36 und/h	35 und/h	29 und/h	28 und/h
Vulcanizado	Corte de tiras	158 und/h	56 und/h	68 und/h	150 und/h	79 und/h	79 und/h	65 und/h	58 und/h	55 und/h
	Vulcanizado	18 und/h	18 und/h	18 und/h	25 und/h	24 und/h	24 und/h	24 und/h	18 und/h	18 und/h
	Remocipon rebaba	100 und/h	125 und/h	113 und/h	120 und/h	75 und/h	75 und/h	75 und/h	86 und/h	58 und/h
Pintura	Pintura	272 und/h	272 und/h	272 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	EMB	N.A	N.A	N.A	97 und/h	109 und/h	109 und/h	28 und/h	40 und/h	40 und/h
ARMADO	Embuje	171 und/h	170 und/h	169 und/h	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	Ensamble	N.A	N.A	N.A	42 und/h	39 und/h	19 und/h	20 und/h	14 und/h	20 und/h
	Embalaje	600 und/h	546 und/h	500 und/h	1200 und/h	100 und/h	100 und/h	100 und/h	100 und/h	100 und/h

Fuente: autor

Con el tiempo de elaboración de los diferentes componentes en cada centro de trabajo, y con el plan mensual de requerimientos, se determina la carga generada en cada uno, al multiplicar las cifras según los artículos requeridos.



8.3.5. Sistemas empleados.

INDURRUEDAS LTDA cuenta con el programa Fénix Soluciones perspectivas, utilizado por el área administrativa y comercial, cuyos módulos adquiridos han sido desarrollados para realizar la planeación agregada de la producción y archivos de lista de materiales. El desarrollo del MPR vincula los archivos a herramientas de Excel, en hojas de cálculo por medio de tablas demarcadas.

Las herramientas establecidas, plantillas de Excel ambientadas por medio de macros, pretenden ser una implementación a corto plazo, para no desmembrar los beneficios del software empresarial actualmente desarrollado en la compañía.

Fénix Soluciones perspectivas, posee el modulo completo de ERP. Por razones de costos y funcionalidad, se espera que al obtener cantidades productivas de 7000 unidades mensuales, pueda ser implementado totalmente los módulos del programa.

8.4. CONTROL DE INVENTARIOS

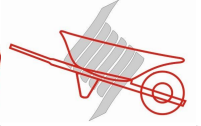
En este capítulo se formula e implementa una propuesta para el manejo de existencias acorde al programa de producción, establecimiento de políticas de inventarios, lotes de pedidos y economía de almacenamiento.

8.4.1. MARCO TEORICO

Las actividades habituales de toda empresa con fabricación de bienes y servicios, involucra la compra y venta de distintos materiales, desde insumos para la manufactura hasta sistemas que contribuyen en los propósitos de las organización.

El propósito mismo del inventario es proveer oportunamente a todos los procesos, los materiales necesarios para el transcurso normal y previsto de las operaciones.

Esta garantía de que lo requerido este próximo, implica un costo que va desde el espacio donde se ubican los materiales a espera de su destino final, hasta los equipos, personas y costos administrativos para la manipulación segura y ágil de los elementos.



La administración de inventarios tiene serias implicaciones dentro de los procedimientos de la producción, porque a través de sus políticas se define y compromete en:

- La relación entre la necesidad exacta y cantidad a almacenar.
- La clasificación y definición de existencias.
- Mantenimiento de los costos de abastecimiento lo más bajo que sea posible.
- Garantizar las existencias adecuadas en el inventario.
- Satisfacer la demanda.
- Mantener la información sobre las cantidades de existencias actualizadas

8.4.1.1. Sistemas de inventarios

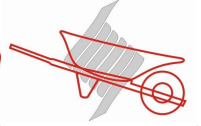
Los sistemas de inventarios, constan de normas y actividades sistemáticas que buscan un control eficiente de los recursos para la producción de bienes. Son absolutamente clave para contener costos productivos en términos rentables y sostener el suministro constante de materiales para el objetivo operativo de las fábricas

- ❖ **Sistema perpetuo:** Dentro de un sistema perpetuo, la principal norma es constantemente mantener registro de las existencias de todos los artículos. La utilidad es poder generar todo tipo de análisis, informes y evaluación de recursos actualizados.
- ❖ **Sistema periódico:** En el sistema periódico, no existen registros constantes, se elaboran conteos físicos de los artículos con cierta periodicidad.

Los sistemas de inventarios tienen un distintivo establecimiento de políticas y cálculos respecto de los artículos que sean tratados, de este modo suelen presentarse una clasificación de cuatro tipos distintos²⁹.

- *Inventario de Materias Primas:* Son los objetos, mercancías, elementos y artículos adquiridos para entrar en el proceso de manufactura.
- *Inventario de producto en proceso:* Compuesto por todos los materiales, piezas y partes para ensamble. Sobre los cuales se ha desarrollado alguna tarea específica de alistamiento o fabricación y están a la espera de ser parte del producto final elaborado.

²⁹Meredith, Jack R, Administración de las operaciones. LimusaWiley. Pag. 434-435.



- *Inventario de producto terminado:* Lo componen las existencias de los productos ya procesados y que están listos para ser usados. De aquí se pueden enviar a los centros de distribución, o venta directa en detallistas y cliente final.
- *Inventario de materiales y suministros:* Son existencias de artículos utilizados en la producción de bienes o servicios, pero que no forman parte del producto terminado.

8.4.2. MANEJO DE INVENTARIO PARA MATERIA PRIMA.

Producto de las condiciones propias de elaboración del caucho, solo se mantiene inventario de producto en proceso para el caucho grasoso. Aquellas cantidades son planificadas con el programa de producción.

Tal como se explicaba en las mejoras de reclasificación de materia prima, los lotes de pedidos en caucho fibra, que es el material con difícil adquisición, conviene ser manejados en lotes superiores a las 3 toneladas.

Para implementar un método de selección de cantidad óptimas se toma el modelo de tamaño económico de lote, ajustado a los términos de negociación y a la proyección de demanda establecida:

$$Q = \sqrt{\frac{2OD}{H + iP}}$$

D; Demanda anual.

O; Costo de realizar la orden.

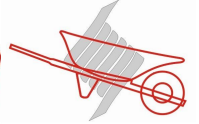
H; Costo de posesión.

Ip; Costo al capital.

La demanda anual prevista involucra la adquisición de 26.634 Kg de fibra para el año 2011. Los costos asignados a las negociaciones, papelería y archivo, son presentados por la empresa en términos de los siguientes valores³⁰:

$$O = \$142.350 ; H = \$ 340 ; iP = \$43$$

³⁰ Fuente: Datos suministrados por contabilidad.



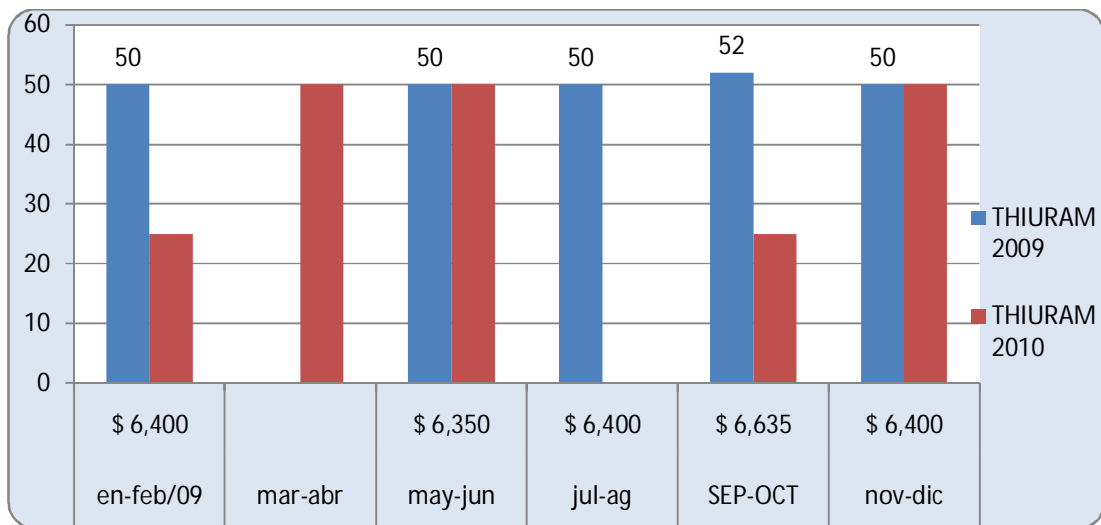
El resultado de referencia da órdenes de 4432 Kg, 1 tonelada de más a la cuantía recomendada en la conveniente adquisición a proveedores de mejores especificaciones, por lo que se estipula subcontratar el transporte de la materia a vehículos con dichas capacidades de cargue.

Los demás insumos y materiales tienen adquisición en periodos de entrega inferiores a 3 días. La unidad de empaque de compra y la cantidad necesario para la composición del caucho, permiten una sencilla proyección de las necesidades. Por ejemplo, en el periodo de 2009-2010, se consumía 25 kg de thiuram al mes, que es la misma unidad de empaque de este producto, cuando la producción descendía, en los fines de mes se realiza inspección y en caso de tener bultos no utilizados de thiuram, se hacía el pedido a razón de 2/#bultos-no-utilizados.

A través de los históricos tomados como ejemplo en la Fig 21. Se demuestra cumplimiento en esta política de inventario sin reporte alguno de faltantes.

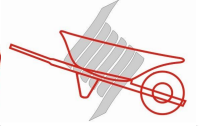
Para el 2011, se modifica la razón a 3/#bultos-no-utilizados, debido a las proyecciones de producción.

Figura 21: Ordenes de pedido, thiuram



Fuente: Datos suministrados por la empresa

Conceptualmente, por motivos en mermas respecto a la selección del material idóneo en corte, se tiene implantado un inventario de seguridad de 5 bloques de fibra, aproximadamente entre 1.2 y 1.5 toneladas de materia prima. Se estableció dichos parámetros con el manejo de sistemas actualizados mediante nuevos registros de control productivo (Anexo No 34).



Respecto al Ripio y caolín, por ser material dispuesto directamente para ir al proceso de elaboración (el tamizaje del ripio es realizado en estas mismas áreas), tienen áreas de almacenaje adyacentes a los centros de trabajo, Los inventarios mínimos son de 8 unidades de empaque que representan 400 Kg aproximadamente, las cuales en relación con las necesidades planificadas, superan los 5 días para el reabastecimiento. El horizonte temporal esta cómodamente establecido, teniendo en cuenta que los proveedores locales tardan 2 días en la entrega de los pedidos, en dichos materiales.

8.5. SISTEMA PROPUESTO PARA CONTROL DE EXISTENCIAS

El programa a disposición de la empresa, Fénix SIIC, contiene un módulo para el manejo de inventarios; posee las siguientes características:

- Elaboración de órdenes de pedido a proveedores.
- Grabación de compras y asientos contables.
- Planificación de inventarios, mermas y costos globales.
- Control de vencimientos y artículos sin rotación.
- Información diaria de saldos mensuales, por entradas de sistema (Facturación en compras) o revisiones físicas. Esta información puede ser parcial bajo cualquier criterio de búsqueda.

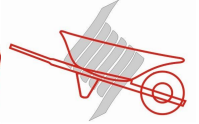
En el sistema de manejo de inventario, debido al represamiento de documentos y espera en la alimentación del software. Se presenta subutilización de recursos informáticos, pese a que poseen todas las características para manejar inventarios en línea y actualizados.

Las herramientas de control de inventarios y nuevos formatos de los Anexos No 34 y 35, para acelerar la alimentación de sistema por parte de la gerencia. Son tomados como base para una modificación de procedimientos y así darle pleno desarrollo activo para mejora de las actividades

El diseño establecido según las necesidades de cada tipo de existencia relacionada a las ruedas manufacturadas es:

❖ **Producto en Proceso:**

Debido a que el vulcanizado de material frío es defectuoso, como política establecida de inventarios, diariamente no deben quedar pastas vulcanizadas más allá del mínimo necesario para el arranque de la línea del siguiente día, este motivo ineludible fue el que generó los análisis de cargas productiva en modelos de producción diaria, como se ilustran en los diagramas de operaciones múltiples.



En la situación anterior de la empresa, por la desprogramación y pedidos acumulados, debían extenderse horas extras en el molino, creando un stock de pastas para no desabastecer las operaciones subsiguientes, actividad realizada a costa de la pérdida de calidad por reducción de temperatura en el caucho y vulcanización en frío.

Con las modificaciones realizadas, el nuevo recurso restrictivo es la operación de vulcanizado.

Según el estudio de tiempos y de capacidad, como máximo los moldes son alimentados 30 veces al día.

Para no superar tiempos de inventario de pastas superiores a 1.5 horas, las secuencia de actividades son puestas en fichas visibles a las 2 celdas que sirven de guía para evitar el exceso de tiras en referencias específicas.

La situación inicial encontrada respecto al manejo de las piezas metálicas, se caracterizaba por el cumplimiento y sencillez en el abastecimiento de la materia prima, como fue descrito con el ejemplo del manejo delthiuram.

Los aros metálicos eran fabricados por lotes de 400 unidades y tenía un área de inventario con perfecta capacidad para tal cantidad. Sin embargo, se presentaba oxidación producto del contacto directo con los gases de las prensas vulcanizadoras y el medio ambiente.

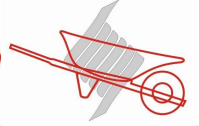
Se implementó un stock máximo para el reporte del software Fenix SIIC de 160 piezas de ensamble metálicas, y así evitar degradación acelerada con el contacto indirecto por los compuestos de fabricación.

❖ Producto terminado:

La cantidad de cauchos elaborada en la planta de producción, se rige bajo las expectativas productivas de acuerdo al estudio de tiempos. Los operarios de cada estación deben entregar los registros al jefe de producción, quien a su vez debe hacer llegar la información a gerencia, para alimentar el software y la toma de decisiones según las observaciones presentadas.

La supervisión del inventario de producto terminado, se da cumplimiento en la bodega auxiliar, donde se ve ejecutado el plan de producción y control del producto final, con ensamble y terminado de todas las referencias de las ruedas

Los operarios de ensamble disponen la información de demanda requerida quincenal, que deben cumplir a cabalidad. Son encargados del despacho de la mercancía a la bodega principal, reportar la producción y existencias de materiales a gerencia, con uso de los formatos del Anexo No 35.



9. PROPUESTAS DE MEJORA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

En este numeral, será relacionada toda la metodología planteada con su aplicación efectiva en la empresa, los mejoramientos técnicos concebidos en el transcurso de la práctica, la documentación elaborada y la evaluación de las implementaciones.

9.1. MATERIAS PRIMAS

A la problemática mencionada de falta de controles en la materia prima obtenida, inseguridad de compradores, norma de 1.5 toneladas por compra, ausencia de inspecciones de los materiales adquiridos y presencia de elementos ajenos al procesamiento en toda la línea productiva. Se establecieron los siguientes elementos de mejora.

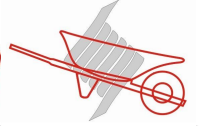
❖ Estudio de proveedores y reclasificación:

Evaluación de los históricos de la producción según las fuentes de materia prima, para identificar materias con menores residuos que deben ser apartados del material y desechados a otras industrias.

Se da una clasificación de proveedor primordial a DISTRICAUCHOS ORIENTALES EU, por el rendimiento distinguido de las lonas de fibra de caucho y aumento productivo previsible, tal cual está relacionado en el Anexo No 23. Donde el aumento del precio por Kg de caucho, es compensado por el mejor aprovechamiento del material.

El incremento de aprovechamiento del material estimado del 20% a lo sumo, genera ahorros en el costo real para un pedido tradicional de 1.5 toneladas de \$365.000, que sobrepasan \$195.000 del incremento en el valor unitario.

Considerando los pocos proveedores, se establece consolidar pedidos a DISTRICAUCHOS con aumento del lote de pedido a 3 toneladas, el beneficio oscila entre \$700.000 y \$1000.000, cifras importantes, que permiten tramitar transporte externo sin importar los incrementos en fletes, y sin la rigurosidad de utilizar los vehículos de la empresa que no cuentan con tal capacidad de carga.



❖ Clasificación de materiales:

Tomando las herramientas dispuestas del estudio del trabajo, los diagramas de flujo por celdas de manufactura del Anexo No 26, fueron designados nuevas tareas para la clasificación de materia prima en los centros que no representan cuello de botella, cuidando que la producción estimada no se perjudique, y los costos por tiempo de mano de obra y espacio locativo sean intrascendentes, debido a incrementos productivos esperados

- **Fibra de caucho:**

Situación anterior: Los materiales eran clasificados en ordinarios y parcialmente vulcanizados en el momento de su descarga en la planta. Se realizaban cortes transversales de los bloques para facilitar el picado del material.

Mejora aplicada: Los cauchos ordinarios compuestos por sobrantes de lonas de caucho, en donde su unidad de manipulación inicial es por bloques de 0,22 mts³, se les aplican cortes longitudinales para dividirlos en sus lonas de origen, permitiendo una nueva clasificación:

1. Ordinario_ C.natural.
2. Parcialmente vulcanizado.
3. Ordinario_Fibroso.

La clasificación aplicada permite dosificar 50/50³¹ el empleo del caucho ordinario según el almacenamiento disponible.

Se presentan mayores inventarios de Ordinario_Fibroso, por su abundancia apreciable en los bloques (60% C.natural, 40% Fibroso). Que son utilizados en mezclas con material parcialmente vulcanizado.

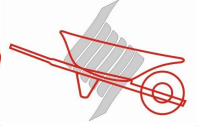
- **Cargas:**

Situación anterior: Adquisición del negro de humo como relleno, compra realizada a particulares y sin ninguna especificación conocida, únicamente con política del mejor precio.

Mejora aplicada:

- ✓ Documentación sobre las cargas aplicables al caucho.
- ✓ Selección de cargas de 6 mm, con prueba de tamizado.

³¹ Utilizar formula en 50% de ordinario_Fibroso. con el otro 50% perteneciente a las demás clases, según existencias en inventarios.



- ✓ Doble tamizado durante el pesaje de las cargas previo al proceso de moldeado, operación considerada para los asistentes de planta, en el nuevo orden productivo.
- ✓ Remoción de escombros metálicos con imanes.

- **Material No reciclado**

Situación anterior: No se utilizan materiales puros por motivos de costos y competitividad.

Mejora aplicada: Consideración del caucho natural, cuyo valor en el mercado es de \$3500/Kg, como insumo estabilizante de los indicadores productivos, para control de especificaciones y estabilización de rangos producto de la variabilidad de los materiales reciclados, que en ocasiones se torna caótica e impredecible.

Los resultados en términos de costos pueden ser consultados en el numeral de procesos productivos.

❖ **Nueva Formula**

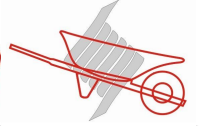
Las pérdidas de calidad en los cauchos líquidos adquiridos, y la fuerte en competencia en precios, forzaron la búsqueda de la nueva fórmula.

La aplicación consiste en, reemplazar el caucho líquido con la adición total de hidrocarburos en medio de rellenos, que permitan consolidar una consistencia similar al caucho, y al mismo tiempo facilitar el incremento de enlaces sueltos de hidrocarburos para la vulcanización:

- **Compuestos:**

Para 88 Kg de nuevo caucho grasoso –Significa fabricación por lotes grandes, debido a la reacción lenta que se espera en el almacenamiento-, son necesarios:

- 6 Kg Fibra.
- 70 Kg Caolín
- 6 Galones de aceite (Hidrocarburos pesados)



9.2. SISTEMAS TECNOLÓGICOS.

❖ Configuración de la rueda:

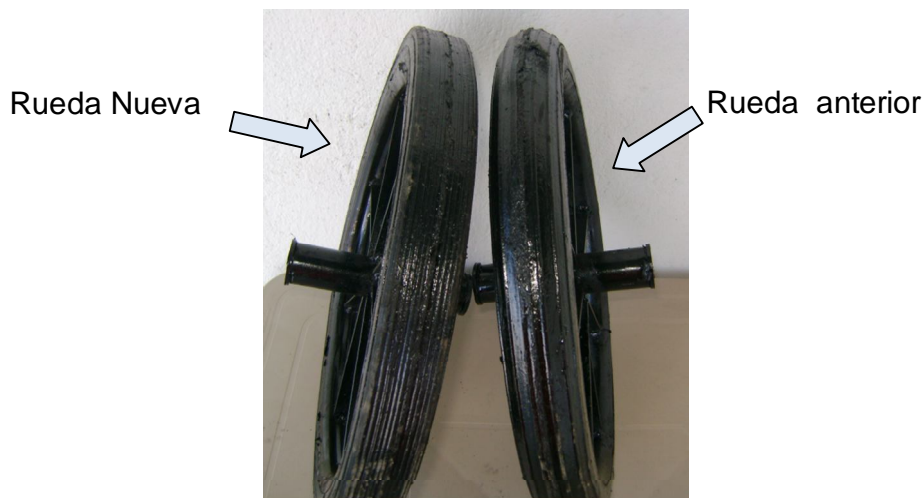
A partir del estudio realizado en el Anexo No 17, después de las causas relacionadas al soldado, se tiene el desprendimiento de las láminas del caucho, tales eventos se relacionan al diseño de la rueda, el cual no ha tenido actualización en años.

Situación anterior:

- Las ruedas macizas de radios metálicos poseían una vena en la lámina que confiaba rigidez al rin de la rueda, y adherencia entre el metal y el caucho con el pegamento soldante.
- Los moldes se encontraban deteriorados, generando productos con excesos de rebaba e imperfecciones pertenecientes a la geometría de la horma, y no a causa de la materia prima.
- Las ruedas son diseñadas totalmente para uso en carretillas, sin disponer especificaciones convenientes a otras aplicaciones.

Mejora Aplicada: Reconfiguración de las ruedas macizas con radios metálicos, acorde con el estudio experimental y de “benchmarking” funcional, donde se le proporciona mayor superficie de contacto al suelo, rigidez estructural y terminado estético.

Figura 22: Rediseño de rueda.



Fuente: Auto

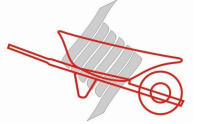
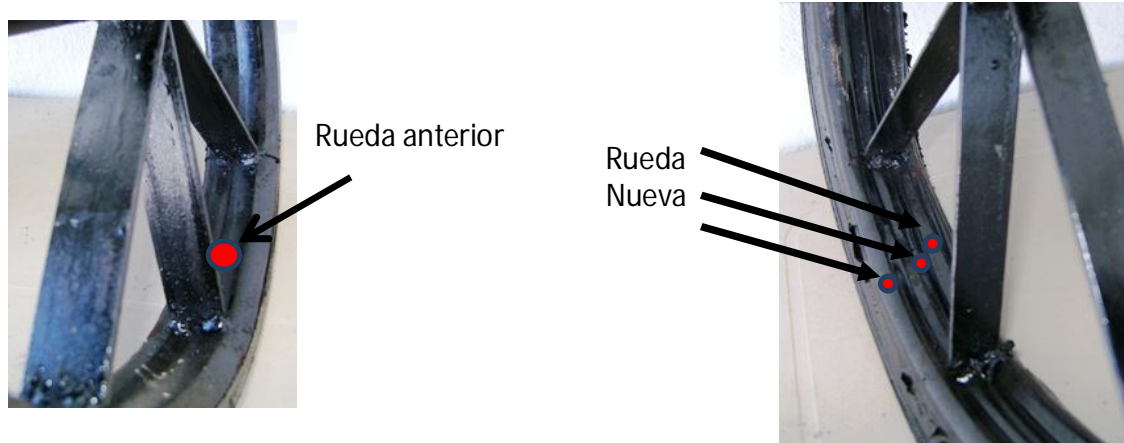


Figura 23: Cambio de venas en lámina.



Fuente: Autor

Figura 24: Moldes

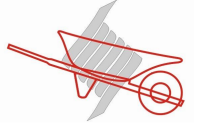


Fuente: autor

❖ **Modificaciones del molino:**

La documentación y herramientas descriptivas de las operaciones, establecen sub-utilización de maquinaria que puede ser reestructura para un mejor aprovechamiento.

Situación anterior: El molino de mezclado de grasoso, es capaz de producir la materia prima para la operación diaria de los centros de trabajo posteriores, en solamente el 20% del tiempo de horas maquina disponible, como puede ser



observado en el diagrama de operaciones múltiples del Anexo No 26. Al operario de moldeado incluso se le asigna trabajo de otras áreas.

Figura 25: Dados del molino



Fuente: autor

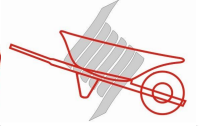
Mejora aplicada: Por la semejanza técnica entre los tipos de molino en la compañía, se adaptaron los cilindros y dados del equipo pequeño, para obtener su utilización en la elaboración de pastas de cauchos.

Las prensas de vulcanizado que estaban fuera de la línea, fueron reparadas para incluirlas a la línea de producción. La mejora involucra un incremento productivo y reducción de costos debido al consumo energético de las prensas, que es gas y no eléctrico, donde el costo del Kwh es \$80.05 comparado a los \$350.55 del eléctrico, pero dicha disminución de costos solo será considerada eventual, no mejora aplicada; según el comportamiento real de demanda se analiza la necesidad de modificarla a consumo de energías limpias.

9.3. PROCESOS PRODUCTIVOS

❖ Documentación:

Es indispensable en la compañía preservar el “saber hacer” dentro de su recurso humano, independientemente de la rotación de personal. Los documentos que



registran los modelos operativos de la compañía son base de entrenamiento, referencia las actividades desarrolladas y describen los resultados alcanzados en las mejoras.

Situación anterior:No existe documentación alguna que formalice instructivos para capacitar al personal acerca de los métodos, tareas y labores necesarios para la fabricación de productos

Mejora aplicada:

- Asignación y estudio de actividades en el desarrollo experimental, estudio de tiempos y listas de chequeos, fueron elaboradas en formas que permitieran un control de documentos. Están dispuestos en los Anexo No29.
- Estructuración en implementación del manual de funciones para los cargos pertenecientes a la fabricación de ruedas macizas vulcanizadas, Anexo No 26, 34, 35.
- Levantamiento de fichas de registro para el mantenimiento de la maquinaria, tal como lo muestra el ejemplo del Anexo No 40.

❖ **Control de producción:**

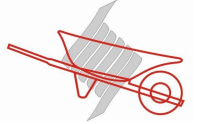
La productividad en la empresa, el diseño, la competitividad y cumplimiento en las características con que son ofrecidos los productos; fueron utilizados en conceptualizaciones para la exigencia del trabajo. En INDURRUEDAS LTDA se sembraron las herramientas adecuadas para la real obtención de aquellos propósitos y aplicación de sistemas para medir dichos intereses.

Situación anterior:Los puntos de inspección para el producto solo mantienen elementos para selección de producto aceptable y desecho de los evidentes errores. No se aportaba información a procesos precedentes para corrección de eventuales fallos ni se daban aportes para toma de decisiones para mejoramientos posibles.

Existían constantes incertidumbres acerca de la real representación del sistema de costeo, debido a la carencia de datos sobre capacidad en planta y requerimientos en horas de equipo y mano de obra en el proceso.

Mejora aplicada:

- Selección e implementación de indicadores para el control por rangos, en los puntos de inspección. (Anexo No 22).



En estos indicadores, el análisis de las capacidades C_p y C_{pk} , esta resumido en la tabla 47 y 48,

Tabla 47: Capacidad del proceso, Peso

Ref Limi	6" (kg)	8" (Kg)	9" Especial (Kg)	Rodelia (Kg)	1½" (Kg)	2½" (Kg)	3" (Kg)
CP	1,231	1,012	0,782	1,212	1,064	0,89	0,725
COK	1,019	1,031	0,754	1,112	1,031	0,872	0,725

Fuente: autor.

Tabla 48: Capacidad del proceso, vulcanizado


Ref Limi	9" Especial (cm)	Rodelia (cm)
CP	0.961	1,234
COK	0.9548	1

Fuente: autor

Debido al estar empleándose materiales reciclados, la variación de características en los productos es muy elevada. Sin embargo, la razón entre los dos indicadores es cercana a 1, lo que supone una media de operación que se ajusta al objetivo ideal en las especificaciones

- Dado los diagramas elaborados y modificaciones elementales de maquinaria y ordenes de tareas (Anexo No 38 al 40), se establecieron nuevas combinaciones de ruedas dentro de las planchas de vulcanizado, para incrementar la utilización de la planta productiva.
- Implementación de indicadores para control atributos, específicos a cada referencia de producto (Anexo No 39).

Tabla 49: Implementación mejora, Configuración de las planchas

	Configuraciones de productos establecidas en las planchas de vulcanizado			
	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3	Configuración 4
Plancha superior	2 unds de 8"	2 und 6"	2 und 9"	1.5"
Plancha 2	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
Placha 3	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
Plancha inferior	1.5"	Rodelia	Rodelia	3"
Vul. Habilitada	1.5"	2.5"	3"	2 und 6"

Fuente: autor

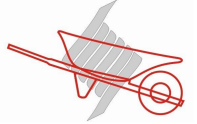
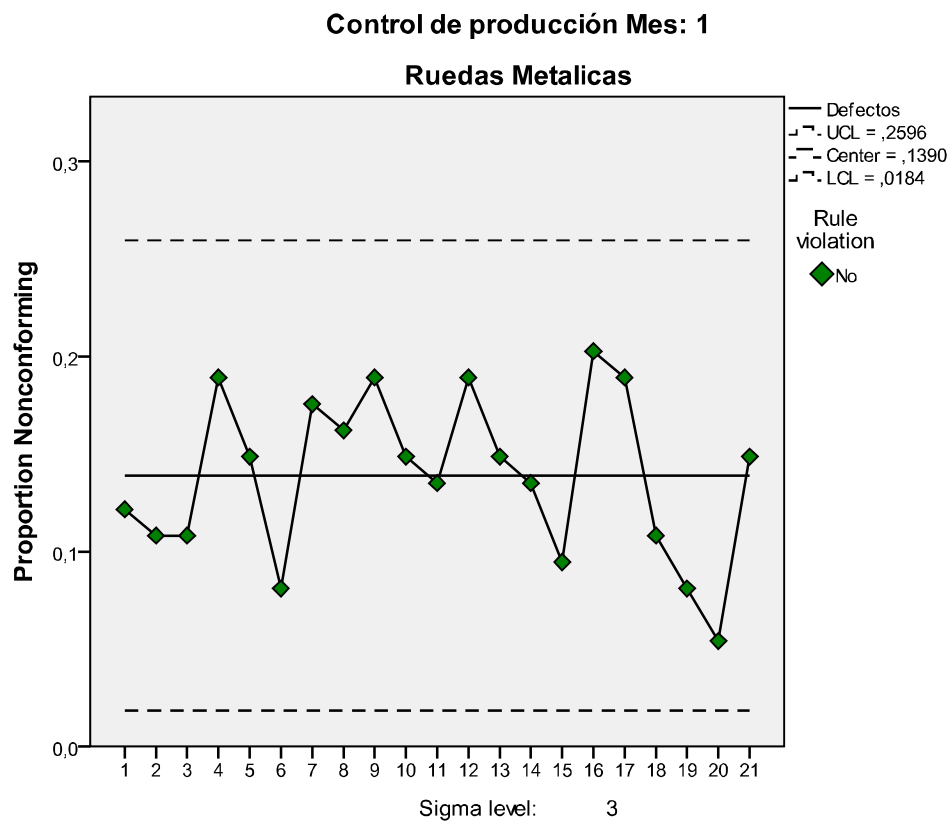


Tabla 50: Nueva utilización formulada

Referencia	Producción Promedio	Capacidad	Utilización
RMIN-002 RUEDA MACIZA 2-1/2"	1079	1535	0.70
RMIN-001 RUEDA MACIZA 1-1/2"	551	960	0.57
RMIN-003 RUEDA MACIZA 3"	302	360	0.84
RMIN-004 RUEDA MACIZA RODELIA	143	210	0.68
RMIN-008 RUEDA MACIZA 8 CON BAL. RIN LAMINA	407	780	0.52
RMIN-011 RUEDA MACIZA 9 RIN ALUMINIO	151	360	0.42
RMIN-005 RUEDA MACIZA 6 CON BAL. RIN LAMINA	265	420	0.63
TOTALES	2898	4625	0.63

Fuente: autor

Figura 26: Control estadístico inicial al soldado de Rines



Fuente: Datos procesados en SPSS

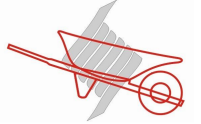
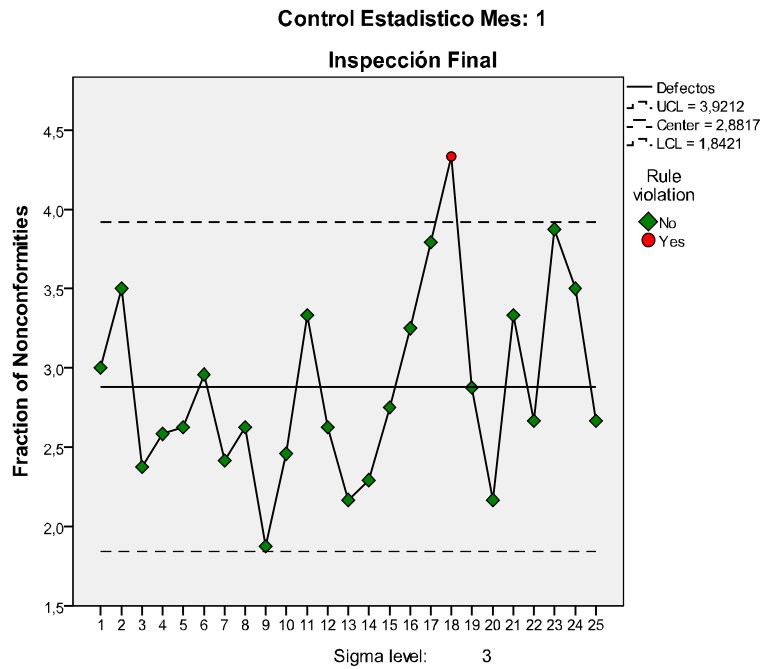
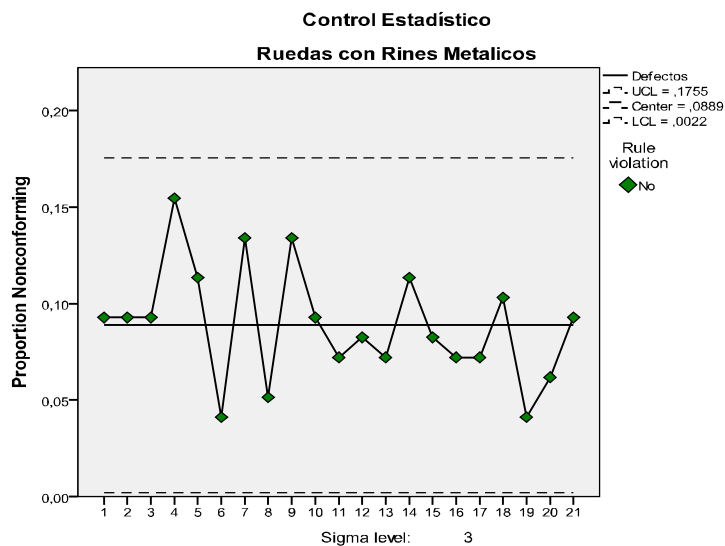


Figura 27: Control estadístico inicial, Inspección final

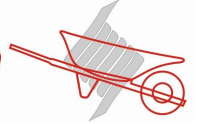


Fuente: Datos procesados en SPSS

Figura 28: Control estadístico establecido al soldado de rines



Fuente: Datos procesados en SPSS

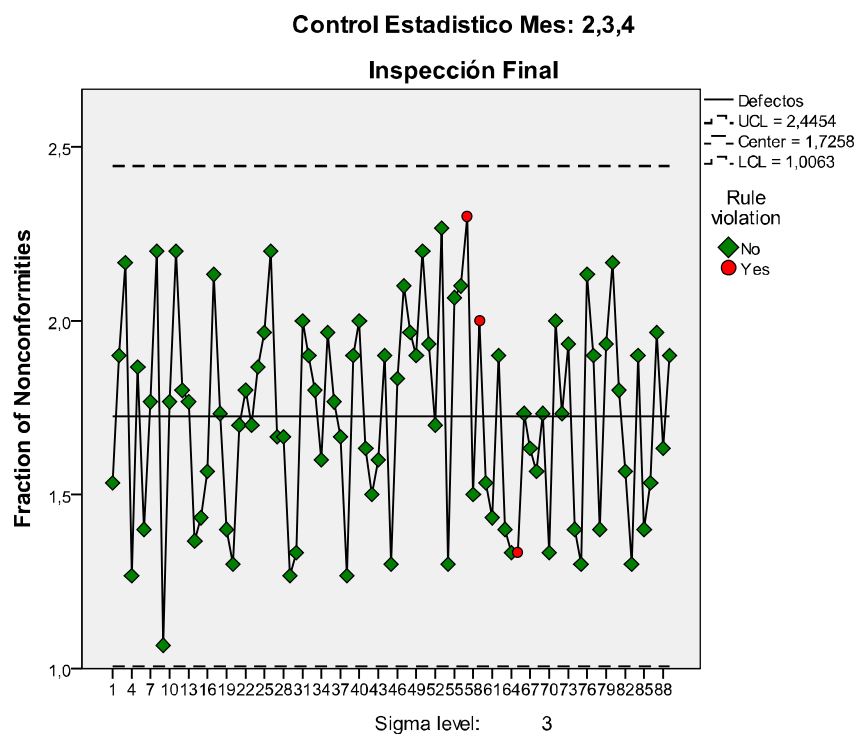


El control estadístico introducido concibe el manejo de listas de chequeo, aplicadas las distintas celdas:

Entre las operaciones de soldado se regulan imperfecciones contenidas en 7% de las ruedas con radios metálicos.

El conjunto de defectos “tolerables” por producto, es posible reducirlo en 2; por el control establecido que regula una media de 1,72, tal cual han establecido los rangos de control.

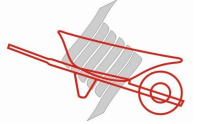
Figura 29: Control estadístico establecido, inspección final



Fuente: Datos procesados en SPSS

El vulcanizado y la porosidad en las ruedas son controlados con el seguimiento de los parámetros establecidos, manteniéndose en niveles aceptables (ver Anexo 31), tomando en cuenta que se trata de materia prima de reciclaje.

- Llevados a cabo el seguimiento de los indicadores operativos de la empresa (Anexo No 22), se comprueba el perfil de mejora continua implementado. la productividad muestra incrementos superiores al 10% y la rotación da señal de un leve avance. Los datos pueden ser observados en el Anexo No 41.



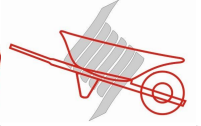
- La medición constante de indicadores permite el establecimiento de los costos involucrados en la fabricación de cada referencia de rueda.

Tabla 51: Costos por artículo

Referencia	ESTADO INICIAL	Análisis Previo			Sistema Mejorado		
Maciza 1½"	\$ 8,421	\$ 8,583		2%	\$ 8,229		4.12%
Maciza 2½"	\$ 8,931	\$ 8,954		0%	\$ 7,960		11.10%
Maciza 3"	\$ 10,843	\$ 10,894		0%	\$ 10,660		2.15%
Maciza 6"	\$ 3,914	\$ 3,985		2%	\$ 3,854		3.30%
Maciza 8" Lamina	\$ 5,620	\$ 5,620		0%	\$ 5,587		0.58%
Maciza 8" Al S/B	\$ 5,982	\$ 5,982		0%	\$ 5,879		1.73%
Maciza 8" Al	\$ 6,406	\$ 6,406		0%	\$ 6,393		0.20%
Maciza 9" Especial	\$ 9,487	\$ 9,487		0%	\$ 8,756		7.72%
Rodelia alum	\$ 19,876	\$ 19,753		1%	\$ 19,006		3.78%
Rodelia Policarbono	\$ 14,664	\$ 14,491		1%	\$ 13,767		5.00%

Fuente: autor

En la tabla 49, puede ser visto un resumen de las variaciones del costo. Los costos establecidos por la empresa no varían respecto al estudio realizado en la compañía, el cambio significativo se presenta con las mejoras aplicadas; a pesar de renunciar a la economía en los pedidos de materia prima e introducción del caucho natural como estabilizante del proceso, los incrementos en producción han aportado una reducción en costos a rangos tales como el 11%; cuando se han involucrado cambios en el diseño.



CONCLUSIONES

- ❖ Con el diagnóstico de la situación inicial, elaboración del diagrama en el que se representa el proceso productivo y evaluación de oportunidades de reducción en despilfarros, fueron reconocidos los aspectos organizativos y técnicos que están en detrimento de los intereses de la compañía. A partir de cuales, fueron planeadas y desarrolladas todas las actividades de mejoramiento.
- ❖ Gracias al estudio de tiempos, fue posible establecer la capacidad real de producción en cada uno de los centros de trabajo, y la subdivisión de tareas en la operación, que permitió a INDURRUEDAS LTDA mejorar las actividades de mayor duración en la línea, disminuyendo su medida inicial de 72.42 min a 53.29 min, desarrollar programas eficaces para la planeación de sus recursos, y así comprometerse con una nueva proyección de la Demanda.
- ❖ Fueron reducidas las restricciones operativas en la distribución de la capacidad, permitiendo incrementar los módulos de configuración para vulcanización de las ruedas. Se logró una reducción media del 8% en los tiempos de operación.
- ❖ La reclasificación de materia prima de costos a aprovechamiento en la línea; garantizó incrementar la eficiencia de su uso en un 20%, sin elevar costos en las referencias.
- ❖ Por medio del estudio experimental se validó la nueva formulación del caucho, y fueron establecidas las especificaciones técnicas de operación que mejor sostengan los requisitos de calidad esperados en las ruedas INDURRUEDAS LTDA. Desde el experimento al moldeo de caucho grasoso, se evidenció descartar la aplicación de materiales óptimos con los equipos actuales, porque la diferencia en tiempo y beneficio en la calidad estimados en las pruebas paramétricas no son superiores al 5%, que contrasta con el incremento de costos cercano al 100%
- ❖ Los resultados experimentales y el análisis de hipótesis, fue la evidencia para distinguir los parámetros fundamentales que regían con mejores condiciones de productividad la operación en la empresa, con lo cual se identificaron condiciones para la reducción de eventos perjudiciales en el caucho evitando en 12% las condiciones para encontrar pastas con enlaces débiles.



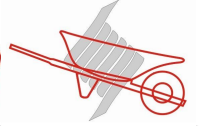
- ❖ Con la aplicación de las pruebas en diseño de rines metálicos, se adaptaron las especificaciones en la industria global a uso local. Obteniendo reducción del costo del 12% en materia prima debido a cambio de referencias, que pudo ser reinvertido para la mejora con la adquisición de caucho natural.

- ❖ Gracias a las actividades desarrolladas con el fin de mejorar la planeación, programación y control de producción, entre los cuales se encuentran los pronósticos establecidos, MRP y evaluación de recursos restrictivos, se consiguió prever las necesidades de materia prima, mano de obra y productos terminados para responder a demandas previstas. A partir de las mejoras, la empresa ya es capaz liberar operarios a otras líneas de fabricación cuando la demanda es reducida, o utilizarlos al 100% en temporadas de alta demanda.

- ❖ Las modificaciones técnicas en equipos y molinos, modificaron los recursos restrictivos en la línea del moldeado al vulcanizado, obteniendo un incremento de la capacidad establecida inicial 3467, que ahora es de 4625 ruedas mensuales.

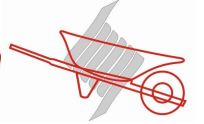
- ❖ Los gráficos estadísticos establecidos, permiten corroborar que a través de las mejoras, los clientes en promedio verán una reducción de al menos una imperfección en los atributos de ruedas macizas.

- ❖ Con el establecimiento de controles estadísticos, documentación completa del proceso y estructuración de las funciones, la empresa creó conciencia para generar un desarrollo sostenible hacia nuevos niveles de competitividad, introduce por primera vez herramientas encaminadas a la gestión de calidad, tiene sistemas de seguimiento en indicadores, para formular criterios y procurar continuamente dar mejoramiento a su línea.



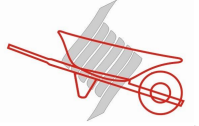
RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un programa continuo de capacitaciones, que brinde a los empleados la formación adecuada para perseverar en el reconocimiento de oportunidades de mejora, manejo de indicadores y sean capaces de dar sus propias evaluaciones a circunstancias establecidas.
- ✓ Extender los medios para un control integral de costos en todas las líneas de producción, así como el MRP y el mantenimiento de equipos. Se sugiere la adquisición de los módulos restantes del software Fénix SAS, que está pendientes por comprar, es necesario que estos programas permitan abordar tanto la producción como la comercialización en INDURRUEDAS LTDA.
- ✓ Establecer estrategias de importación de materia prima, y acceder a equipos de pruebas especializados, para no desestimar la alternativa de competitividad a nivel mundial ni la actividad importadora de la empresa.
- ✓ Realizar autorías internas en la línea de fabricación de rueda macizas vulcanizadas, con el fin de verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos, implementar los mismos formatos, políticas en inventarios y sistemas de planificación en las otras líneas de fabricación, para evitar excesos en formas, confusiones y afectaciones producidas por la rotación del personal entre todas las líneas de fabricación en la empresa.
- ✓ Desligar a la gerencia principal de la sistematización de los registros y análisis estadístico, redefiniendo el cargo de jefe de producción a un técnico para el control de procesos, o mediante la creación de una gerencia de producción.
- ✓ Debido la gran cantidad de actividades de corte, picado y reducción de dimensiones al caucho. Se recomienda realizar un “benchmarking” para adquirir equipos de corte automático, e investigar equipos para extracción de desechos inservibles como cargas en el caucho fibroso.
- ✓ A partir de la ampliación de la agencia principal estipulada para el 2012, se recomienda realizar estudios concernientes a la disminución de traslados de la materia prima mediante un diseño de planta, debido a las dimensiones, pesos de bloques y tanques de caucho grasoso, que deberían



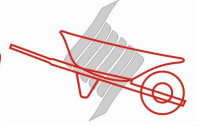
ser manipulados con asistencia mecánica y el menor tiempo posible desde el vehículo hacia la bodega de materia prima.

- ✓ Debido a la antigüedad de los equipos, características técnicas del consumo energético en los molinos y vulcanizadoras, se recomienda elaborar índices energéticos con motivo de controlar las cargas y costos de operación en los altos volúmenes productivos planeados.

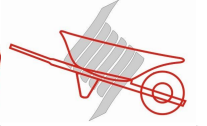


BIBLIOGRAFÍA

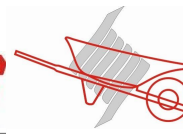
- ❖ CASO NEIRA, Alfredo. Técnicas de Medición del Trabajo. Segunda Edición. España: FC Editorial.
- ❖ CHASE, JACOBS, AQUILANO, Administración de la Producción y Operaciones para una nueva ventaja competitiva. Décima Edición. México; Mac Graw-Hill. 2005.
- ❖ CRIOLLO, Roberto García. Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos. México: Mac Graw-Hill. 1998.
- ❖ DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Sevilla España: Mac Graw-Hill. 1995.
- ❖ NIEBEL, Benjamín FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo, Décima Edición. México: Editorial Alfaomega. 2001
- ❖ ORTIZ, Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Publicaciones UIS, 1999.
- ❖ RAMOS DEL VALLE, Luis Francisco. Vulcanización y Formulación de hules. Editorial Limusa S.A, 2003.
- ❖ V. KRICK, EDWARD. Ingeniería de Métodos. México: Editorial Limusa S.A. 1999.
- ❖ VICENTE, L; GIRÓN, P; NIETO, C; PEREZ, T. Diseño de Experimentos, Soluciones SAS y SPSS: ESPAÑA, Madrid: Editorial PEARSON EDUCACIÓN S.A. 2005.



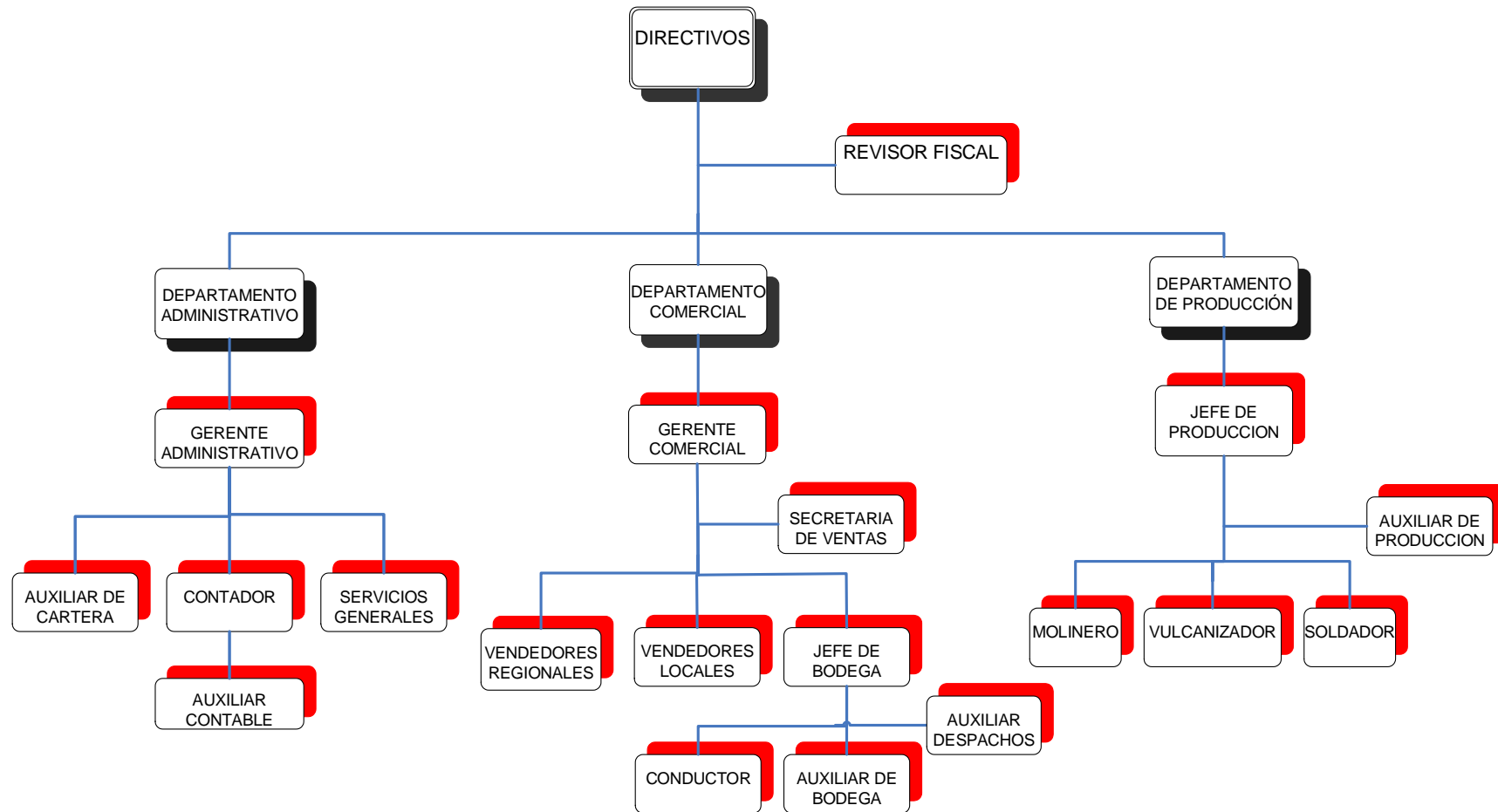
- ❖ Wilfrido Moreno T, Aplicación al diseño de Experimentos. Ediciones UIS. 1993.



ANEXOS



Anexo No1. Estructura Organizacional INDURRUEDAS LTDA



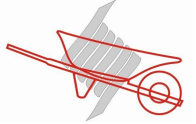
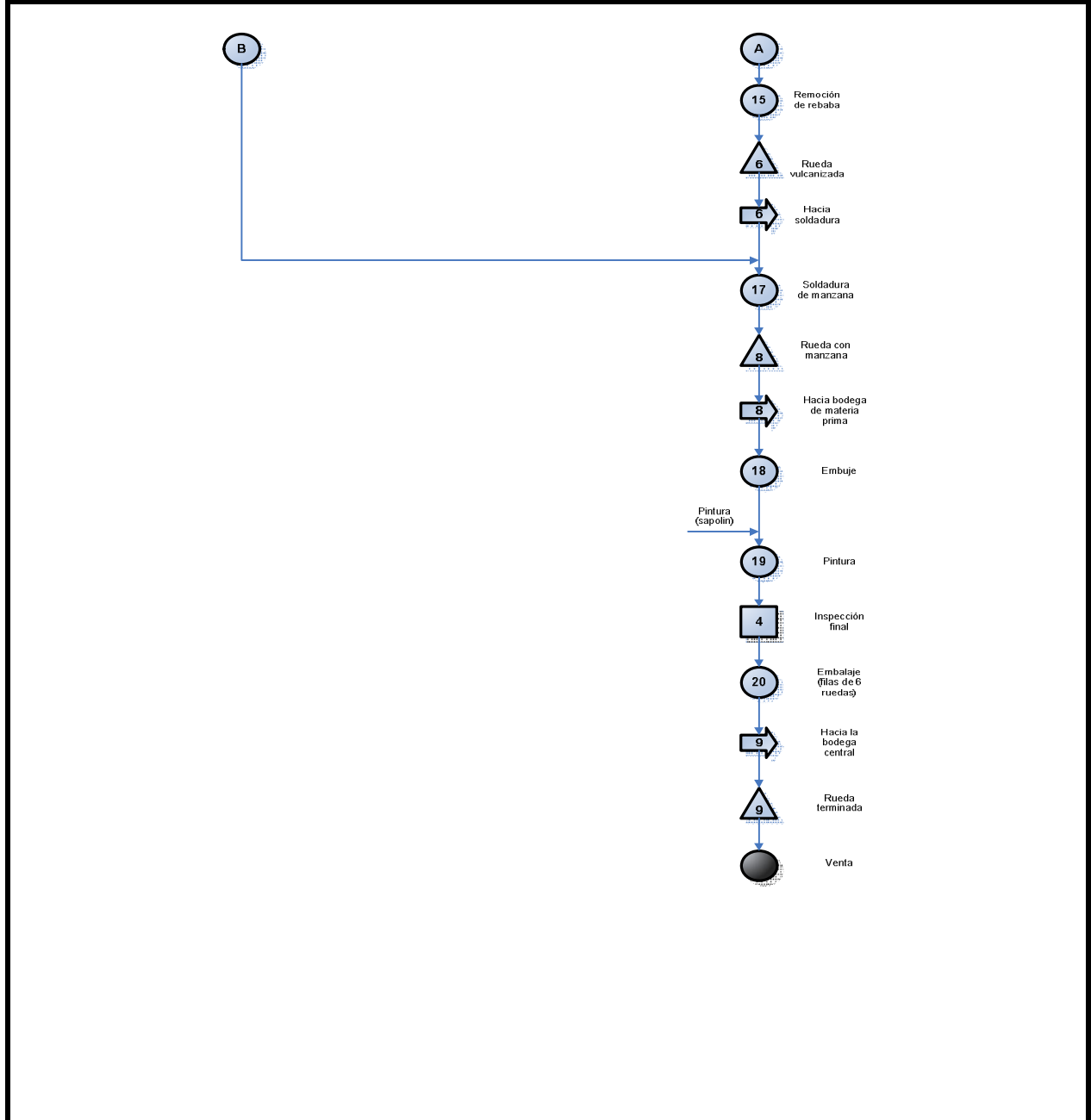
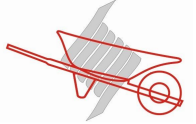

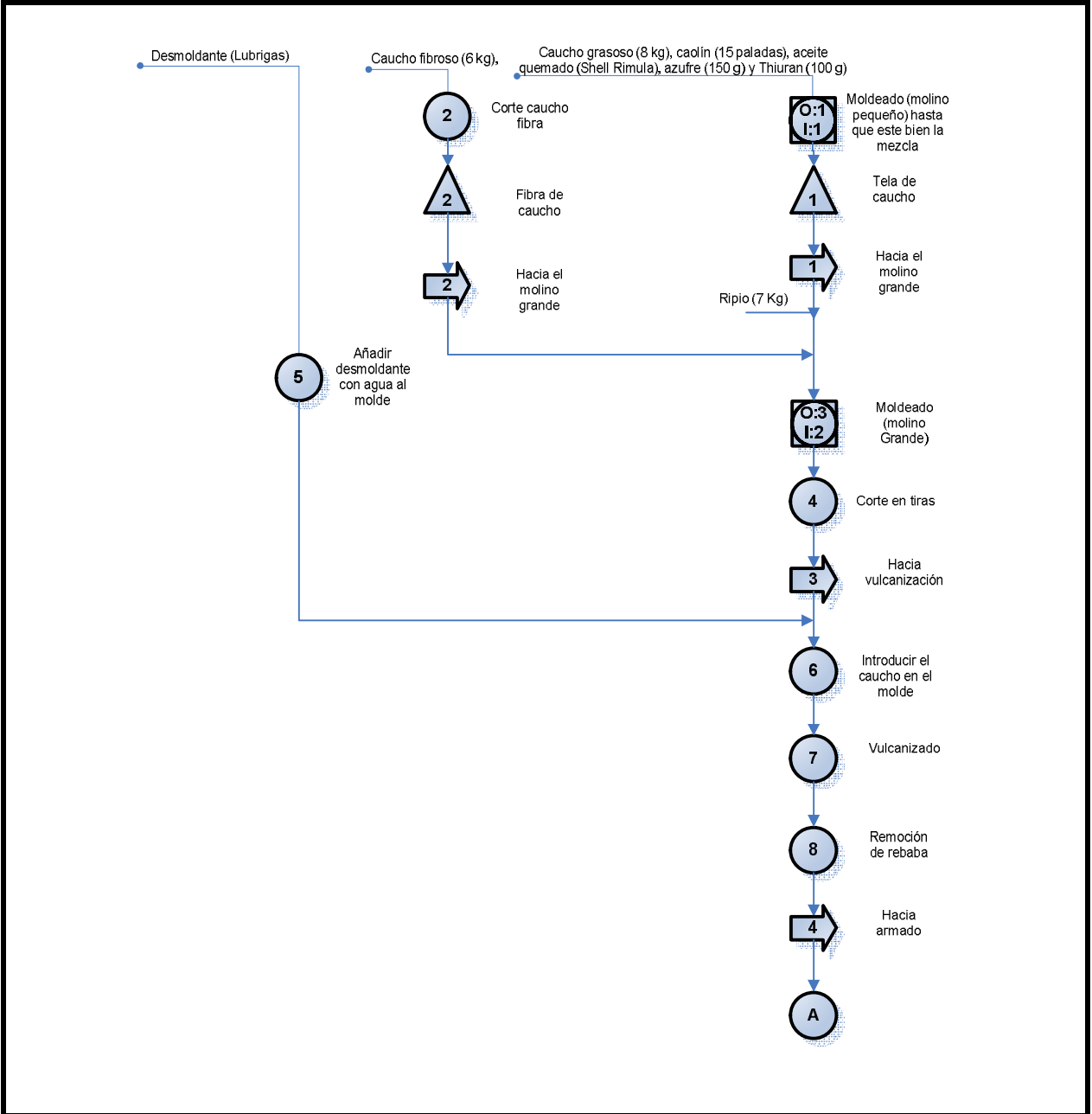


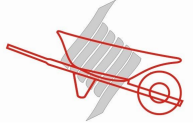
	Diagrama de operaciones. Ruedas macizas con radios metálicos			Código: PR-9.6-02
				Versión: 1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04		Página: 2 de 2




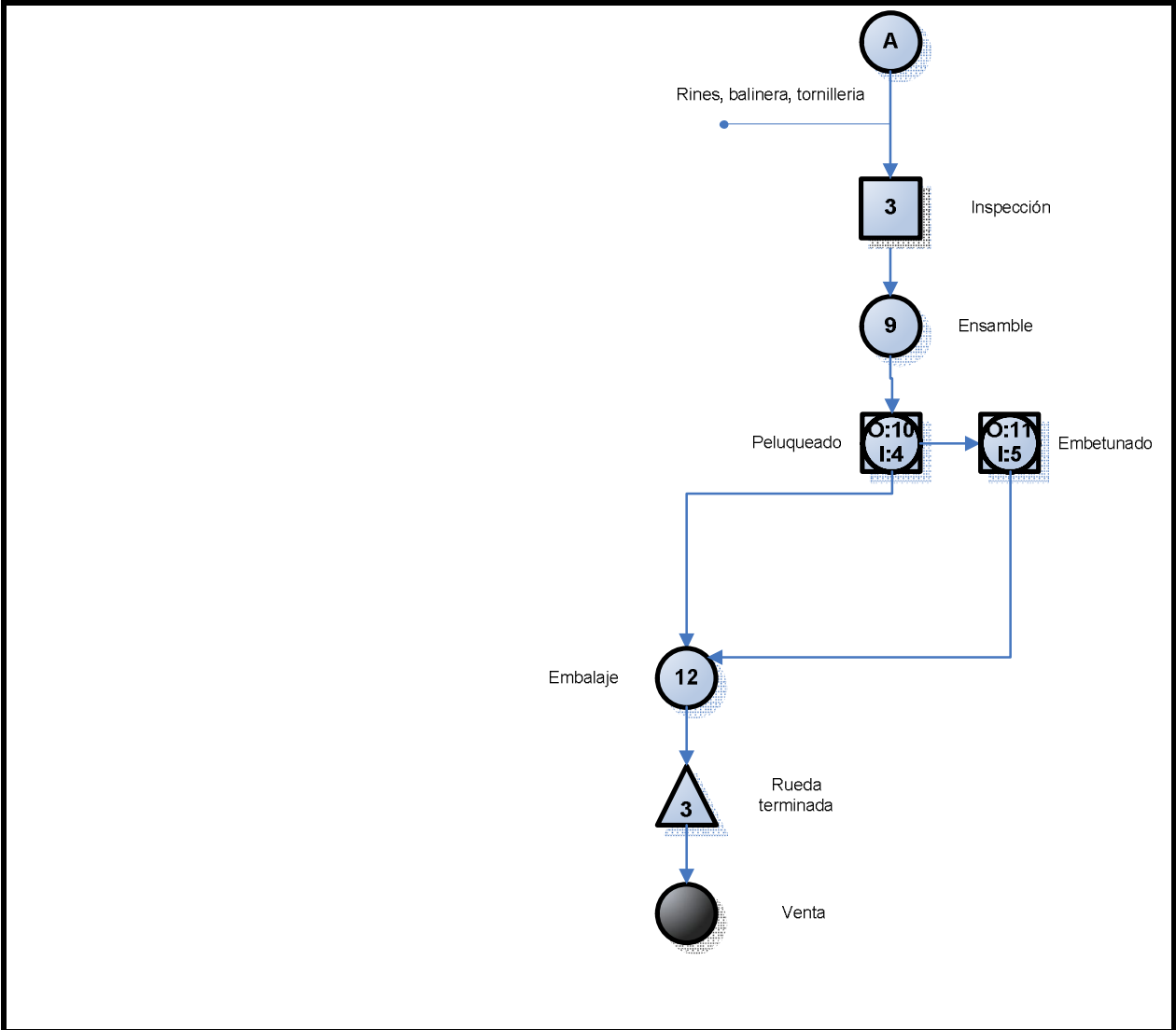


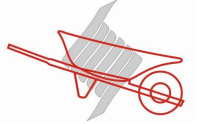
	Diagrama de operaciones.		Código:	PR-9.6-03
	Ruedas macizas con Rines		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 2 de 2	





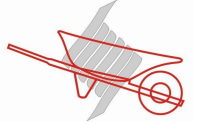
 INDURRUEDAS <small>FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES MAYORISTAS</small>	Diagrama de operaciones.		Código:	PR-9.6-03
	Ruedas macizas con Rines		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	Página: 2 de 2	
	Reg. GM-03	Reg. CMT-04		



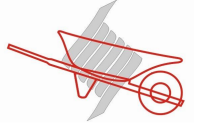


Anexo No 3: Lista de chequeo despilfarros

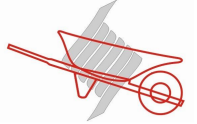
LISTA DE CHEQUEO DE DESPILFARROS					
INDURRUEDAS LTDA					
TIPO DE DESPILFARRO	DESCRIPCIÓN	EXISTE?	MAGNITUD 1=Bajo 2=Alto	CAUSAS	PLANES DE MEJORA
Relacionado con personas	Búsqueda de materiales, útiles o herramientas en el puesto de trabajo.				
	Empleados sin capacitación o experiencia trabajando en la empresa.				
	No se tienen en cuenta los aportes u observaciones de los empleados.				
	Desplazamientos o paradas continuas				
	Observaciones constantes de los empleados para verificar la calidad de su trabajo.				
Relacionado con máquinas, equipos y espacios	No se hace mantenimiento periódico para la maquinaria.				
	Hay máquinas en mal estado				
	hay máquinas muy viejas				
	Hay máquinas que no se usan desde hace algún tiempo pero que ocupan un espacio que se				



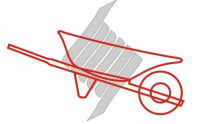
	podría utilizar para otras cosas.				
	Hay pérdidas de agua, gas o luz por grifos mal cerrados, fugas o luces prendidas que no son necesarias.				
	Faltan réplicas de algunos útiles o herramientas que impiden que varias personas trabajen simultáneamente.				
	No se utiliza la capacidad máxima de las máquinas.				
Relacionado con materiales e inventarios	Los pedidos de materiales son más grandes de lo que realmente se necesitaría.				
	Se acumulan productos sin terminar en partes específicas del proceso.				
	Se mantienen altos niveles de inventario de insumos y repuestos.				
	Durante el proceso se generan sobrantes y residuos de materia prima				
Relacionado con la dirección	No se cumple con los plazos fijados para el cumplimiento de metas				



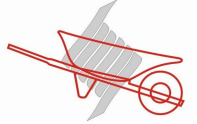
	Los administradores no están debidamente capacitados sobre ventas, mercadeo, calidad, etc.				
	En las reuniones no se generan decisiones				
Relacionado con los métodos	Los horarios y las condiciones laborales no son adecuados				
	Se pierde tiempo limpiando cosas cuando de antemano podría evitarse que se ensuciaran.				
	Existen productos sin terminar en espera				
	Hay algunas operaciones muy demoradas o lentas.				
	La comunicación interna no es eficiente.				
Relacionado con calidad	Se generan productos defectuosos				
	Se realiza verificación del producto al final del proceso.				
	Se reprocesan los productos en proceso				
	Hay quejas y reclamos de los clientes debido a la baja calidad de los productos.				



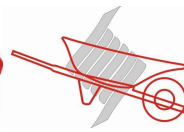
	Se desperdician excesivos materiales en la puesta a punto de las máquinas o haciendo pruebas o ajustes.				
	Los productos defectuosos se desechan.				
	Se realizan constantemente inspecciones.				
Relacionado con seguridad	Hay riesgos que atenten contra la salud de los operarios.				
	No existe botiquín de primeros auxilios para la atención de accidentes o enfermedades leves.				
	Los extinguidores no se encuentran en lugares visibles dentro de la empresa.				
	Nunca se ha hecho un reconocimiento de riesgos en la empresa para evitar accidentes laborales				
	No existen señales para indicar aquellas zonas con alto nivel de riesgo.				
	El personal no está dotado del equipo necesario para su protección.				



	El nivel de iluminación no es el más adecuado en los lugares del trabajo.				
Relacionado con sobreproducción	Se produce más de lo que realmente se puede vender,				
Relacionado con transporte	Desplazamientos continuos a otros lugares para traer materiales o útiles de uso habitual				
	Muchos desplazamientos del producto antes de llegar al cliente final				
	Se pierde tiempo esperando que lleguen materiales.				
	Tránsito de materiales entre bodega y planta de producción				
	Se realizan desplazamientos del producto terminado aparte de despacho al cliente o hacia embalaje				
Relacionado Con el proceso	hay operaciones que no son absolutamente necesarias				
	Se mezclan materiales que luego han de separarse o se realizan operaciones que después se realizarán nuevamente.				



	La forma como se ha diseñado el proceso no es la más adecuada.				
	La secuencia de actividades facilita la fabricación del producto.				
	Existen procesos que implican retrasos para el flujo en la producción.				
Tiempo vacío.	Los empleados deben permanecer inactivos en espera de materiales.				
	Paros frecuentes por reparación de maquinaria y equipos				
	Demoras por parte del operario al iniciar o finalizar el turno				
	Se presentan esperas para la carga o descarga de los productos.				
	Los empleados rinden informes escritos durante la realización de su trabajo.				
	Tiempo de alistamiento de máquinas donde el operario permanece inactivo				



Anexo No 4: Herramientas de participación y oportunidades de mejora



afilarse la sierra..... (S. Covey)

historia del leñador


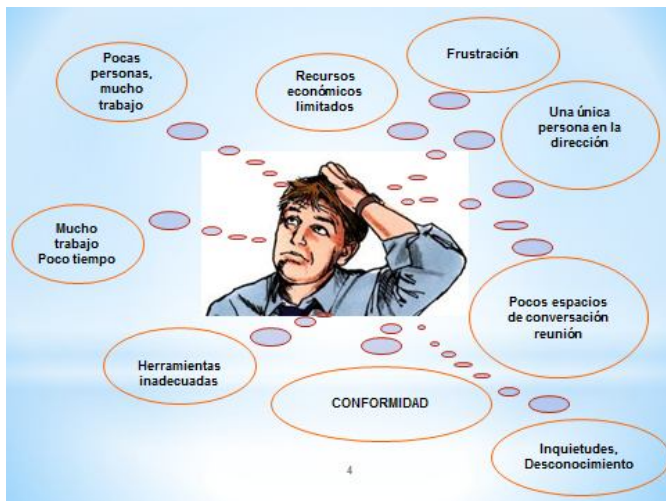
Hubo una vez un leñador que pasaba horas y horas, miles de horas, cortando los árboles de su pinar con una sierra que de tanto usarla apenas cortaba nada.

Un día, un vecino se le acercó y al observar el enorme esfuerzo que hacía el leñador le propuso que parase un momento a descansar y afilar la sierra.

El leñador indignado le preguntó si acaso no había visto toda la tarea que le quedaba aún por hacer.

¿cómo iba a parar!

Le contestó que no tenía « tiempo »

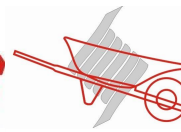
Participación



Compartir información, observaciones y quejas. Son fuente y oportunidad para mejoras en las condiciones laborales y mecanismos de operación establecidos.

- ✓ Anotaciones en registros. - Seguimiento a la observación-
- ✓ Comunicación activa. - Colaboración de equipo-
- ✓ Presentar alternativas.

«No sabrás todo lo que valgo, hasta que no pueda ser junto a ti todo lo que soy»



GRUPO DE TRABAJO:

Es aquél en el que sus componentes **interactúan** principalmente para **compartir información y tomar decisiones**, a fin de **ayudar a cada miembro a desarrollarse dentro de su área de responsabilidad**.
Son autónomos, es decir, no dependen del trabajo de sus compañeros.

EQUIPO DE TRABAJO:

Es un conjunto formado por un número pequeño de personas con **habilidades técnicas y personales complementarias**, que **interactúan (y se coordinan) para el logro de un propósito común** que requiere de un esfuerzo conjunto y sinérgico que facilitará la obtención de un resultado del que todos son responsables de forma colectiva.



Responden de forma colectiva, al logro.

Las compañías con gran desarrollo, han establecido los siguientes equipos de mejora:

1. CIRCULOS DE CALIDAD.
2. EQUIPOS DE MEJORA.
3. GRUPOS AUTONOMOS



OBJETIVO GENERAL:

Mejorar la calidad a través de la mentalización de la organización en el trabajo bien hecho y en la necesidad de mejorar continuamente los procesos y acciones.

Generar un mejor entorno laboral, propiciando espacios de participación y diálogo, en los cuales el trabajador participa en la toma de decisiones y propone soluciones.

Mejorar la comunicación horizontal y verticalmente en las organizaciones, es decir, tanto entre trabajadores como entre trabajadores y directiva y viceversa.

8

CIRCULOS DE CALIDAD

- ✓ Están integrados por personas del mismo departamento, pequeños grupos de empleados del mismo nivel jerárquico.
- ✓ Participan durante un largo período de tiempo y de forma periódica durante unas horas a la semana para mejorar los procesos de trabajo.
- ✓ Trabajan en un problema que los miembros del grupo eligen.
- ✓ Son entrenados para:
 - ✓ identificar, seleccionar y analizar problemas y posibilidades de mejora relacionadas con su trabajo,
 - ✓ recomendar soluciones,
 - ✓ presentarlas a la dirección, y
 - ✓ llevar a cabo su implantación.

EQUIPOS DE MEJORA

- ✓ Están formados por personas de **distintos departamentos**. Son equipos profesionales afectados por un mismo problema y buscan solventar un problema o situación.
- ✓ Se crean para **resolver un problema concreto de calidad**.
- ✓ Las personas integrantes del equipo participan **obligatoriamente** en el mismo.
- ✓ Los integrantes del equipo están **designados por la Dirección** y constituidos por miembros con conocimientos y habilidades concretas, que proceden de distintas áreas funcionales y/o niveles jerárquicos. Pueden intervenir personas ajenas a la organización. Ejemplo: cliente, proveedor.
- ✓ El equipo se **disuelve con la resolución del problema**.

10

LIDERAZGO

Proceso de motivar y ayudar a los demás a trabajar con entusiasmo para alcanzar objetivos determinados



11

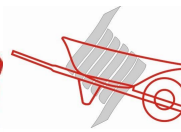
El comportamiento del líder constituido por:

- Realizar acciones apropiadas a la situación y al momento que se está viviendo.
- Tiene y utiliza eficientemente una serie de habilidades.
- Tiene ideas o se hace partícipe de ideas que son compartidas por muchos otros.

Características:

- Usar el poder que tiene, con responsabilidad y respeto por los miembros de la organización.
- Actuar como un servidor de la organización y no como el dueño de ella.
- Es capaz de planificar acciones futuras y transmitir esa visión a los demás.
- Mantener una dirección clara sobre el futuro de la organización.

12



DESPILFARRO

Gasto excesivo y superficial y que, por innecesario, debemos eliminar.



Así como en nuestros hogares prevenimos costos innecesarios en los servicios (no dejar encendidas las luces, cuidar el agua, etc.). En el servicio organizacional también una aplicación efectiva a los recursos.

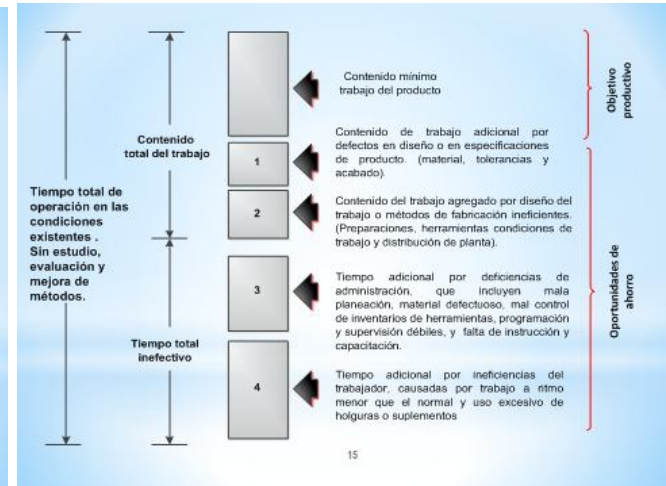
13

La aplicación eficiente de nuestras tareas, permite ahorros visibles en cada cargo (menos fatiga, mayores unidades producidas, cumplimientos anticipados) y con trascendencia en el manejo de los recursos en la empresa. **TODA APLICACIÓN SE CONVIERTE EN UNA OPORTUNIDAD DE AHORRO.**



OPCIONES.....

14



Taiichi Ohno, un experto japonés, identificó, hace ya varias décadas, siete tipos de despilfarro en los procesos productivos:

- ❖ **Por exceso de producción:** Realizar una producción no ajustada a las cantidades demandadas por los clientes.
- ❖ **De existencias:** Materiales obsoletos, excesos de existencias, almacenes intermedios.
- ❖ **De proceso:** Actividades innecesarias, maquinaria en mal estado.
- ❖ **Por tiempos de espera:** Personas pasivas o máquinas paradas.
- ❖ **De transporte:** Manipulación y traslado de materiales, papeles o informes de un lado a otro.
- ❖ **De movimiento:** Movimientos innecesarios o incómodos para las personas.
- ❖ **Por defectos del producto o servicio:** Reclamaciones, garantías, rechazos

16

Todos los despilfarros pueden ser relacionados con los recursos de la empresa de la siguiente forma:

MANO DE OBRA:

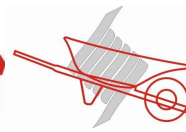
- **Perdida de tiempo** (Esperas injustificadas, falta de herramientas, Desconocimiento de los procesos, Escaso tiempo laboral, Falta de compromiso).
- **Conocimiento** (Incapacidad creativa, Capacitación deficiente, Desconocimiento de la labor)

17

❖ La capacidad laboral decae con el mal alistamiento del operario en el puesto de trabajo

❖ No brindar medios de comunicación efectiva, desperdicia los aportes, propios de la especialización de la labor.

18



MAQUINAS:

- **Perdidas de tiempo** (Consumo energético no productivo, Alistamientos demorados, Mantenimientos inadecuados, Subutilización).
- **Durabilidad** (Mantenimientos inadecuados, Recambios incorrectos, Desconocimiento operativo, Aislación apropiada de agentes externos)
- **Inversión** (Versiones ineficientes, Relación costo-beneficio, subutilización, Instalaciones inadecuadas, Deterioro)

19



Maquinaria en desuso

20

MATERIALES:

- **Perdidas de tiempo** (Alistamientos demorados, Traslados excesivos, Herramientas de manipulación obsoletas, Almacenamientos excesivos, Escasa rotación).
- **Compra** (Especificaciones inadecuadas, Extenuante proceso de compra, Desconocimiento operativo)
- **Defectos** (Impurezas excesivas, Degradación, Subutilización, Instalaciones inadecuadas, Deterioro)

21

ADMINISTRACIÓN:

- **Perdidas de tiempo** (Reuniones sin determinaciones y resultados, Tramites inútiles, Sistemas lentos y/o obsoletos y Cargos improductivos).
- **Gestión** (Motivación y seguimiento de tareas, inspecciones inadecuadas, configuración de procesos excesiva e inoperante, Logros metas y compensaciones, Capacitaciones y recursos externos)



22

MÉTODOS:

- **Perdidas de tiempo** (Horarios, Actividades lentas y/o obsoletas, Coordinación de recursos desordenada, Transportes excesivos, Inspecciones).
- **Capacitación** (Desconocimiento de la actividad, Exceso de actividades, Permanencia de registros).

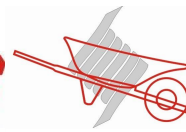


23

CALIDAD:

- **Perdidas de tiempo:** (Reprocesamientos, ajustes de equipos, selección de productos, devoluciones, Cambio de documentos).
- **Composiciones:** Fallas, desperdicios, productos con tiempo de uso reducido, Malos acabados.
- **Prevención:** Carencia creativa y de recursos para estipular controles para mejoras en atributos y físicas.

24



*** SEGURIDAD:**

- Zonas Importantes para señalización.
- Capacitación y entrenamiento en maquinaria peligrosa.
- Movimientos.
- Prevención.



- Comités de emergencias.

25

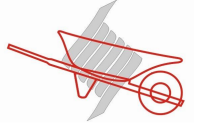
Protecciones Individuales
YA QUE LAS TIENES



¡PÓNTELAS!

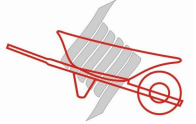
25





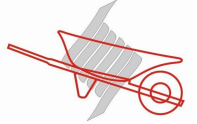
No 5. Formato de campo premuestra

FORMATO ESTUDIO DE CAMPO DE TIEMPOS PREMUESTRALES																																																																																													
Operario:					Condiciones:																																																																																								
Procesos o secuencia a cronometrar:					Iluminación: _____																																																																																								
Tipo:					Ruido: _____																																																																																								
Equipos y herramientas :					Temperatura: _-____																																																																																								
Producto:					Ventilación: _____																																																																																								
Piezas:					Analista:																																																																																								
					Jorge Orlando Rodriguez																																																																																								
					Estudio # _____																																																																																								
					Hoja ___ de ___																																																																																								
					Fecha: / /																																																																																								
					Hora inicial:																																																																																								
					Hora final:																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Elementos</th> <th colspan="9">Descripción ciclo:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elementos	Descripción ciclo:									1										2										3																																																					
Elementos	Descripción ciclo:																																																																																												
1																																																																																													
2																																																																																													
3																																																																																													
Producto																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Elemento</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> </tr> <tr> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="2">1</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">2</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">3</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	1	Ti										Tf										2	Ti										Tf										3	Ti										Tf									
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:																																																																																				
	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti																																																																																			
1	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
2	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
3	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
Producto																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Elemento</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> </tr> <tr> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="2">1</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">2</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">3</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	1	Ti										Tf										2	Ti										Tf										3	Ti										Tf									
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:																																																																																				
	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti																																																																																			
1	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
2	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
3	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
Producto																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Elemento</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> <th colspan="2">Ciclo:</th> </tr> <tr> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> <th>To</th> <th>Ti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="2">1</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">2</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">3</td><td>Ti</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tf</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	1	Ti										Tf										2	Ti										Tf										3	Ti										Tf									
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:																																																																																				
	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti	To	Ti																																																																																			
1	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
2	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												
3	Ti																																																																																												
	Tf																																																																																												



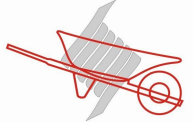
Anexo No 6. Formato premuéstral

INDURRUEDAS LTDA							
Formato Toma de tiempos premuestra							
Diagrama vinculo	Puesto			Analista: <u>Jorge Orlando Rodriguez</u> Estudio # ____ Hoja ____ de ____		Condiciones: Iluminación: _____ Ruido: _____ Temperatura: ____-____ Ventilación: _____ Fecha: / / Hora inicial: Hora final:	
	Operario: Procesos o secuencia a cronometrar: Tipo: Equipos y herramientas : Producto:						Piezas:
Elemento							
Ciclo							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Totales							
n premuestral							
Media premuestral							
Parametro K							
T. student							
N muestral							



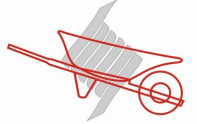
Anexo No 7. Formato de campoMuestral

FORMATO ESTUDIO DE CAMPO DE TIEMPOS MUESTRALES															
Operario: Procesos o secuencia a cronometrar: Tipo: Piezas: Equipos y herramientas : Producto:						Analista: <u>Jorge Orlando</u> <u>Rodriguez</u> Estudio # ____ Hoja ___ de ___			Condiciones:						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Elemenos</th> <th style="width: 90%;">Descripción ciclo:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td></tr> </tbody> </table>									Elemenos	Descripción ciclo:	1		2		3
Elemenos	Descripción ciclo:														
1															
2															
3															
									Fecha: / / Hora inicial: Hora final:						
Producto															
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:						
	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val					
1	Ti														
	Tf														
2	Ti														
	Tf														
3	Ti														
	Tf														
Producto															
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:						
	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val					
1	Ti														
	Tf														
2	Ti														
	Tf														
3	Ti														
	Tf														
Producto															
Elemento	Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:		Ciclo:						
	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val	To	Val					
1	Ti														
	Tf														
2	Ti														
	Tf														
3	Ti														
	Tf														



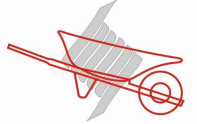
Anexo No 8. Formato muestral

INDURRUEDAS LTDA																	
Formato Toma de tiempos Muestra																	
Diagrama vinculo							Analista: <u>Jorge Orlando Rodriguez</u> Estudio # ____ Hoja ____ de ____						Condiciones: Iluminación: _____ Ruido: _____ Temperatura: ____-____ Ventilación: _____				
							Fecha: / / Hora inicial: Hora final:										
Operario: Procesos o secuencia a cronometrar: Tipo: Piezas: Equipos y herramientas : Producto:																	
Elemento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ciclo	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn	Tn	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
Resumen																	
Tn promedio																	
Desv																	



Anexo No 9. Valoración de tiempos corte platina

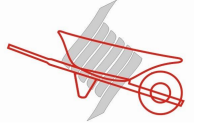
Operario: <i>Ambrosio Grimaldos</i>									
Procesos o secuencia a cronometrar: <i>tiras platinas - corte - radios - soldadura</i>									
							Tipo: C		
Piezas: platina 1x½									
Equipos y herramientas : <i>cizalla manual - testigo metalico</i>									
Producto: <i>rueda 1 ½ - 2½</i>									
Elemento Ciclo	1 - jala la platina hacia la cizalla; f-pedazo cae a la tolva de almacenamiento			2 - lida del ultimo pedazo útil de platina; f- sujeta la platina al testigo			Transporte platinas hacia celda		
	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn
1	00:00:03	80	00:00:04	00:00:17	110	00:00:19	00:38:00	150	00:57:00
2	00:00:02	100	00:00:02	00:00:26	90	00:00:23	00:48:56	100	00:48:56
3	00:00:03	100	00:00:03	00:00:53	60	00:00:32	00:51:00	100	00:51:00
4	00:00:02	75	00:00:03	00:00:42	75	00:00:32	00:46:32	100	00:46:32
5	00:00:03	100	00:00:03	00:00:11	170	00:00:19	00:55:02	100	00:55:02
6	00:00:02	100	00:00:02	00:00:22	100	00:00:22	00:38:11	150	00:57:16
7	00:00:02	100	00:00:02	00:00:40	70	00:00:28			
8	00:00:02	60	00:00:03	00:00:24	100	00:00:24			
9	00:00:02	60	00:00:03	00:00:40	80	00:00:32			
10	00:00:02	100	00:00:02	00:00:27	100	00:00:27			
11				00:00:22	100	00:00:22			
12				00:00:20	110	00:00:22			
13				00:00:33	85	00:00:28			
14									
Resumen									
Tn promedio	00:00:03			00:00:25			00:52:38		
Desv	00:00:01			00:00:05					



Anexo No 10. Valoración tiempos picado de caucho fibra

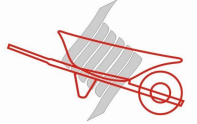
Operario: Zinner Camargo Procesos o secuencia a cronometrar: Caucho fibroso - Corte caucho fibra - Fibra caucho Tipo: B Piezas: Cuacho fibra Equipos y herramientas : Serrucho - Prensa manual - Cuchillo 12" Producto: Todos los productos												
Elemento Ciclo	1 Jeta el bloque a la meza, termina al arrojar el pedazo cortado al puesto de			2 bducir cuchillo en el extremo superior , su fin es al culminar el corte.			3 cargar el peso del cuchillo sobre la tira, arrojar en él área de almacenamiento.			4 acia la balanza de pesaje, puesta en el área de almacenaje		
	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn	To	Val	Tn
1	00:01:35	100	00:01:35	00:01:42	100	00:01:42	00:00:07	50	00:00:03	00:00:58	100	00:00:58
2	00:02:28	120	00:02:58	00:02:13	50	00:01:06	00:00:08	90	00:00:07	00:00:52	120	00:01:02
3	00:01:59	85	00:01:41	00:01:46	120	00:02:07	00:00:03	60	00:00:02	00:00:47	180	00:01:25
4	00:01:55	120	00:02:18	00:01:50	180	00:03:18	00:00:03	130	00:00:04	00:01:05	100	00:01:05
5	00:02:27	100	00:02:27	00:02:17	90	00:02:03	00:00:05	120	00:00:06	00:00:51	150	00:01:16
6	00:01:36	80	00:01:17	00:02:15	40	00:00:54	00:00:06	100	00:00:06	00:00:53	90	00:00:48
7	00:02:43	80	00:02:10	00:02:03	80	00:01:39	00:00:07	100	00:00:07	00:01:00	110	00:01:06
8	00:02:00	100	00:02:00	00:01:59	100	00:01:59	00:00:05	90	00:00:05	00:00:59	100	00:00:59
9	00:02:26	100	00:02:26	00:02:29	90	00:02:14	00:00:05	100	00:00:05	00:01:12	90	00:01:05
10	00:02:45	100	00:02:45	00:02:28	90	00:02:13	00:00:03	100	00:00:03	00:01:01	80	00:00:49
11	00:02:15	100	00:02:15	00:02:31	80	00:02:01	00:00:04	120	00:00:05	00:01:24	100	00:01:24
12	00:01:59	100	00:01:59	00:02:16	120	00:02:43	00:00:06	100	00:00:06	00:00:52	120	00:01:02
13	00:02:08	100	00:02:08	00:01:39	150	00:02:29	00:00:04	100	00:00:04	00:01:28	100	00:01:28
14				00:02:49	50	00:01:24	00:00:05	100	00:00:05	00:00:59	100	00:00:59
15				00:02:17	100	00:02:17	00:00:04	80	00:00:03	00:01:01	130	00:01:19
16				00:02:24	70	00:01:41	00:00:06	100	00:00:06	00:01:22	100	00:01:22
17				00:02:15	100	00:02:15	00:00:06	90	00:00:05			
18				00:01:50	180	00:03:18	00:00:04	90	00:00:04			
19				00:02:45	60	00:01:39	00:00:04	100	00:00:04			
20				00:02:18	100	00:02:18	00:00:07	100	00:00:07			
Resumen												
Tn promedio	00:02:09			00:02:04			00:00:05			00:01:08		
Desv	00:00:28			00:00:37			00:00:01			00:00:13		

Fuente: autor



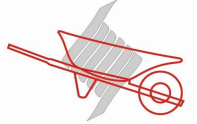
Anexo No 11. Suplementos a contemplar

SUPLEMENTOS DE LA OIT EN % DE TIEMPO NORMAL					
Suplementos Constantes	H	M	Suplementos Variables	H	M
Por necesidades personales	5	7	Mala iluminación		
Por fatiga	4	4	Ligeramente por debajo	0.0	0.0
Suplementos Variables			Bastante por Debajo	2.0	2.0
Por trabajar de pie	2	4	Absolutamente insuficiente	5.0	5.0
Por postura anormal			Concentración Intensa		
Ligeramente incomodo	0	1	Trabajo de cierta presión	0.0	0.0
Inclinado	2	3	Fatigoso	2.0	2.0
Echado Estirado	7	7	Muy Fatigoso	5.0	5.0
Uso de Energia o Fuerza Muscular Kg			Ruidos		
2.50	0	1	Continuo	0.0	0.0
5.00	1	2	Intermitente y fuerte	2.0	2.0
7.50	2	3	Intermitente y muy fuerte	2.0	2.0
10.00	3	5	Estridente y Fuerte	5.0	5.0
12.50	4	6	Suplementos Variables		
15.00	5	8	Tensión mental		
17.50	7	10	Proceso Bastante complejo	1.0	1.0
20.00	9	13	Proceso Complejo	4.0	4.0
22.50	11	16	Muy Complejo	8.0	8.0
25.00	13	20	Monotonía		
30.00	17		Algo Monótono	0.0	0.0
35.50	22		Bastante Monótono	1.0	1.0
Condiciones Atmosfericas Mili calorías/cm²/s			Muy Monótono	4.0	4.0
16.00	0	0	Tedio		
14.00	0	0	Algo Aburrido	0.0	0.0
12.00	0	0	Aburrido	2.0	1.0
10.00	0	0	Muy Aburrido	5.0	2.0
8.00	1	1			
6.00	2	2			
5.00	3	3			
4.00	5	5			
3.00	6	6			
2.00	10	10			



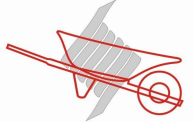
Anexo No 12. Tiempos Ruedas con radios metálicos

		Estudio de Tiempos. Elaboración de Ruedas Macizas con radios metálicos			Código: DP.11-00
					Versión: 0
		Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Página: 1 de 4
ITEM OPERACIÓN	Tiempos (min)				
	Tiempo operación	RMIN 1½"	RMIN 2½"	RMIN 3"	
CORTE DE LAMINA	12.95	0.38	0.38	0.94	
» Transporte	52.63				
CILINDRADO TIRA METALICA	0.19	0.19	0.19	0.24	
SOLDADURA POR PUNTOS DE LOS AROS	0.34	0.34	0.34	0.47	
CORTE DE PLATINA	0.78	3.22	3.22	3.28	
» Transporte	52.63				
PUNTEADO	1.25	1.25	1.25	1.25	
RESOLDADO	3.12	2.59	2.34	2.17	
» HACIA VULCANIZACIÓN	18.46	0.18	0.18	0.18	
AÑADIR VULCANIZANTE AL ARO	0.15	0.15	0.15	0.19	
AÑADIR DESMOLDANTE	2.48	0.09	0.09	0.09	
CORTE DE CAUCHO FIBRA	35.05	0.91	1.06	1.27	
» Transporte	63.95				
MOLDEADO MOLINO PEQUEÑO	10.43	1.19	1.39	1.67	
» Transporte	57.64				
MOLDEADO	30.77	3.85	4.40	5.13	
CORTE EN TIRAS	2.03	1.03	1.41	1.19	
INTRODUCIR CAUCHO Y ARO EN EL MOLDE	0.25	0.25	0.25	0.33	
VULCANIZADO	24.97	16.87	16.94	17.44	
REMOCIÓN DE REBABA	0.62	0.62	0.54	0.54	
» Transporte	3.82				
CORTE DE MANZANA	9.86	0.23	0.32	0.45	
» Transporte	52.63				
SOLDADURA DE MANZANA	2.35	2.35	2.35	3.25	
» Transporte	25.00				
EMBUJE	0.35	0.35	0.37	0.38	
PINTURA	0.22	0.22	0.22	0.22	
EMBALAJE	0.65	0.10	0.11	0.12	
» Transporte	10.60				
TOTAL		36.367	37.483	40.811	



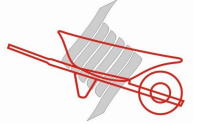
Anexo No 13. Tiempos Ruedas con Rines metálicos y plásticos

	Estudio de Tiempos. Elaboración de Ruedas Macizas con Rin						Código: DP.12-00	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:				Versión: 0	
		Tiempos (min)						Página: 1 de 4
ITEM OPERACIÓN	Tiempo operación	6"	8" Lamina	8" Aluminio	8" especial	Rodelia	9" especial	
CORTE DE CAUCHO FIBRA	35,05	0,40	0,64	0,64	0,79	0,79	0,79	
» Transporte	63,95							
MOLDEADO MOLINO PEQUEÑO	10,43	0,35	0,52	0,52	0,52	0,60	0,60	
» Transporte	57,64							
MOLDEADO	30,77	1,28	1,92	1,92	1,92	2,20	2,20	
CORTE EN TIRAS	2,03	0,63	0,76	0,76	1,08	1,24	1,41	
INTRODUCIR CAUCHO EN EL MOLDE	0,25	0,15	0,15	0,15	0,19	0,26	0,22	
VULCANIZADO	24,97	16,47	16,85	16,85	16,85	17,75	17,75	
REMOCIÓN DE REBABA	0,62	0,54	0,80	0,80	0,80	0,60	1,11	
» Transporte	3,82							
AÑADIR DESMOLDANTE	2,48	0,13	0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	
ENSAMBLE	2,30	1,81	1,81	3,26	3,25	6,90	3,50	
EMBTUNADO	1,12	0,62	0,55	0,55	2,12	1,50	1,50	
PELUQUEADO	0,55	0,42	0,50	0,50	0,60	2,46	0,60	
EMBALAJE	0,65	0,05	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
» Transporte	10,60							
TOTAL		22,852	25,192	26,642	28,845	35,010	30,380	



Anexo No 14. Datos experimentales caucho grasoso.

TRATAMIENTO		T operación	elemento1	elemento2	elemento3	elemento4
Operación tradicional	1	00:12:31	00:01:04	00:02:13	00:05:31	00:03:43
		00:13:42	00:01:11	00:03:15	00:05:08	00:04:08
		00:14:07	00:01:14	00:03:37	00:05:46	00:03:29
		00:16:08	00:01:14	00:03:42	00:05:22	00:05:50
		00:15:42	00:00:52	00:03:44	00:05:31	00:05:35
		00:16:08	00:01:28	00:03:32	00:05:37	00:05:31
		00:13:26	00:01:15	00:03:18	00:05:41	00:03:12
		00:13:24	00:01:14	00:02:59	00:05:21	00:03:50
		00:13:16	00:01:09	00:01:36	00:05:36	00:04:55
		00:13:59	00:01:14	00:01:34	00:05:25	00:05:46
		00:12:45	00:01:12	00:01:26	00:05:06	00:05:01
		00:11:23	00:01:07	00:01:57	00:05:09	00:03:10
00:14:29	00:00:54	00:02:32	00:05:38	00:05:25		
Optimo	2	00:09:45	00:00:32	00:03:13	00:03:45	00:02:15
		00:11:02	00:00:40	00:03:10	00:04:33	00:02:39
		00:10:34	00:00:43	00:02:59	00:04:07	00:02:45
		00:10:31	00:00:32	00:02:22	00:04:54	00:02:43
		00:10:58	00:00:50	00:02:44	00:04:50	00:02:34
		00:10:50	00:00:37	00:02:32	00:05:01	00:02:40
		00:12:08	00:00:39	00:03:18	00:05:20	00:02:51
		00:11:22	00:00:25	00:02:59	00:04:58	00:03:00
		00:10:06	00:00:40	00:02:36	00:03:50	00:03:00
		00:10:09	00:00:43	00:02:34	00:04:18	00:02:34
		00:09:03	00:00:41	00:01:56	00:03:56	00:02:30
		00:10:20	00:00:45	00:01:57	00:04:49	00:02:49
00:10:12	00:00:40	00:02:22	00:04:40	00:02:30		
Operario (2)	3	00:10:20	00:01:16	00:03:13	00:03:51	00:02:00
		00:10:41	00:01:23	00:03:10	00:03:53	00:02:15
		00:11:53	00:01:34	00:02:59	00:05:00	00:02:20
		00:11:26	00:01:41	00:02:22	00:05:04	00:02:19
		00:11:18	00:01:14	00:02:44	00:04:50	00:02:30
		00:11:07	00:01:58	00:02:32	00:04:15	00:02:22
		00:12:00	00:01:52	00:03:18	00:04:20	00:02:30
		00:11:43	00:01:42	00:02:59	00:04:28	00:02:34
		00:11:19	00:01:29	00:02:36	00:04:50	00:02:24
		00:12:05	00:01:41	00:02:34	00:05:18	00:02:32
		00:09:30	00:01:23	00:01:56	00:03:56	00:02:15
		00:10:57	00:01:57	00:01:57	00:04:39	00:02:24
00:09:57	00:01:45	00:02:22	00:03:30	00:02:20		



Anexo No 15. Verificación de normalidad para caucho grasoso

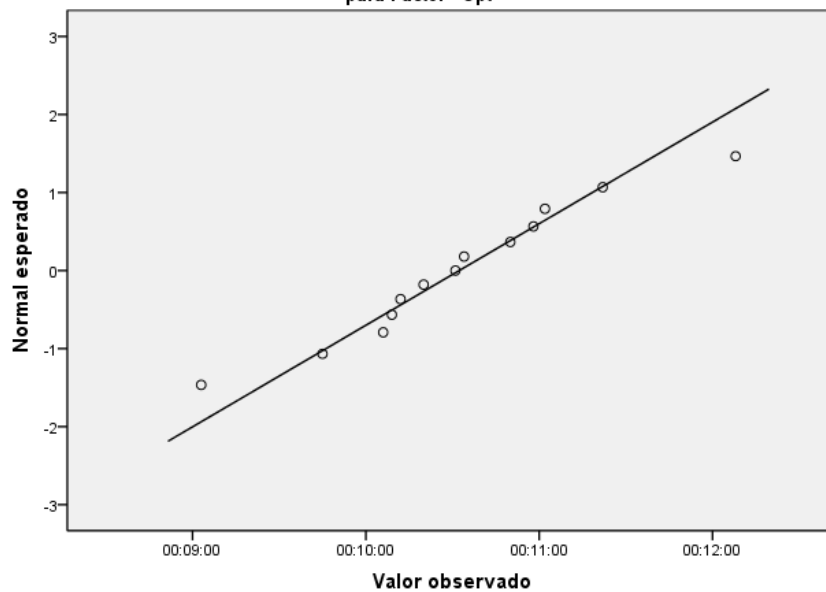
Pruebas de normalidad

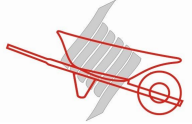
Factor	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo OP2	,139	13	,200*	,941	13	,466
Opt	,130	13	,200*	,981	13	,986
Trad	,138	13	,200*	,947	13	,552

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Gráfico Q-Q normal de Tiempo
para Factor= Opt



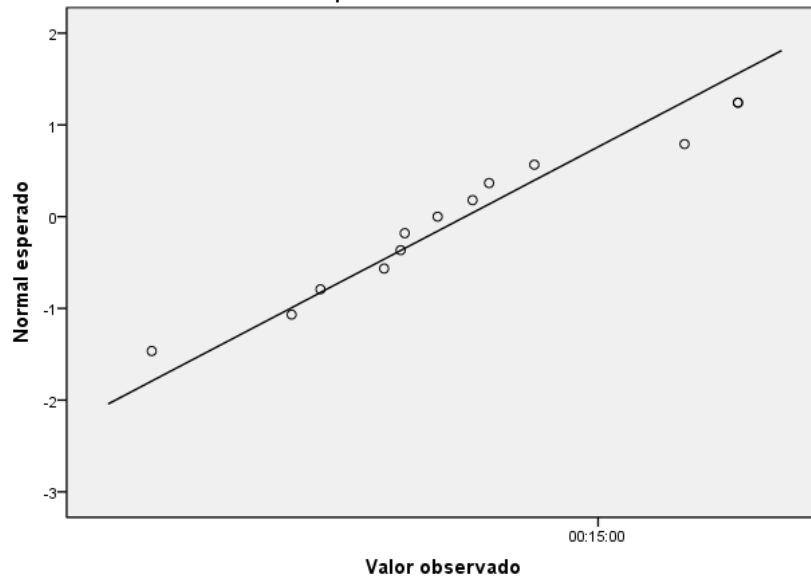


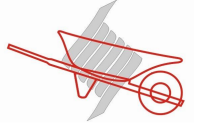
Anexo No 16. Datos experimentales moldeado

		T 1	T 2	T1	T	T1	T 1	T2	T2
		ANCHO 1	ANCHO 2	ANCHO 2	ANCHO 2	ANCHO 1	ANCHO 2	ANCHO 2	ANCHO 1
		TIEMPO 1	TIEMPO 1	TIEMPO 1	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 2	TIEMPO 2	TIEMPO 2
Operación tradicional operario (3)	Trad	71.4%	42.9%	85.7%	85.7%	42.9%	42.9%	28.6%	0.0%
		42.9%	71.4%	71.4%	71.4%	71.4%	25.0%	50.0%	0.0%
		57.1%	57.1%	71.4%	66.7%	50.0%	50.0%	0.0%	16.7%
		42.9%	28.6%	85.7%	64.3%	66.7%	57.1%	16.7%	12.5%
		42.9%	42.9%	100.0%	50.0%	50.0%	50.0%	16.7%	11.1%
		42.9%	28.6%	83.3%	41.7%	50.0%	42.9%	28.6%	0.0%
		71.4%	100.0%	71.4%	57.1%	16.7%	50.0%	20.0%	33.3%
		100.0%	42.9%	100.0%	57.1%	41.7%	75.0%	8.3%	0.0%
		71.4%	100.0%	16.7%	50.0%	33.3%	55.6%	33.3%	16.7%
		100.0%	28.6%	85.7%	56.3%	71.4%	42.9%	14.3%	0.0%
		42.9%	42.9%	50.0%	75.0%	50.0%	33.3%	33.3%	25.0%
		100.0%	57.1%	50.0%	88.9%	50.0%	50.0%	16.7%	33.3%
		42.9%	28.6%	85.7%	42.9%	28.6%	50.0%	29.0%	14.3%
Optimo	Opt	16.7%	40.0%	60.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%
		50.0%	33.3%	50.0%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	0.0%
		33.3%	28.6%	42.9%	28.6%	28.6%	50.0%	37.5%	0.0%
		33.3%	16.7%	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	33.3%
		50.0%	85.7%	14.3%	0.0%	33.3%	85.7%	42.9%	14.3%
		0.0%	50.0%	50.0%	16.7%	57.1%	100.0%	50.0%	16.7%
		0.0%	66.7%	66.7%	0.0%	66.7%	83.3%	37.5%	33.3%
		0.0%	33.3%	50.0%	0.0%	66.7%	83.3%	33.3%	33.3%
		28.6%	83.3%	60.0%	33.3%	66.7%	100.0%	50.0%	20.0%
		0.0%	100.0%	12.5%	80.0%	33.3%	80.0%	20.0%	8.3%
		56.3%	50.0%	8.3%	8.3%	40.0%	58.3%	8.3%	8.3%
		28.6%	33.3%	4.2%	33.3%	87.5%	75.0%	12.5%	0.0%
		0.0%	20.0%	40.0%	40.0%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%
Nueva Formula	Nueva	50.0%	33.3%	83.3%	50.0%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%
		50.0%	33.3%	83.3%	50.0%	50.0%	33.3%	0.0%	0.0%
		8.3%	0.0%	50.0%	50.0%	8.3%	37.5%	8.3%	25.0%
		7.1%	21.4%	64.3%	33.3%	28.6%	100.0%	7.1%	28.6%
		50.0%	16.7%	33.3%	33.3%	100.0%	50.0%	0.0%	0.0%
		83.3%	50.0%	33.3%	20.8%	66.7%	8.3%	33.3%	0.0%
		50.0%	33.3%	58.3%	50.0%	83.3%	16.7%	16.7%	50.0%
		50.0%	50.0%	83.3%	83.3%	50.0%	16.7%	8.3%	16.7%
		83.3%	66.7%	66.7%	28.6%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%
		35.7%	21.4%	50.0%	28.6%	28.6%	28.6%	0.0%	0.0%
		57.1%	14.3%	71.4%	14.3%	71.4%	0.0%	0.0%	14.3%
		16.7%	71.4%	100.0%	66.7%	16.7%	0.0%	14.3%	0.0%
		66.7%	44.4%	100.0%	44.4%	55.6%	11.1%	0.0%	0.0%

Gráfico Q-Q normal de Tiempo

para Factor= Trad





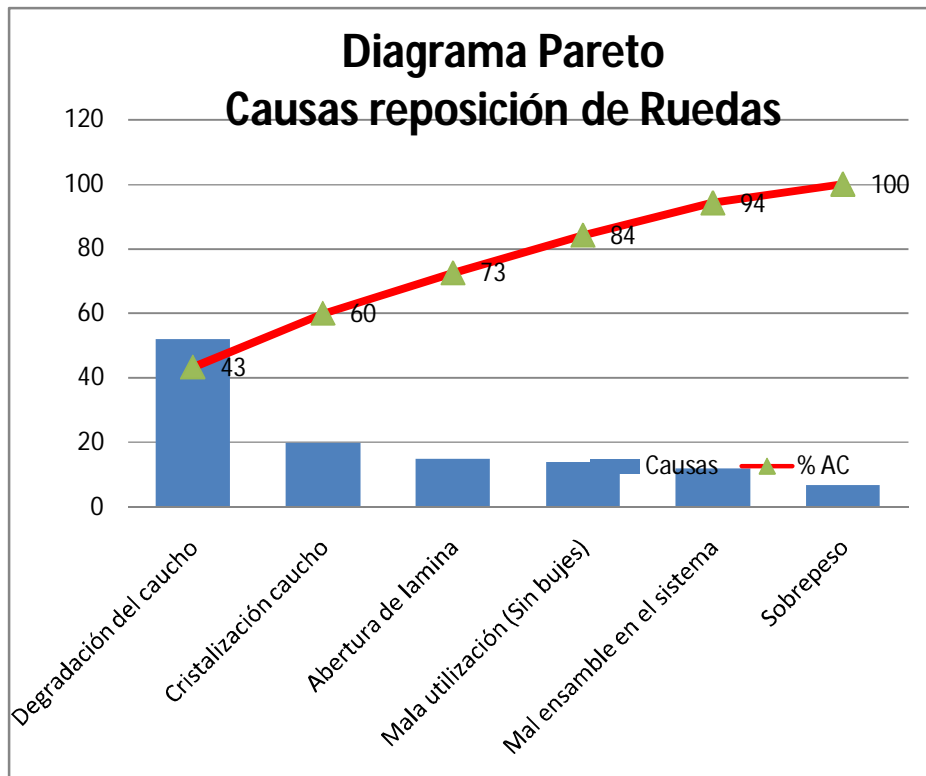
Anexo No 17.

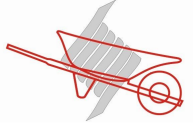
Estudio de causales en la reposición de ruedas

1. INDURRUEDAS tiene clientes que realizan mantenimiento de las carretillas, cuyas empresas son **Herramientas Industriales S.A. Sy Ferreconstructor Ltda.**

Se establece un Diagrama Pareto para el análisis de causas de reposición de ruedas macizas con radios metálicos, consultando las existencias desechadas y recambios de los meses de Mayo Julio de 2010 :

Motivos de Reemplazo de Ruedas para Carretilla				
Nombre	Causas	Frec	Frec. AC	% AC
1	Degradación del caucho	52	52	43
5	Cristalización caucho	20	72	60
4	Abertura de lamina	15	87	73
2	Mala utilización (Sin bujes)	14	101	84
6	Mal ensamble en el sistema	12	113	94
3	Sobrepeso	7	120	100
Total		120		





Las ruedas no reportan reposiciones por defectos o fallas de las platinas de los radios.

2. El Benchmarking local, del seguimiento de precios a los competidores, establece un precio inferior de los productos, por condiciones inferiores del metal.

Rueda: Industrias la superior

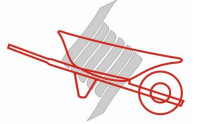


Platina de recortes industriales

3. El análisis del entorno competitivo a clientes internacionales, con compañías proveedoras, TRUEMAN INDUSTRY LIMITED y SHANGHAI AMC INTERNATIONAL TRADING CO., LTD, muestra diseños de rueda incluso sin platinas, sino laminas en configuraciones que dan mayor resistencia a las cargas físicas



Platinas de 5/8"



Anexo No 18³²: Ficha técnica platinas.

- ◉ **DENOMINACION:** PLAT A36.
- ◉ **DESCRIPCION:** Producto de acero laminado en caliente de sección rectangular.

◉ **NORMAS TECNICAS:**

Composición Química y Propiedades Mecánicas:
ASTM A36 –96.
Tolerancias Dimensionales:
ISO 1035/4 –1982 (€)



- ◉ **PRESENTACION:** Se produce en barras de 6 metros de longitud.
Se suministra en paquetes de 4 TM, los cuales están formados por 4 paquetes de 1 TM c/u.
- ◉ **DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:**

◉ **REQUERIMIENTOS QUIMICOS (%):**

C = 0.26 máx. Mn = 0.60 / 0.90 (para espesores mayores de 3/4").
P = 0.040 máx. S = 0.050 máx. Si = 0.40 máx.

DIAMETRO (pulgadas)	PESO ESTIMADO	
	kg/m	kg/6 m
1/8 x 3/4	0.48	2.88
1/8 x 1	0.64	3.84
1/8 x 1 1/2	0.97	5.82
1/4 x 1	1.28	7.68

◉ **PROPIEDADES MECÁNICAS:**

Límite de Fluencia mínimo = 2530 kg/cm².
Resistencia a la Tracción = 4080 —620 kg/cm².
Alargamiento en 200 mm:
Espesores: 1/8"..... = 12.5 % mínimo.
3 /16"..... = 15.0 % mínimo.
1/4"..... = 17.5 % mínimo.
3/8" 1/2" 5/8" 3/4" y 1" = 20.0 % mínimo.
Doblado a 180° = Bueno.
Soldabilidad = Buena soldabilidad.

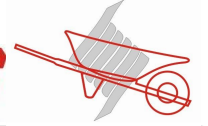
◉ **TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:**

1. tolerancias en el Ancho:
2. Tolerancias en el Espesor:
3. Tolerancias en la Longitud: + 50 mm.

ANCHO NOMINAL (b) —m	TOLERANCIAS (mm)
b ≤ 50	± 0.8
50 < b ≤ 75	± 1.2
75 < b ≤ 100	± 1.5
100 < b ≤ 125	± 2.0

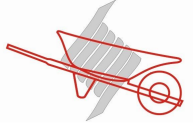
4. ESPESOR NOMINAL (€mm)	TOLERANCIAS (mm)	
	b ≤ 50	50 < b ≤ 150
e ≤ 50	± 0.4	± 0.5
20 < e ≤ 50	± 0.8	± 1.0

³² Ficha técnica platinas, Corporación Aceros Arequipa S.A. Disponible en: www.acerosarequipa.com



ANEXO No 19. Datos experimentales Ensamble

FACTOR		T operación	FACTOR		T operación
Operación Nueva	A	00:03:12	Operación Tradicional	B	00:03:25
		00:03:26			00:04:00
		00:04:02			00:05:15
		00:04:00			00:04:30
		00:03:50			00:04:06
		00:03:58			00:03:51
		00:03:39			00:03:48
		00:04:03			00:04:15
		00:03:46			00:04:01
		00:03:21			00:03:52
		00:03:51			00:04:51
		00:03:20			00:04:43
		00:03:01			00:04:29
		00:04:00			00:04:03
		00:03:40			00:04:03
		00:03:55			00:03:53
		00:03:27			00:03:44
		00:03:18			00:04:30
		00:03:13			00:03:21
		00:03:27			00:04:16
00:03:01	00:03:59				
00:03:20	00:04:22				
00:04:05	00:04:42				
00:03:40	00:03:21				
00:03:52	00:04:00				



Anexo No 20. Control diario, situación inicial

Mes: Agosto 10
Alfonso León

PLANTA DE PRODUCCION
RUEDAS Y CAUCHOS VULCANIZADOS

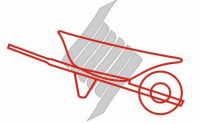
FECHA	Rue 1 1/2	Rue 2 1/2	Rue 3"	6" corr.	8" corr.	8 espe	9 esp.	4x10 lab	RODELIA	MANGOS	OBSERVACIONES
1											
2											
3		48	24	X			24				oficios varios
4											
5											
6											
7											
8											
9		28		X	28				15		APAGÓN DE LUZ (CANTINERAS y pastas)
10		55		X	61				24		Pastas malas (Ruedas conchas malos)
11		61		X	60				26		
12	23		X	63	45				21		
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19		71	24	X							APAGÓN DE LUZ
20		54	20				25				NO HABIA MAS RIPIO
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

23 310 68 63 194 49 00 06

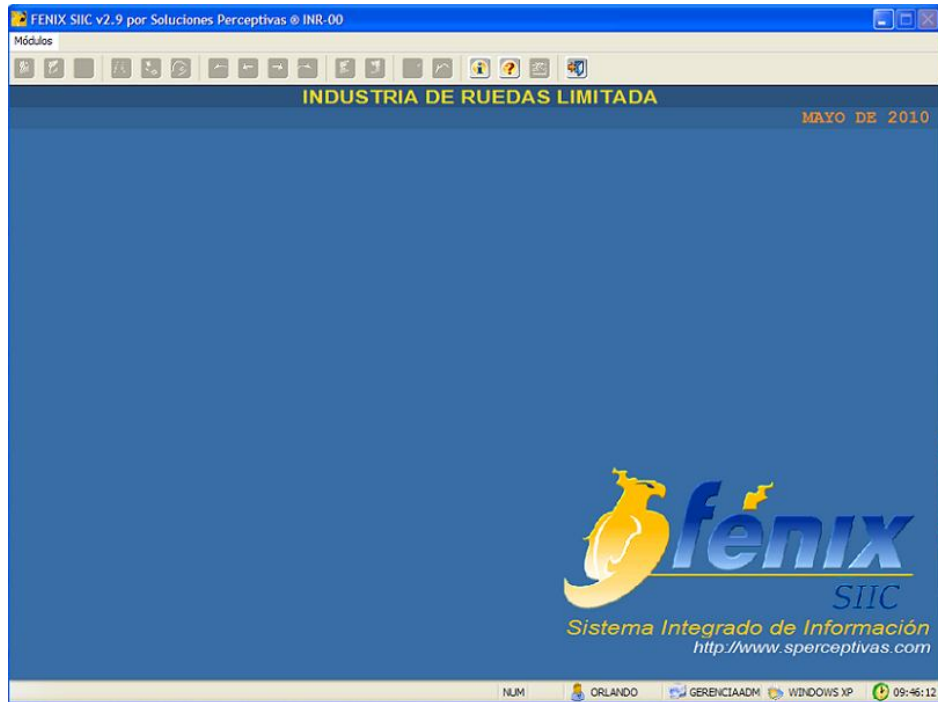
PRODUCTOS QUE SALEN DE LA PLANTA

Anastasio - ~~Grasoso~~ Amanasio - ~~Vicior~~


FECHA	FIBRA	PREPARADO RIPIO	GRASOSO	CAOLIN	THURAN	AZUPRE	RIPIO	ACEITE	OBSERVACIONES
1									
2		molino	pastas	16					
3		puliendo	esjes	de 23					y cortando masanas y cortando platinas para ros
4		cortando	Fibra						y haciendo Ripio y cortando Turbo
5		detilillando	Fibra						y cortando Turbo
6		detilillando	Fibra						
7									
8									
9		molino	pastas	16					
10		molino	pastas	16					
11		molino	pastas	16					
12		molino	pastas	12					y 2 cortando Fibra 3.30
13		doblado	tu bas	pa zarras					y cortando Fibra
14		cortando	esjes	pa zarras					y cortando Fibra
15									
16									
17		puliendo	zarras						y cortando Fibra y haciendo Ripio
18		molino	pastas	10					y detilillando Fibra y cortando laminas
19		molino	pastas	13					y alistando Fibra
20		molino	pastas	8					y cortando y decagando Turbo
21		cortando	agules	pa zarras					y cortando platinas pa de 3.4 ros
22									
23		cortando	materiales	pa zarras					especiales y cortando platinas y decagando Turbo
24		puliendo	zarras	especiales					y cortando Fibra
25		detilillando	Fibra						y cortando laminas y puliendo zarras
26		detilillando	Fibra						y cortando Fibra y haciendo pesadas quinicas
27									
28		puliendo	zarras						Doblado tu bas pa cha Xis y haciendo Rotos pastas y
29									pa de 3.4 ros
30									oficios varios
31									oficios varios

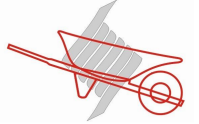



Anexo No 21: Software Fenix




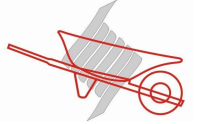
Anexo No 22: Indicadores de medición


	INDICADORES DE CONTROL PRODUCTIVO	Código: DP.9-01
	Elaboración: Rev: Aprobación:	Versión: 0
Nombre	Grado de Porosidad	
Forma de calculo	Grado de porosidad = (# Porosidad)/100%	
Unidades	% porosidad/rueda	
Glosario	Indicador de inspección netamente descriptivo, tecnicada según metodos de parametrización de imágenes. Aplicada en la celda de vulcanizado.	
Frecuencia	Díaaria	
Responsable	Vulcanizador	




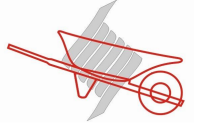
	INDICADORES DE CONTROL PRODUCTIVO	Código: DP.9-03
	Elaboración: Rev: Aprobación:	Versión: 0
Nombre	Costo unitario	
Forma de calculo	$\sum_{i=1}^{20} C. U_{p_i}$	
Unidades	\$/und	
Glosario	Costo de fabricación por articulo, mide los costos incurridos en la elaboración del articulo, que fueron absorbidos por el paso de las unidades equivalentes en todos los centros de operación productiva.	
Frecuencia	Mensual	
Responsable	Gerente general	


	INDICADORES DE CONTROL PRODUCTIVO	Código: DP.9-02
	Elaboración: Rev: Aprobación:	Versión: 0
Nombre	Peso	
Forma de calculo	$\text{Peso} = \frac{\text{Kg}}{\text{unidad}}$	
Unidades	Kg	
Glosario	Indicador cuantitativo, mide la característica peso por referencia de producto.	
Frecuencia	Día	
Responsable	Ensamblador	




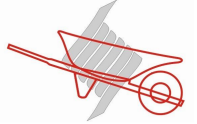
	INDICADORES DE CONTROL PRODUCTIVO		Código: DP.9-03
	Elaboración: Rev: Aprobación:		Versión: 0
Nombre	Vulcanizado		
Forma de calculo	$Vulcanizado = \frac{mm}{unidad}$		
Unidades	mm		
Glosario	La homogeneidad y distribución del vulcanizado en las diferentes capas de la rueda, una corta distancia evidencia material crudo, que no otorgara mayor durabilidad al producto.		
Frecuencia	Cada 300 unidades		
Responsable	Asistente producción		

	INDICADORES DE GESTIÓN		Código: DP.2-01
	Producción ruedas macizas vulcanizadas		Versión: 0
Elaboración: Rev: Aprobación:			
Nombre	Productividad maquinaria		
Forma de calculo	$Productividad\ maquinaria = \frac{Producción}{Horas\ maquina}$		
Unidades	$unidades\ terminadas / Horas\ maquina$		
Glosario	Indicador de eficiencia por empleo de maquinaria, mide la relación que existe entre el funcionamiento de la maquinaria, con la cantidad fabricada en el mes.		
Frecuencia	Mensual		
Responsable	Jefe de producción		



	INDICADORES DE GESTIÓN		Código: DP.2-02
	Producción ruedas macizas vulcanizadas		Versión: 0
	Elaboración:	Rev:	Aprobación:
Nombre	Productividad		
Forma de calculo	$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas mano de obra}}$		
Unidades	unidades terminadas / Horas mano de obra		
Glosario	Mide la cantidad de productos elaborados, según las horas de mano de obra empleada para tal cantidad.		
Frecuencia	Diaria		
Responsable	Jefe de producción		

	INDICADORES DE GESTIÓN		Código: DP.2-03
	Producción ruedas macizas vulcanizadas		Versión: 0
	Elaboración:	Rev:	Aprobación:
Nombre	Rotación de inventarios		
Forma de calculo	$\text{Rotación de inventarios} = \frac{\text{materia prima empleada en el mes}}{\text{inventario de materia prima}}$		
Unidades	# meses		
Glosario	Indica el tiempo medio en que las adquisición de materia prima, es consumida por la producción de ruedas vulcanizadas.		
Frecuencia	Diaria		
Responsable	Jefe de producción		



Anexo No 25. Registro Reunión indicadores


Control de Asistencia INDICADORES

Dependencia: Producción Bal. Fecha: 13 SEP 2010


Expositor: Jogo Rodriguez Lugar: BOD

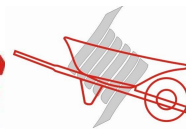
Reg. -10-


Nº Orden	APELLIDOS Y NOMBRES	Hora Ingreso	FIRMA
1	Ambrasio Ornela		
2	Carlos Andrés Galvis		Carlos Andrés Galvis
3	Zinner Camacho		Zinner Camacho
4	JUAN CARLOS GARCIA R.		Juan Carlos Garcia R.
5	Alfonso León Tolosa		Alfonso León Tolosa
6	Josier Hernández P.		Josier Hernández P.
7	OSCAR GAVIN SUAREZ		Oscar Gavin Suarez
8	Rosmary Corvoysal		Rosmary Corvoysal
9	ABEL JELIAN		ABEL JELIAN
10	Yerssi Mprays		Yerssi Mprays
11	Lider bravo T.		Lider bravo T.
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

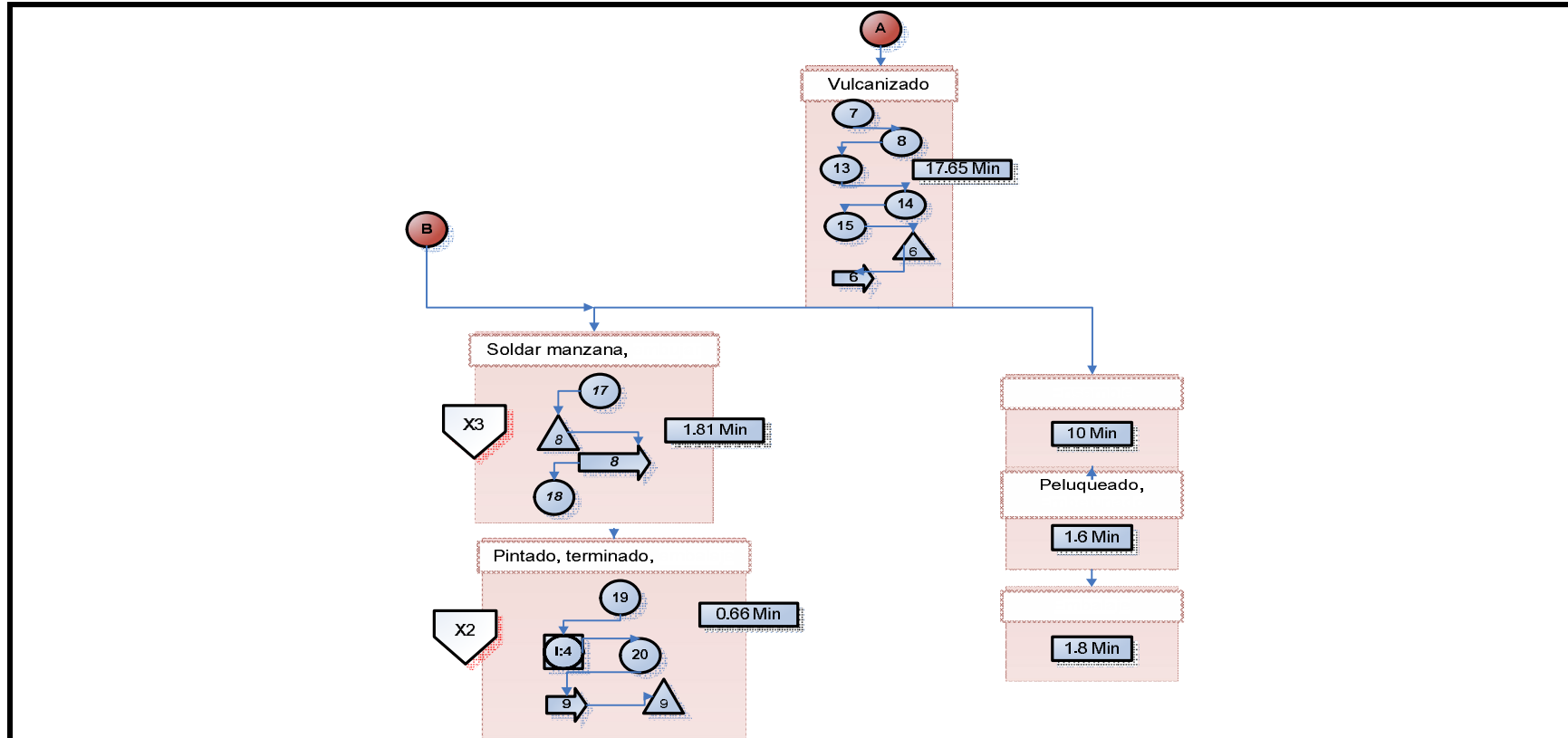
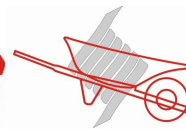

INDURRUEDAS LTDA.
 FIRMA Y SELLO 207.956-5
 JEFF
 *RNA AUTORIZADA - TEL: 630422


Anexo No 26: Diagramas de flujo por centros de trabajo

	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 3)		Código:	PR-9.7-01
			Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General		Página: 1 de 2
	Reg. GM-03	Reg. CMT-04		
This area is intentionally left blank for the flowchart content				



	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 3)	Código:	PR-9.7-01
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 2 de 2



	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 4)	Código:	PR-9.7-02
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	Página: 1 de 2
	Reg. GM-03		

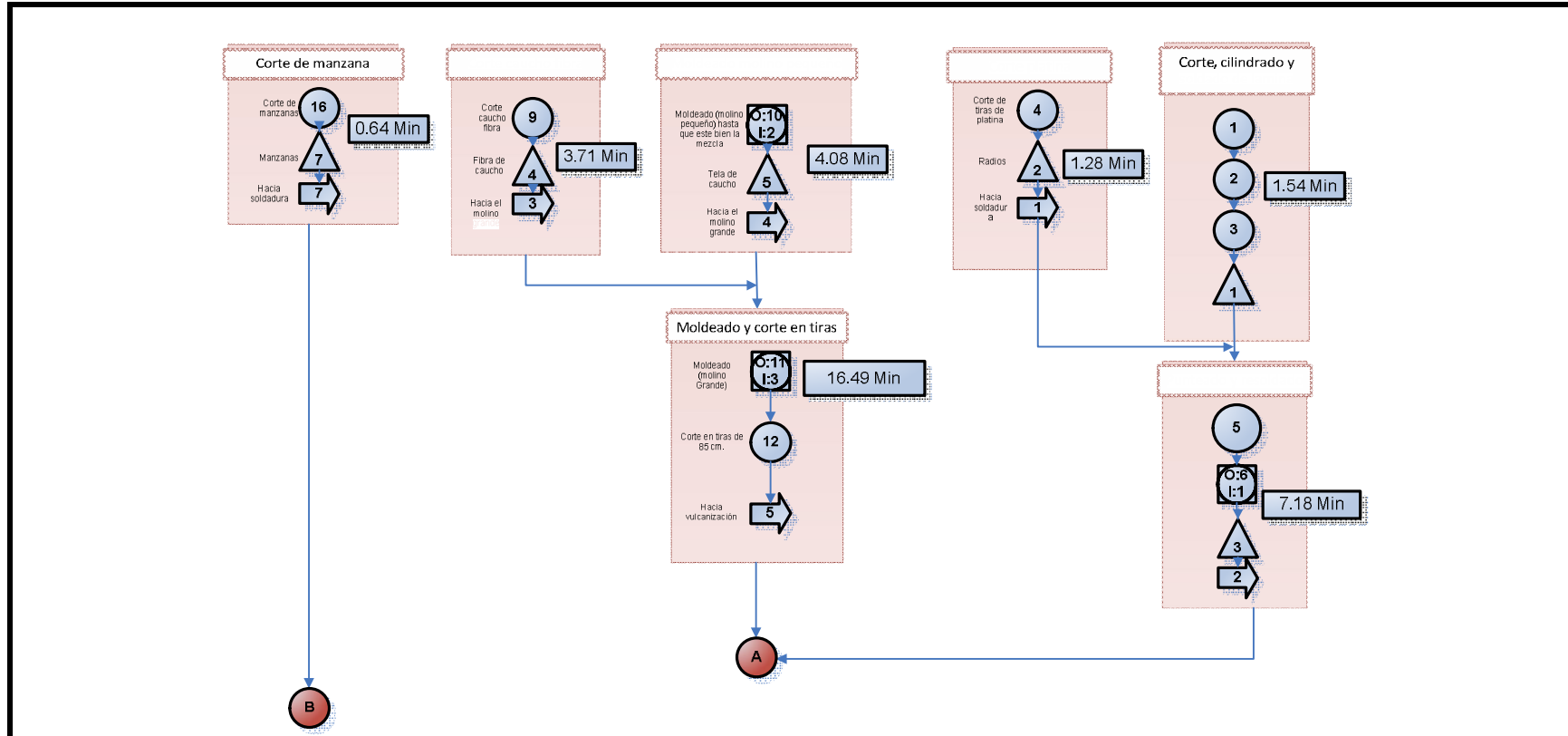
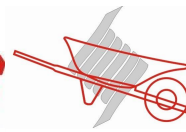


	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 4)	Código:	PR-9.7-02
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 2 de 2

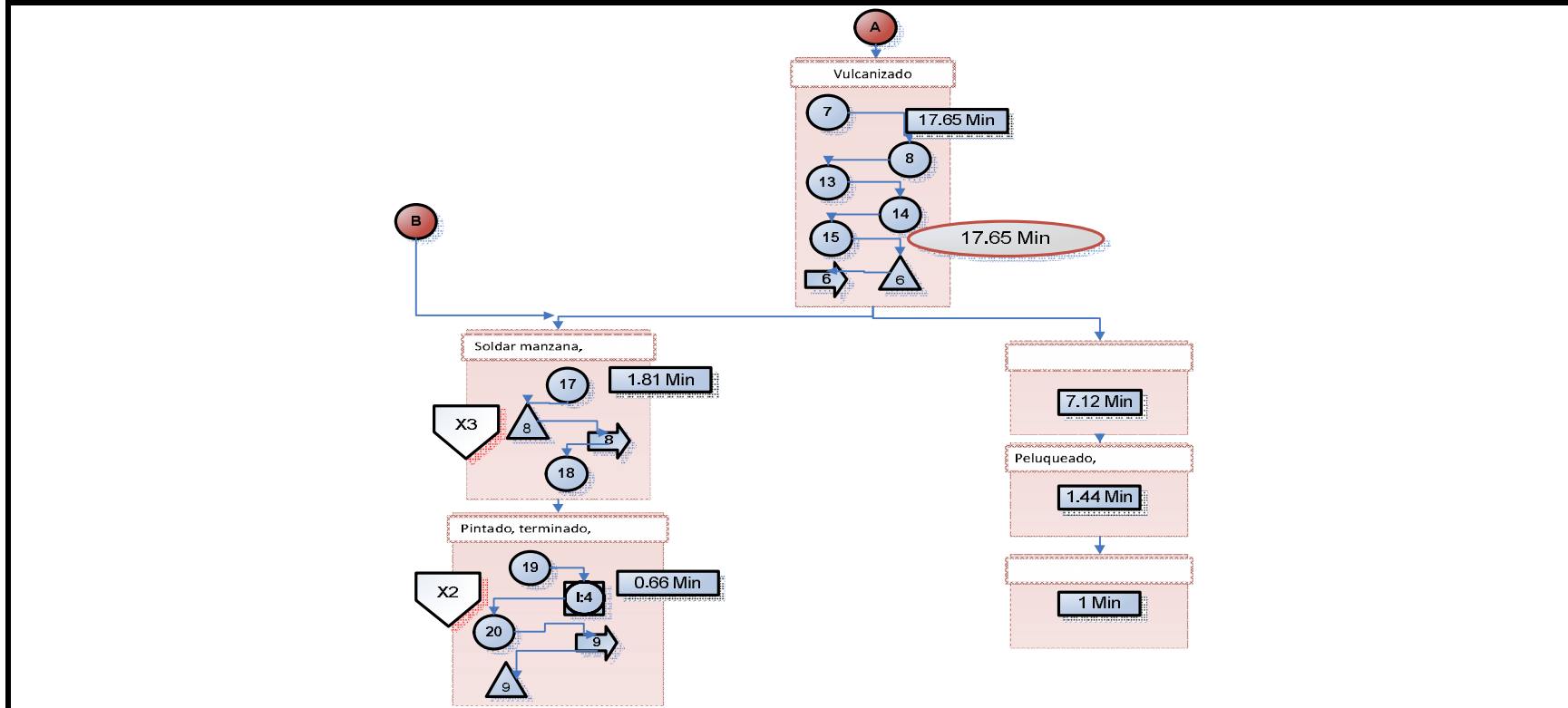
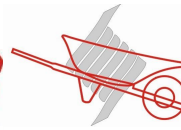
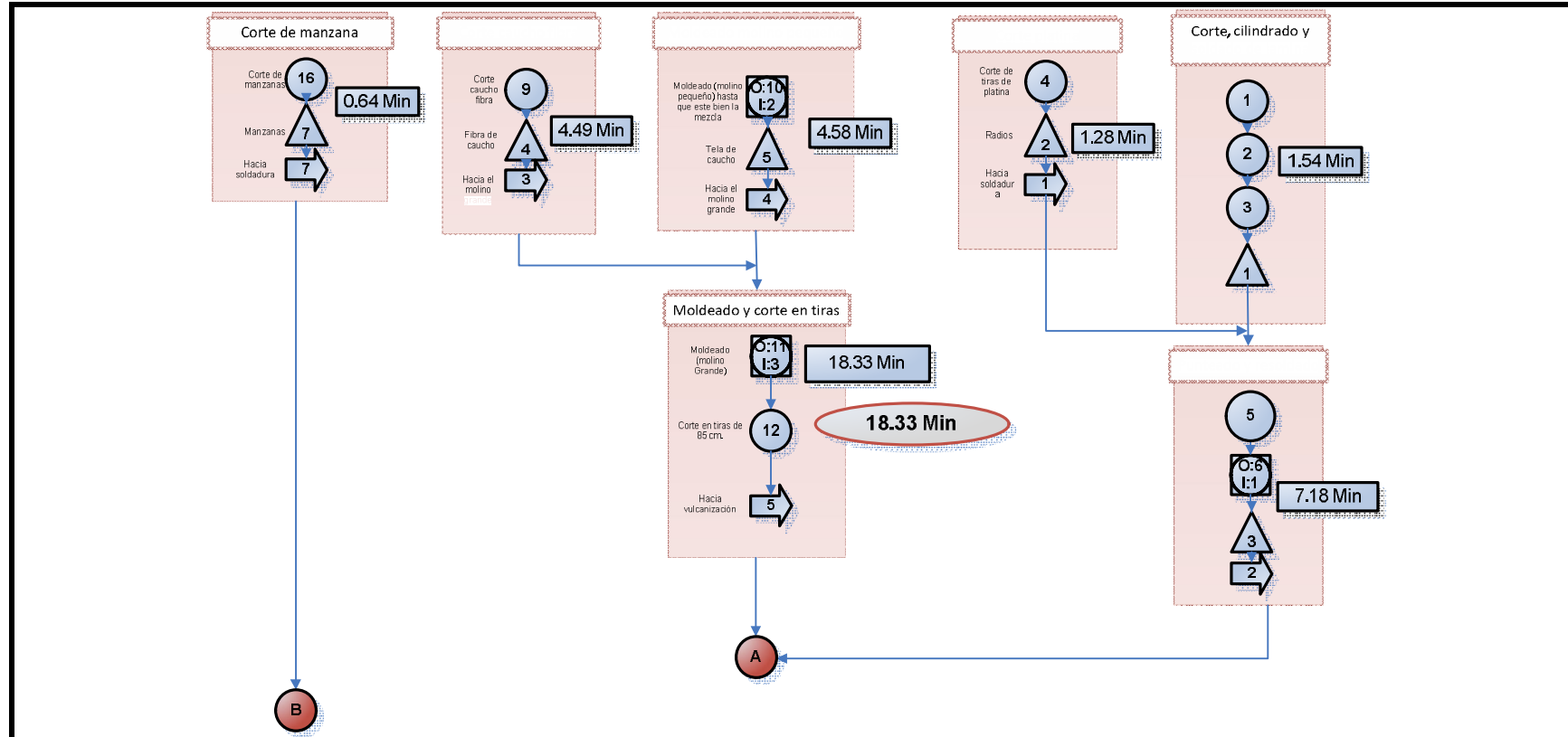
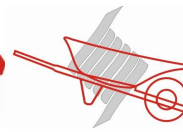



	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 2)	Código:	PR-9.7-03
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 1 de 2



	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 2)	Código:	PR-9.7-03
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	Página: 2 de 2
	Reg. GM-03		

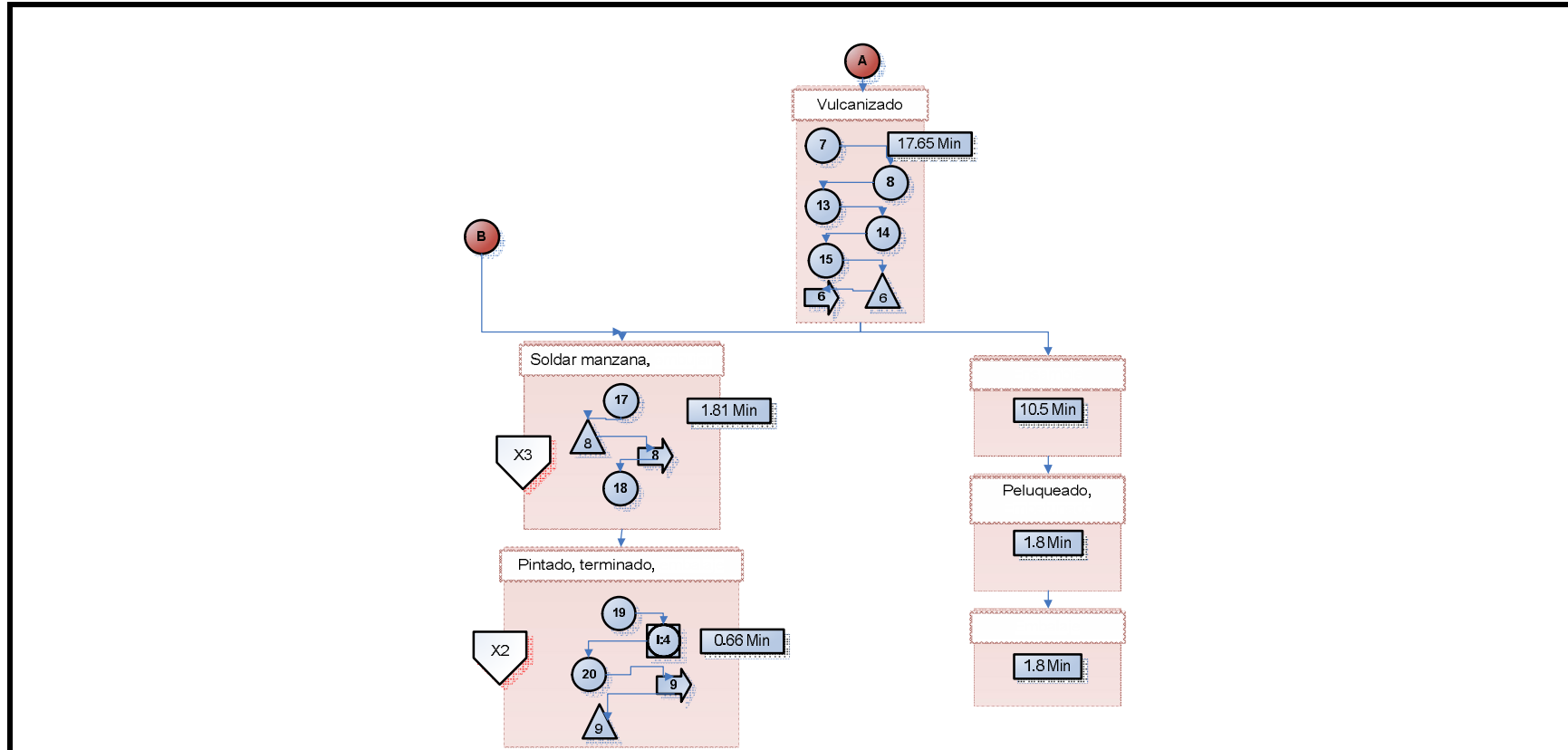
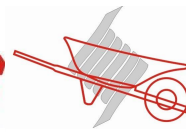
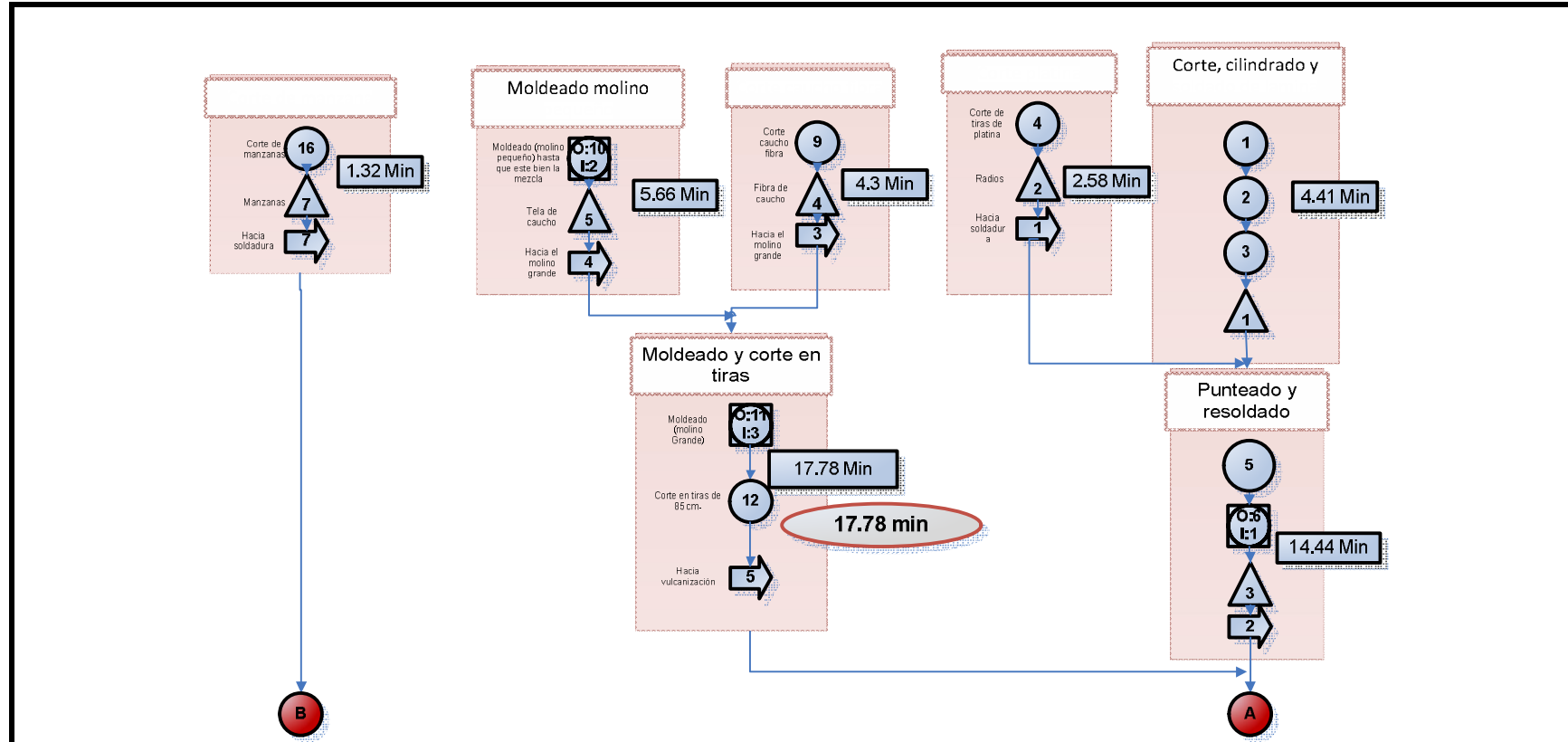
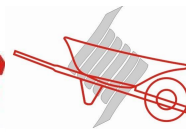

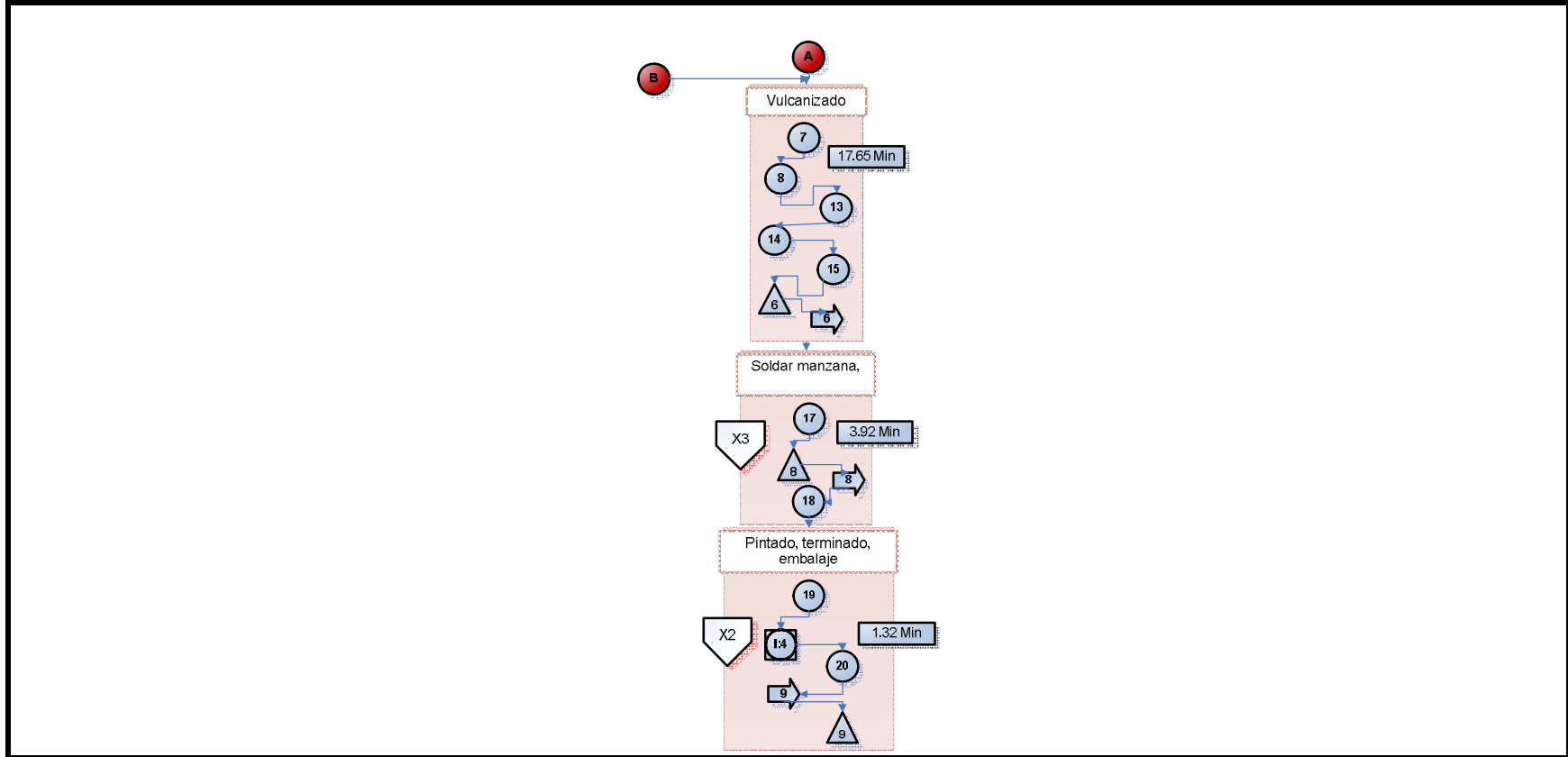
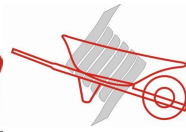
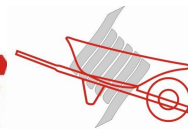


	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 1)	Código:	PR-9.7-04
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 1 de 2




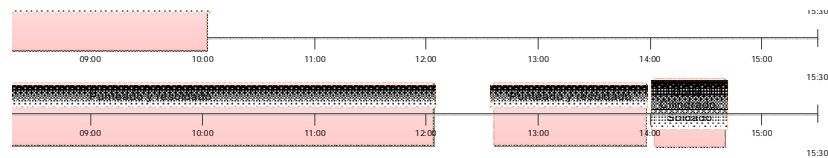
	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 1)	Código:	PR-9.7-04
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 2 de 2
	Reg. GM-03		

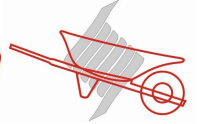




Anexo No 27: Diagrama de actividades múltiples

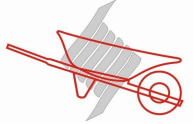
	Diagrama Multiprocesos (configuración 3)	Código:	PR-9.8-01
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 1 de 1
	(Empty space for diagram content)		



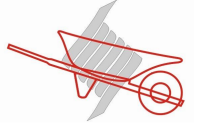


Anexo No 28: Manual de funciones

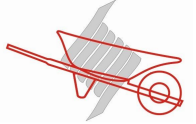
	<h2>JEFE DE PRODUCCIÓN</h2>	CÓDIGO	P-01
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	2 de 3
4. ESPECIFICACIÓN DEL CARGO			
EDUCACIÓN			
ESCOLARIDAD			
Tecnólogo profesional.			
CURSOS ESPECIALIZADOS, TEMAS O CAPACITACIÓN NECESARIOS			
Curso de soldadura,			
EXPERIENCIA			
EXPERIENCIA LABORAL PREVIA			
Se requiere experiencia relacionada de 3 meses a 1 año.			
ENTRENAMIENTO EN EL CARGO			
Se requiere 1 mes para desempeñar el trabajo satisfactoriamente.			
INDUCCIÓN AL CARGO:			
Se requiere inducción por parte de los directivos o del anterior encargado del puesto para conocer al detalle la naturaleza y secuencia de los procesos de fabricación en planta.			
POSIBILIDADES DE ASCENSO			
Dentro de las políticas de la estructura organizativa no se contempla esta posibilidad.			
HABILIDADES O DESTREZAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Organización. • Liderazgo y buenas relaciones interpersonales. • Concentración y coordinación mental. • Capacidad de análisis y toma de decisiones. • Destreza y precisión en las labores de manufactura. 			
NIVEL DE AUTONOMÍA E INICIATIVA			
La naturaleza del trabajo es tal que se desempeña en gran medida con responsabilidad propia tomando decisiones de operación, organización y dirección de la planta de producción, las cuales cuentan con poca supervisión directa por parte de la dirección, ya			
5. RESPONSABILIDADES			
Máquinas y/o equipos	Manejo diario del equipo de soldar, la pulidora, la cizalladora y en algunas ocasiones la cizalladora.		
Contacto con el público	Solamente se tiene un contacto frecuente con los empleados de la bodega.		
Información	Se diligencia diariamente la Planilla de Producción y listas de chequeo la cual va dirigida al Gerente Administrativo, con el fin de llevar el seguimiento del flujo del proceso productivo; tal información es:		
Información Confidencial	Se maneja información extremadamente confidencial con efectos gravísimos, como los materiales utilizados y los procesos de fabricación, que son de vital relevancia competitiva.		
Dinero y/o valores	No se maneja ningún valor en dinero o valor corriente.		
Supervisión	<ul style="list-style-type: none"> • En general se presenta supervisión por coordinación de actividades a todo el personal de planta. • Hay supervisión por instrucciones y revisión del trabajo a los auxiliares de bodega. • Se efectúa supervisión por resultados sobre los técnicos encargados 		




INDURRUEDAS LTDA.			
MANUAL DE FUNCIONES			
JEFE DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO	P-201
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	1 de 3
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
NOMBRE DEL CARGO	JEFE DE PRODUCCIÓN		
DEPARTAMENTO O SECCIÓN	PRODUCCIÓN		
CARGO DEL SUPERIOR INMEDIATO	DIRECTIVOS		
HORARIOS	7:00 a.m. a 3:30 p.m.		
OBJETIVO DEL CARGO			
Coordinar la operación de la planta y asegurar el buen funcionamiento de todos los procesos productivos.			
DIMENSIONES DEL CARGO			
Fabricación de 5 zorras por día, procesamiento de 140 ruedas por día.			
2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES			
FUNCIONES PRINCIPALES			PERIODICIDAD
1.	Elaborar, organizar, dirigir y controlar el programa de producción diario y semanal conforme a la distribución de las actividades en los distintos puestos de trabajo y establecer estricto seguimiento al programa maestro de producción, asegurar pedidos y e		Semanalmente
2.	Mantener estricta vigilancia sobre el manejo, operación y mantenimiento de las máquinas y herramientas de trabajo y reportar a los directivos los correctivos del caso o cualquier otra observación o anomalía presentada en la planta.		Diariamente
3.	Elaborar el inventario físico mensual de materias primas, productos en proceso y productos terminados y presentar el informe respectivo al gerente administrativo así como comunicar las solicitudes de materia prima y/o de dotación de elementos de trabajo y		Diariamente
4.	Recopilar y procesar los indicativos y estándares del control estadístico, en la fabricación de ruedas macizas vulcanizadas.		Semanalmente
5.	Apoyar la realización las tareas del proceso de fabricación de las zorras.		Diariamente
FUNCIONES SECUNDARIAS			PERIODICIDAD
1.	Apoyar la realización las tareas del proceso de fabricación de las ruedas.		Semanalmente
2.	Apoyar el proceso de descarga de materia prima y de carga y despacho de productos terminados en la planta de producción.		Diariamente
3.	Medir, evaluar, desarrollar acciones correctivas y preventivas para la gestión de calidad pretendida en la compañía. Prestar asesoría y acompañamiento en el análisis de los indicadores dispuestos para tal fin.		
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO POR FUNCIÓN PRINCIPAL			
Función 1:	Cumplimiento con los pedidos de los clientes.		
Función 3:	Elaborar un informe diario al gerente administrativo.		
Función 4:	Fabricación de 5 zorras por día.		
Función 5:	Rigurosidad en el programa maestro de producción.		
Función 6:	Estabilidad en los rangos de control estadísticos a la variabilidad de la operación		




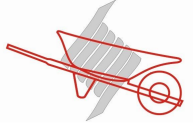
	JEFE DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO	P-201
			REVISIÓN	0
			FECHA	
			PÁGINA	3 de 3
Errores	Es posible que se incurra en errores por situaciones poco controlables como los errores del personal a su cargo, ya que no es posible vigilar completamente su trabajo por cuestiones de horario y la necesidad de desempeñar otras labores y, en algunas ocasi			
6. NIVEL DE ESFUERZO				
MENTAL:				
Este cargo requiere de alta concentración constantemente, debido a la precisión y concentración exigida por las labores de manufactura.				
FÍSICO:				
Los cambios de postura requeridos para agacharse o inclinarse que se realizan (40% del tiempo laboral), junto con las acciones de carga y descarga de objetos pesados (50% del tiempo laboral) causan fatiga poco usual.				
7. RIESGOS				
FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	EFFECTOS EN LA SALUD		
Físicas	Media	Ruido de alta intensidad.		
TRABAJADOR		JEFE INMEDIATO		
<i>Elaborado por</i>		<i>Revisado por</i>		<i>Aprobado por</i>




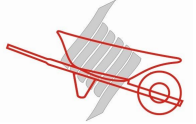
INDURRUEDAS LTDA.			
MANUAL DE FUNCIONES			
VULCANIZADOR		CÓDIGO	P-204
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	1 de 3
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
NOMBRE DEL CARGO	VULCANIZADOR		
DEPARTAMENTO O SECCIÓN	PRODUCCIÓN		
CARGO DEL SUPERIOR INMEDIATO	JEFE DE PRODUCCIÓN		
HORARIOS	7:00 p.m. a 3:30 p.m.		
OBJETIVO DEL CARGO			
Realizar el proceso de vulcanizado en las ruedas necesario para incorporar el caucho en las mismas.			
DIMENSIONES DEL CARGO			
Procesamiento de 140 ruedas por día.			
2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES			
FUNCIONES PRINCIPALES			PERIODICIDAD
1.	Realizar el proceso de vulcanizado en las ruedas de referencia 1½", 2½" y 3" según el programa de producción.		Diariamente
2.	Realizar el proceso de vulcanizado en los cauchos de referencia 6", 8", 9", Rodelia y especial.		Diariamente
3.	Hacer uso racional de la materia prima, utilizar permanentemente los implementos de seguridad industrial, el correcto y adecuado manejo y conservación de la herramienta, equipos y máquinas a su cargo y llenar la planilla de producción y lista de hequeo co		Diariamente
4.	Informar inmediatamente al Jefe De Producción sobre cualquier anomalía o duda que encuentre en la orden de producción o al elaborar el trabajo		Diariamente
5.	Realizar la limpieza del puesto de trabajo y colaborar con la limpieza general de la planta al final de cada jornada.		Diariamente
6.	Colaborar activamente en las distintas acciones que programe el Jefe de Producción, en especial en aquellas que guardan relación directa con el proceso de vulcanizado.		Diariamente
FUNCIONES SECUNDARIAS			PERIODICIDAD
1.	Apoyar la realización de las tareas del molinero.		Diariamente
2.	Apoyar el proceso de descarga de materia prima y de carga y despacho de productos terminados en la planta de producción.		Mensualmente
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO POR FUNCIÓN PRINCIPAL			
Función 1: Realizar el proceso de vulcanizado de 140 ruedas por día.			
Función 2: Entregar al final de la jornada la planilla de producción debidamente diligenciada al Jefe De Producción.			



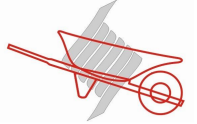
	VULCANIZADOR	CÓDIGO	P-04
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	2 de 3
4. ESPECIFICACIÓN DEL CARGO			
EDUCACIÓN			
ESCOLARIDAD			
Años de educación media o equivalente			
CURSOS ESPECIALIZADOS, TEMAS O CAPACITACIÓN NECESARIOS			
No es requerido ningún curso específico.			
EXPERIENCIA			
EXPERIENCIA LABORAL PREVIA			
Se requiere experiencia similar de 3 meses a 1 año.			
ENTRENAMIENTO EN EL CARGO			
Se requieren 3 meses para desempeñar el trabajo satisfactoriamente.			
INDUCCIÓN AL CARGO:			
Se requiere inducción por parte de los directivos o del anterior encargado del puesto para conocer al detalle la naturaleza del proceso de vulcanizado y secuencia de los procesos de fabricación en planta.			
POSIBILIDADES DE ASCENSO			
Dentro de las políticas de la estructura organizativa no se contempla esta posibilidad.			
HABILIDADES O DESTREZAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Atención al desempeño de la máquina vulcanizadora. • Manejo de los controles de la máquina. • Destreza y rapidez en los movimientos. 			
NIVEL DE AUTONOMÍA E INICIATIVA			
Las tareas son repetitivas y están relacionadas con instrucciones y procedimientos habituales como normas, sin embargo no se cuenta con supervisión durante el turno en el que desempeña de su labor, por lo cual debe decidir el tamaño del lote a vulcanizar			
5. RESPONSABILIDADES			
Máquinas y/o equipos	Manejo diario de la máquina vulcanizadora.		
Contacto con el público	Únicamente se tiene contacto frecuente con los empleados de bodega.		
Información	Se diligencia diariamente la Planilla de Producción, la cual va dirigida al Jefe De Producción, con el fin de llevar el seguimiento del flujo del proceso productivo, la cual debe contener los siguientes registros:		
Información Confidencial	Se maneja información de alguna importancia con efectos leves, como la relativa a los procesos de fabricación.		
Dinero y/o valores	No se maneja ningún valor en dinero o valor corriente.		
Errores	Se pueden cometer errores de condiciones inadecuadas de presión y temperatura que afecten la densidad de la rueda. Estos errores se detectan cuando se saca el lote y se observan los defectos en el caucho (rebaba y aberturas). Este tipo de errores tiene re		
Supervisión	No tiene responsabilidad por supervisión.		



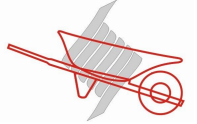
	VULCANIZADOR		CÓDIGO	P-204
			REVISIÓN	0
			FECHA	
			PÁGINA	3 de 3
6. NIVEL DE ESFUERZO				
MENTAL:				
Este cargo requiere de pequeña concentración intermitentemente, dada la naturaleza operativa del mismo.				
FÍSICO:				
Los cambios de postura requeridos para agacharse o inclinarse que se realizan al cortar el caucho (30% del tiempo laboral) causan fatiga poco usual.				
7. CONDICIONES AMBIENTALES				
El trabajo se desarrolla bajo malas condiciones de temperatura y del mobiliario, ya que con frecuencia se presenta polvo, calor, humo y humedad.				
8. RIESGOS				
FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	EFFECTOS EN LA SALUD		
Físicos	Media	Altas temperaturas que se presentan en los moldes de las ruedas.		
Químicos	Media	Aspiración de gases que emanan del caucho a altas temperaturas.		
TRABAJADOR		JEFE INMEDIATO		
<i>Elaborado por</i>		<i>Revisado por</i>		<i>Aprobado por</i>




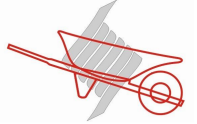
INDURRUEDAS LTDA.			
MANUAL DE FUNCIONES			
SOLDADOR		CÓDIGO	P-205
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	1 de 3
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
NOMBRE DEL CARGO	SOLDADOR		
DEPARTAMENTO O SECCIÓN	PRODUCCIÓN		
CARGO DEL SUPERIOR INMEDIATO	JEFE DE PRODUCCIÓN		
HORARIOS	7:00 a.m. a 3:30 p.m.		
OBJETIVO DEL CARGO	Ensamblar las partes metálicas de los productos que se fabrican, aplicando el proceso de soldadura.		
DIMENSIONES DEL CARGO	Aplicar soldadura de puntos a 140 ruedas diarias y resoldadura de 140 ruedas diarias.		
2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES			
FUNCIONES PRINCIPALES			PERIODICIDAD
1. Realizar el proceso de soldadura de puntos (o punteado) de las franjas metálicas así como el posterior proceso de resoldadura según la orden de producción.			Diariamente
2. Realizar el proceso de enmanzanado de las ruedas.			Diariamente
3. Utilizar permanentemente los implementos de seguridad industrial, el correcto y adecuado manejo y conservación de la herramienta, equipos y máquinas a su cargo y llenar la planilla de producción con buena caligrafía registrando todos los datos requeridos.			Diariamente
4. Informar inmediatamente al Jefe De Producción sobre cualquier anomalía o duda que encuentre en la orden de producción o al elaborar el trabajo .			Diariamente
5. Realizar la limpieza del puesto de trabajo y colaborar con la limpieza general de la planta al final de cada jornada.			Diariamente
6. Colaborar activamente en las distintas acciones que programe el Jefe de Producción, en especial en aquellas que guardan relación directa con el proceso de soldadura.			Diariamente
FUNCIONES SECUNDARIAS			PERIODICIDAD
1. Apoyar la realización las tareas del proceso de fabricación de las ruedas.			Semanalmente
2. Apoyar el proceso de descarga de materia prima y de carga y despacho de productos terminados en la planta de producción.			Mensualmente




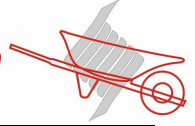
	SOLDADOR	CÓDIGO	P-205
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	2 de 3
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO POR FUNCIÓN PRINCIPAL			
Función 1:	Realizar diariamente el punteado de 140 ruedas y el resoldado de 140 ruedas.		
Función 2:	Realizar el enmanzanado de 140 ruedas diarias		
Función 3:	Entregar al final de la jornada la planilla de producción debidamente diligenciada al Jefe De Producción.		
4. ESPECIFICACIÓN DEL CARGO			
EDUCACIÓN			
ESCOLARIDAD			
Años de educación media o equivalente			
CURSOS ESPECIALIZADOS, TEMAS O CAPACITACIÓN NECESARIOS			
Curso de soldadura.			
EXPERIENCIA			
EXPERIENCIA LABORAL PREVIA			
Se requiere experiencia similar de 3 meses a 1 año.			
ENTRENAMIENTO EN EL CARGO			
Se requiere 1 año para desempeñar el trabajo satisfactoriamente.			
INDUCCIÓN AL CARGO:			
Se requiere inducción por parte de los directivos o del anterior encargado del puesto para conocer al detalle la naturaleza de la soldadura de ruedas, zorras y carretillas.			
POSIBILIDADES DE ASCENSO			
Dentro de las políticas de la estructura organizativa no se contempla esta posibilidad.			
HABILIDADES O DESTREZAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez y agilidad en las labores de manufactura. • Destreza y agilidad en los movimientos. • Precisión minuciosa. 			
NIVEL DE AUTONOMÍA E INICIATIVA			
La supervisión se hace varias veces al día para revisar el trabajo y las unidades procesadas. Se toman decisiones acerca de los elementos a soldar durante una jornada determinada. Cualquier otra decisión debe ser consultada previamente con el Jefe De Prod			
5. RESPONSABILIDADES			
Máquinas y/o equipos	Manejo frecuente de la cizalladora y manejo continuo del equipo de soldadura de puntos y el equipo de soldadura eléctrica..		
Contacto con el público	Solamente se tiene un contacto frecuente con los empleados de la bodega.		
Información	Se diligencia diariamente la Planilla de Producción, la cual va dirigida al Jefe De Producción, con el fin de llevar el seguimiento del flujo del proceso productivo.		
Información Confidencial	No se maneja información de peligrosa revelación.		
Dinero y/o valores	No se maneja ningún valor en dinero o valor corriente.		
Supervisión	No tiene responsabilidades de supervisión.		



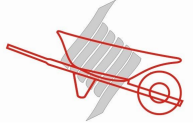
	<h2>SOLDADOR</h2>		CÓDIGO	P-205
			REVISIÓN	0
			FECHA	
			PÁGINA	3 de 3
Errores	Es posible realizar soldaduras que generan ensambles débiles, los cuales son detectados en operaciones posteriores del proceso como la pintada. Este tipo de errores tiene repercusión en la satisfacción del cliente, ya que éste puede recibir productos defe			
6. NIVEL DE ESFUERZO				
MENTAL:				
Este cargo requiere de mediana concentración constantemente, debido a la precisión y concentración exigida por los detalles de la soldadura.				
FÍSICO:				
El transporte de platinas hasta el puesto de trabajo (10% del tiempo) y el esfuerzo visual para obtener la precisión adecuada (90%) del tiempo causan fatiga poco usual.				
7. RIESGOS				
FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	EFFECTOS EN LA SALUD		
Físicos	Alta	Uso del equipo de soldadura (radiaciones) y de la pulidora.		
Químicos	Alta	Por los gases emitidos durante la soldadura y los químicos que contiene el caucho de las ruedas.		
_____		_____		
TRABAJADOR		JEFE INMEDIATO		
<i>Elaborado por</i>	<i>Revisado por</i>	<i>Aprobado por</i>		



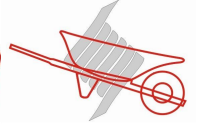
INDURRUEDAS LTDA.			
MANUAL DE FUNCIONES			
MOLINERO		CÓDIGO	P-203
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	1 de 3
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
NOMBRE DEL CARGO	MOLINERO		
DEPARTAMENTO O SECCIÓN	PRODUCCIÓN		
CARGO DEL SUPERIOR INMEDIATO	JEFE DE PRODUCCIÓN		
HORARIOS	7:00 a.m. a 3:30 p.m.		
OBJETIVO DEL CARGO	Preparación y alistamiento de la materia prima para la fabricación del reciclado usado en las ruedas.		
DIMENSIONES DEL CARGO	Preparación de 28 pastas de caucho diarias.		
2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES			
FUNCIONES PRINCIPALES			PERIODICIDAD
1.	Preparar en el molino la pasta de caucho de acuerdo a los requisitos de consistencia para la reacción química de vulcanizado.		Diariamente
2.	Alistar la fibra de caucho, el ripio y el caucho grasoso en sus respectivas cantidades para obtener la composición requerida de la orden de producción.		Diariamente
3.	Utilizar permanentemente los implementos de seguridad industrial, el correcto y adecuado manejo y conservación de la herramienta, equipos y máquinas a su cargo y llenar la planilla de producción con buena caligrafía registrando todos los datos requeridos.		Diariamente
4.	Informar inmediatamente al Jefe De Producción sobre cualquier anomalía o duda que encuentre en la orden de producción o al elaborar el trabajo.		Diariamente
5.	Realizar la limpieza del puesto de trabajo y colaborar con la limpieza general de la planta al final de cada jornada.		Diariamente
FUNCIONES SECUNDARIAS			PERIODICIDAD
1.	Apoyar la realización de tareas del vulcanizador.		Diariamente
2.	Apoyar el proceso de descarga de materia prima y de carga y despacho de productos terminados en la planta de producción.		Mensualmente




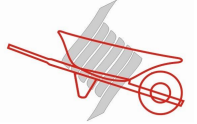
	MOLINERO	CÓDIGO	P-203
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	2 de 3
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO POR FUNCIÓN PRINCIPAL			
Función 1:	Elaboración de 28 pastas diarias.		
Función 2:	Alistamiento de materiales para 28 pastas diarias.		
Función 3:	Procesar satisfactoriamente el 90% de la materia prima. Traslado del 100% de la pasta a la vulcanizadora una vez terminado el turno.		
Función 4:	Entregar al final de la jornada la planilla de producción debidamente diligenciada al Jefe De Producción.		
4. ESPECIFICACIÓN DEL CARGO			
EDUCACIÓN			
ESCOLARIDAD			
Años de educación media o equivalente			
CURSOS ESPECIALIZADOS, TEMAS O CAPACITACIÓN NECESARIOS			
No es requerido ningún curso específico.			
EXPERIENCIA			
EXPERIENCIA LABORAL PREVIA			
Se requiere experiencia relacionada de 3 meses a 1 año.			
ENTRENAMIENTO EN EL CARGO			
Se requieren 3 meses para desempeñar el trabajo satisfactoriamente.			
INDUCCIÓN AL CARGO:			
Se requiere inducción por parte de los directivos o del anterior encargado del puesto para conocer al detalle la naturaleza del proceso realizado en el molino y secuencia de los procesos de fabricación en planta.			
POSIBILIDADES DE ASCENSO			
Dentro de las políticas de la estructura organizativa no se contempla esta posibilidad.			
HABILIDADES O DESTREZAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena condición física. • Precisión minuciosa. • Destreza manual. • Manejo de sustancias químicas. 			
NIVEL DE AUTONOMÍA E INICIATIVA			
Las tareas son repetitivas y están relacionadas con instrucciones y procedimientos habituales como normas, de tal modo que es ocasional la supervisión por parte del Jefe De Producción, en caso de ser efectuada.			
5. RESPONSABILIDADES			
Máquinas y/o equipos	Manejo diario del molino grande y del molino pequeño.		
Contacto con el público	Únicamente se tiene contacto frecuente con los empleados de bodega.		
Información	Se diligencia diariamente la Planilla de Producción, la cual va dirigida al Jefe De Producción, con el fin de llevar el seguimiento del flujo del proceso productivo.		
Información Confidencial	Se maneja información extremadamente confidencial con efectos gravísimos, como los materiales utilizados y los procesos de fabricación, que son de vital relevancia competitiva.		
Dinero y/o valores	No se maneja ningún valor en dinero o valor corriente.		




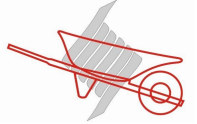
	MOLINERO		CÓDIGO	P-203
			REVISIÓN	0
			FECHA	
			PÁGINA	3 de 3
Errores	Puede ocurrir como parte de la elaboración de la pasta, la falta de algún químico por descuido. Los errores son descubiertos por los defectos de los cauchos en la vulcanizada que podrían provocar venta de productos inadecuados y posterior pérdida de clien			
Supervisión	No tiene responsabilidad por supervisión.			
6. NIVEL DE ESFUERZO				
MENTAL:				
Estas labores requieren de constante concentración y orden de manera intermitente para todo el proceso de molido.				
FÍSICO:				
Este cargo requiere esfuerzo en el traslado de la pasta y levemente en el molido.				
7. RIESGOS				
FACTOR DE RIESGO		PROBABILIDAD	EFFECTOS EN LA SALUD	
Físicos		Alta	Lesiones personales por la presión de los cilindros del molino en caso de contacto con los brazos y manos.	
Químicos		Alta	Aspiración e Intoxicación por uso de químicos.	
TRABAJADOR		JEFE INMEDIATO		
<i>Elaborado por</i>		<i>Revisado por</i>		<i>Aprobado por</i>




INDURRUEDAS LTDA.			
MANUAL DE FUNCIONES			
AUXILIAR DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO	P-203
		REVISIÓN	0
		FECHA	
		PÁGINA	1 de 3
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
NOMBRE DEL CARGO	AUXILIAR DE PRODUCCIÓN		
DEPARTAMENTO O SECCIÓN	PRODUCCIÓN		
CARGO DEL SUPERIOR INMEDIATO	JEFE DE PRODUCCIÓN		
HORARIOS	7:00 a.m. a 3:30 p.m.		
OBJETIVO DEL CARGO			
Apoyar y reforzar la realización del proceso de fabricación facilitando su adecuada y correcta secuencia.			
DIMENSIONES DEL CARGO			
Procesamiento de 10 carretillas diarias.			
2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES			
FUNCIONES PRINCIPALES			PERIODICIDAD
1.	Alistamiento de las lonas de caucho fibra a dimensiones 10X10 cms o 10x25 cms, mediante el proceso de picado de caucho fibra, pesaje y agrupamiento de los pedazos de acuerdo a la composición requerida de la pasta.		Diariamente
2.	Ensamble final de las referencia 6", 8", 9" y Rodelia con su respectiva inspección y lista de chequeo diligenciada para la regularización de las especificaciones de la rueda.		Diariamente
3.	Cortar la pasta de caucho con el fin de obtener la franja adecuada para una rueda haciendo uso racional de la materia prima según la orden de producción, tomando las medidas exactas para efectuar el cálculo de áreas buscando siempre que haya una óptima di		Diariamente
4.	Cortar las láminas metálicas con el fin de obtener las franjas adecuadas para la fabricación de una rueda haciendo uso racional de la materia prima según la orden de producción, tomando las medidas exactas para efectuar el cálculo de áreas buscando siempre		Diariamente
5.	Optimizar los atributos estéticos y presentación de las ruedas, mediante los procesos de peluqueo y pintado.		Diariamente
6.	Utilizar permanentemente los implementos de seguridad industrial, el correcto y adecuado manejo y conservación de la herramienta, equipos y máquinas a su cargo y llenar la planilla de producción con buena caligrafía registrando todos los datos requeridos.		Diariamente
7.	Informar inmediatamente al Jefe De Producción sobre cualquier anomalía o duda que encuentre en la orden de producción o al elaborar el trabajo		Diariamente
8.	Realizar la limpieza del puesto de trabajo y colaborar con la limpieza general de la planta al final de cada jornada.		Diariamente
9.	Colaborar activamente en las distintas acciones que programe el Jefe de Producción, en especial en aquellas que guardan relación directa con el proceso de preparación del caucho.		Diariamente
FUNCIONES SECUNDARIAS			PERIODICIDAD
1.	Realizar el corte de platinas y manzanas.		Diariamente
2.	Efectuar la limpieza de los baños de la planta de producción.		Semanalmente
3.	Apoyar el proceso de descarga de materia prima y de carga y despacho de productos terminados en la planta de producción.		Mensualmente

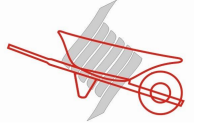


	AUXILIAR DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO	P-203
			REVISIÓN	0
			FECHA	
			PÁGINA	3 de 3
6. NIVEL DE ESFUERZO				
MENTAL:				
Estas labores requieren de pequeña concentración constante, por la relativamente baja complejidad de las tareas.				
FÍSICO:				
Este cargo requiere esfuerzo en la carga, descarga y transporte de objetos pesados (el 80% del tiempo) que generan una fatiga poco usual.				
7. RIESGOS				
FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	EFFECTOS EN LA SALUD		
Físicos	Alta	Ruido y temperaturas extremas, condiciones inseguras de la planta.		
TRABAJADOR		JEFE INMEDIATO		
<i>Elaborado por</i>		<i>Revisado por</i>		<i>Aprobado por</i>




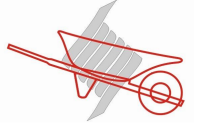
Anexo No 29: Tiempos establecidos. Ruedas con rines metálicos

	Tiempos establecidos. Elaboración de Ruedas Macizas con radios metálicos			Código: DP.11-00
	Elaboración:		Revisión:	Versión: 1
		Página: 1 de 4		
ITEM OPERACIÓN	Tiempos (min)			
	Tiempo operación	RMIN 1½"	RMIN 2½"	RMIN 3"
CORTE DE LAMINA	12.68	0.37	0.36	0.66
CILINDRADO TIRA METALICA	0.31	0.31	0.42	0.42
SOLDADURA POR PUNTOS	0.34	0.34	0.34	0.47
CORTE DE PLATINA	0.78	0.64	0.64	0.67
PUNTEADO	1.25	1.25	1.25	1.25
RESOLDADO	3.12	2.17	2.34	2.59
AÑADIR VULCANIZANTE AL	0.15	0.15	0.15	0.19
AÑADIR DESMOLDANTE	2.48	0.09	0.09	0.09
CORTE DE CAUCHO FIBRA	35.05	0.91	1.06	1.27
MOLDEADO MOLINO	9.71	1.11	1.19	1.55
MOLDEADO	22.49	2.81	3.21	3.75
CORTE EN TIRAS	1.36	0.38	1.08	0.88
INTRODUCIR CAUCHO Y ARO	0.25	0.25	0.25	0.33
VULCANIZADO	24.56	16.19	16.26	15.78
REMOCIÓN DE REBABA	0.60	0.60	0.48	0.53
CORTE DE MANZANA	9.86	0.23	0.32	0.45
SOLDADURA DE MANZANA	2.35	2.35	2.35	3.25
EMBUJE	0.35	0.35	0.37	0.38
PINTURA	0.22	0.22	0.22	0.22
EMBALAJE	0.65	0.10	0.11	0.12
TOTAL		30.828	32.480	34.846



Anexo No 30: Tiempos establecidos. Ruedas macizas vulcanizadas

 ITEM OPERACIÓN	Tiempos Establecidos Elaboración de Ruedas Macizas con Rin							Código: DP.12- 00
	Elaboración:	Revisión:	Aprovación:				Versión: 1 Página: 1 de 4	
	Tiempos (min)							
	Tiempo operación	6"	8" Lamina	8" Aluminio	8" especial	Rodelia	9" especial	
CORTE DE CAUCHO FIBRA	35.05	0.40	0.64	0.64	0.79	0.79	0.79	
» Transporte	63.95							
MOLDEADO MOLINO PEQUEÑO	9.71	0.32	0.49	0.49	0.49	0.55	0.55	
» Transporte	57.64							
MOLDEADO	22.49	0.94	1.41	1.41	1.41	1.61	1.61	
CORTE EN TIRAS	1.36	0.40	0.76	0.76	0.93	1.03	1.08	
INTRODUCIR CAUCHO EN EL MOLDE	0.25	0.15	0.15	0.15	0.19	0.26	0.22	
VULCANIZADO	24.56	14.86	15.21	15.21	15.21	16.07	16.07	
REMOCIÓN DE REBABA	0.60	0.50	0.80	0.80	0.80	0.70	1.04	
» Transporte	3.82							
AÑADIR DESMOLDANTE	2.48	0.13	0.10	0.10	0.12	0.12	0.10	
ENSAMBLE	2.30	1.42	1.54	3.11	3.05	4.39	3.00	
EMBTUNADO	1.12	0.62	0.55	0.55	2.12	1.50	1.50	
PELUQUEADO	0.55	0.42	0.50	0.50	0.60	2.46	0.60	
EMBALAJE	0.65	0.05	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
» Transporte	10.60							
TOTAL		20.216	22.736	24.306	26.308	30.081	27.164	



Anexo No 31: Lista de materiales

FENIX SIIC v2.9 por Soluciones Perceptivas © INR-00

Módulos: Mantenimiento Procesos Especiales Administración

INDUSTRIA DE RUEDAS LIMITADA

Lista de Plantillas de Inventarios

Nombre

RUEDA 250-280-4 COR IMSA

RUEDA 250-280-4 INDU 2LONAS

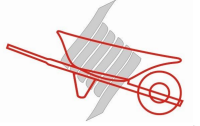
RUEDA 350- RIN POLICARBONO

RUEDA 350-8 FORTUNE IN ALUMINIO 5/8

Artículos del documento: 00-00-000098 [X]

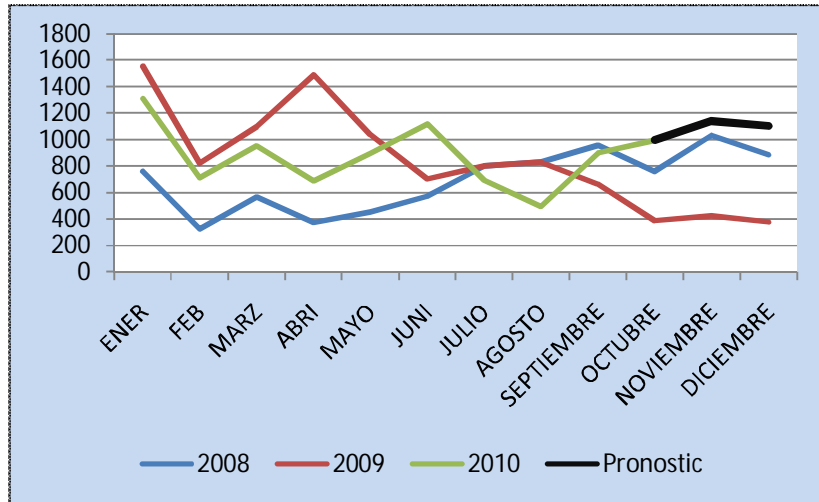
Código	Artículo	Cantidad	Unitario
BEMG-011	ESMALTE MAESTRO ROJO 1/1	-0,01	20.197,70
RABL-002	BALINERA 5/8"	-2,00	650,00
RACA-004	CAUCHO DE 9 ESPECIAL	-1,00	1.084,00
RARI-006	RIN ALUMINIO 9" ESP.	-1,00	3.700,00
TORN-015	WASA PRESION 5/16	-3,00	33,75
TORN-016	TUERCA SEGURIDAD 5/16	-3,00	38,62
TORN-027	TORNILLO HEXAG. 5/16 X 1 1/4	-3,00	67,74

ESC Retornar F5 Ver observacion del art/Serv. CAPS ORLANDO DESKTOP WINDOWS XP 11:26:35

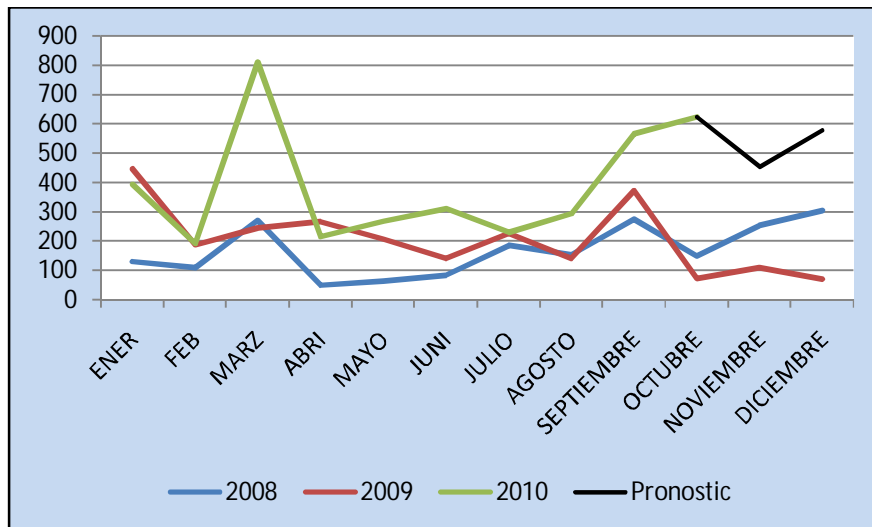


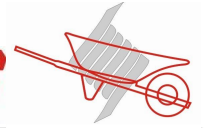
Anexo No 32: Comparativo ventas, pronósticos

Ventas Rueda 2"½

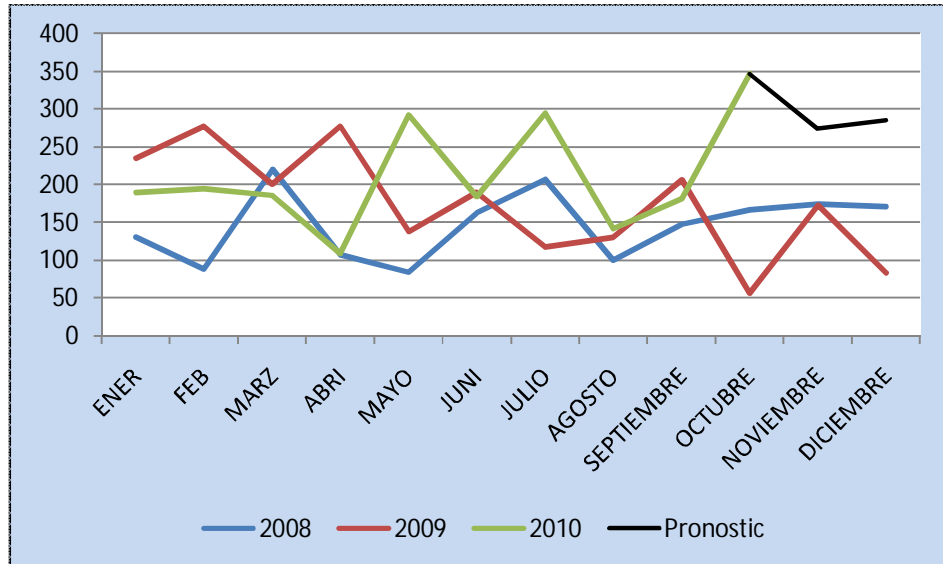


Ventas Rueda 1"½

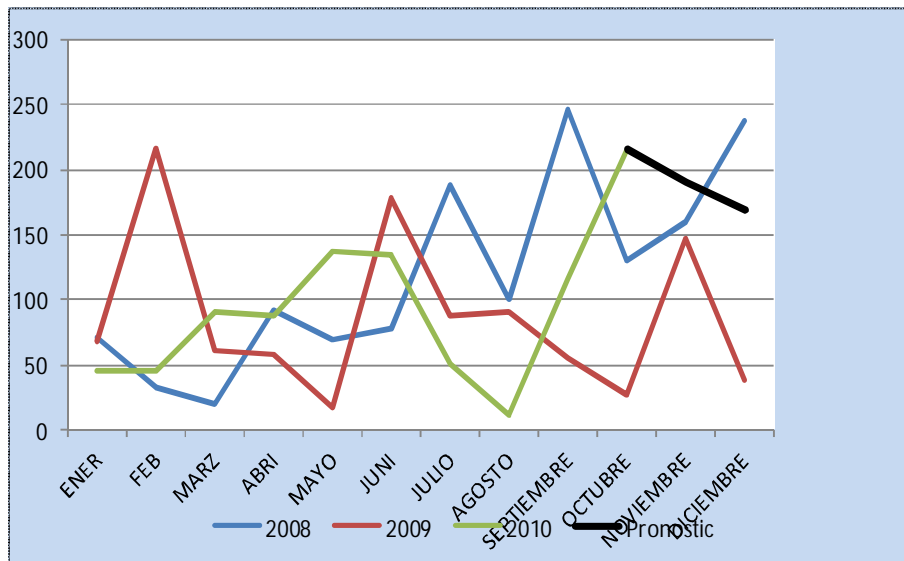


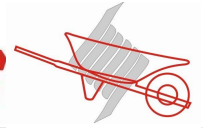


Ventas Rueda 3"

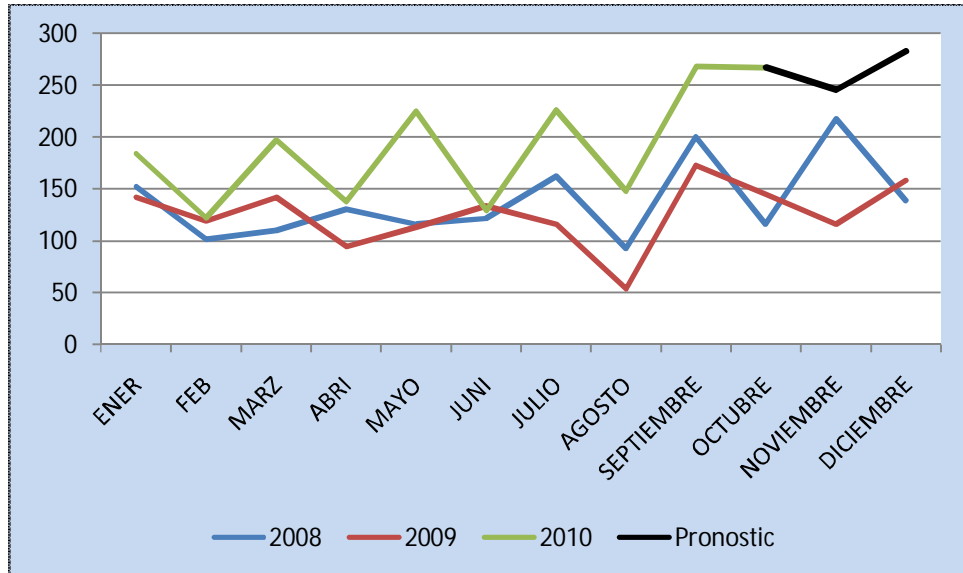


Ventas Rueda Rodelia

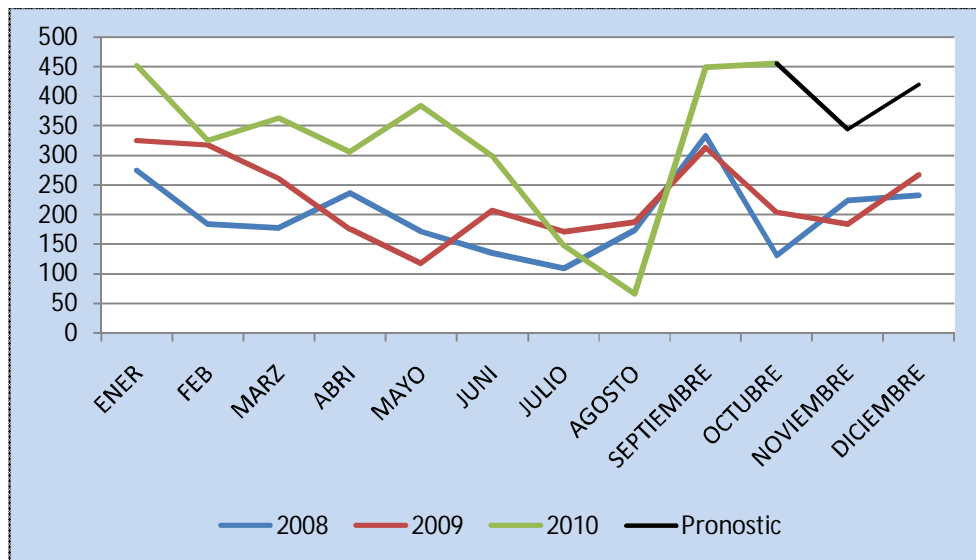


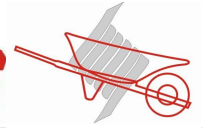


Ventas Rueda 8"

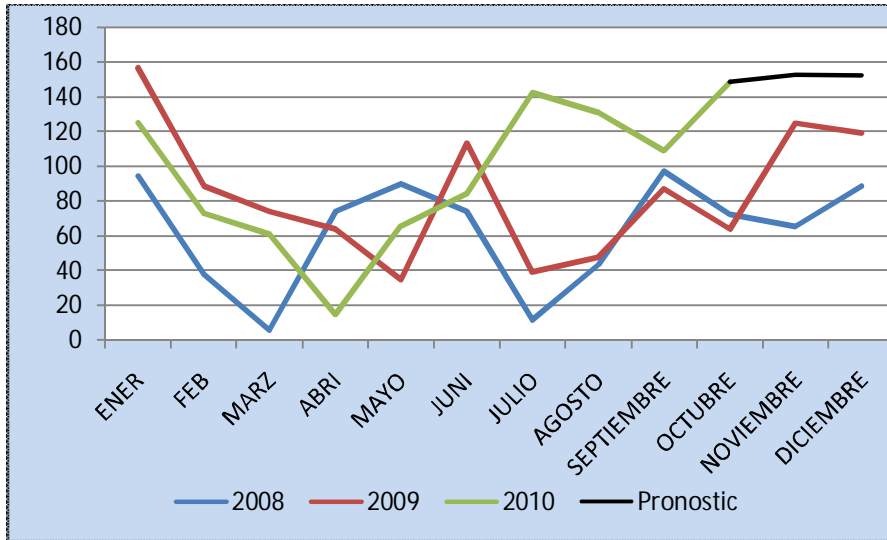


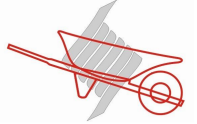
Ventas Rueda 6"





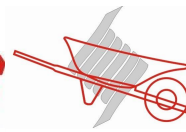
Ventas Rueda 9"






Anexo No 33: verificación pronósticos

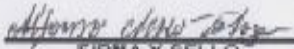
	Pronostico Demanda	Ventas reales	Desviación	SCEP	Desv. ABS	Suma. Abs	DMA	ST
RUEDA MACIZA 6 CON BAL. RIN LAMINA	267	333	66	66	66	66	66.08	1.00
	246	198	-48	18	48	114	56.88	0.32
	283	246	-37	-18	37	150	50.16	-0.36
	267	236	-31	-50	31	182	45.43	-1.09
	298	277	-21	-71	21	203	40.60	-1.74
	239	315	76	5	76	279	46.49	0.11
	Pronostico Demanda	Ventas reales	Desviación	SCEP	Desv. ABS	Suma. Abs	DMA	ST
Rueda maciza 8" Rin lamina	456	430	-26	-26	26	26	25.58	-1.00
	344	402	58	32	58	83	41.60	0.77
Rueda maciza 8" Rin aluminio	420	430	10	42	10	93	31.11	1.36
	464	439	-25	17	25	118	29.58	0.58
	430	464	34	51	34	152	30.46	1.68
	440	405	-35	16	35	187	31.22	0.52
	Pronostico Demanda	Ventas reales	Desviación	SCEP	Desv. ABS	Suma. Abs	DMA	ST
RUEDA MACIZA 9" ESPECIAL	148	159	11	11	11	11	11.00	1.00
	152	165	13	24	13	24	12.00	2.00
	152	202	50	74	50	74	24.67	3.00
	152	221	69	143	69	143	35.75	4.00
	118	178	60	203	60	203	40.60	5.00
	113	170	57	260	57	260	43.33	6.00
	Pronostico Demanda	Ventas reales	Desviación	SCEP	Desv. ABS	Suma. Abs	DMA	ST
RUEDA RODELIA	215	265	50	50	50	50	50.00	1.00
	190	217	27	77	27	77	38.50	2.00
	169	197	28	105	28	105	35.00	3.00
	117	105	-12	93	12	117	29.25	3.18
	156	136	-20	73	20	137	27.40	2.66
	116	65	-51	22	51	188	31.33	0.70




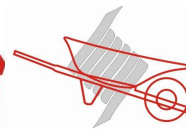
Anexo No 34 Registros de control productivo

	Control Fibras ordinario_C.natural y prevulcanizado	Código: DP.21 14
	Fecha: 01 MAR 2011 To 15 MAR 2011	Versión: 0
		Página: 1 de 1

Fibras ordinario C.natural				CAUCHO PREVULCANIZADO			
Día	Turno	Material preparado	Op	Día	Turno	Material preparado	Op
1	2h	245 kg	Zm, Jov	1			
2	3h	167 kg	2m Jov	2			
3	2h	80 kg	2m Jov	3			
4	4h	41 kg	2m Jov	4			
5				5	2h	46 kg	Zm
6				6	2h	154 kg	Zm
7				7			
8	3h	128 kg	Zm, Jov	8			
9	3h	116 kg	Zm	9			
10	3h	97 kg	Zm	10			
11				11	3h	124 kg	Zm
12				12			
13				13	4h	85 kg	Zm
14				14			
15	3h	41,6 kg	Zm	15			
16				16			

9136

 FIRMA Y SELLO
 JEFE

169

 FIRMA Y SELLO OPERARIO(S)



	Lista de chequeo Producción	Código: DP.22-10
	Fecha: <u>10 MAR. 2010</u>	Versión: 0
		Página: 1 de 1

Molino Peq	
# pasta gras	40
# Pasta fibra	0
# bultos TMTD	2
# Kg azufre	15

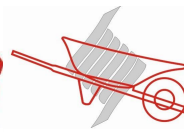
Soldadura 1							
# Aro 3"	46	Pp lamina	12	Pp aro	24	Pp resold	32
# Aro 2"	36	Pp lamina	12	Pp aro	64	Pp resold	42
# Aro 1"	0	Pp lamina	12	Pp aro	12	Pp resold	12

Varios					
# Platin 1 y 2	8	# tubos	24	Kg Fib ord	704
# Platin 3	1			Kg Fib ord_c	312
				Kg Fib prev	157

Vulcanizadora			
# tiras		# tiras	
6"		1	
8"	56	2	53
9"	0	3	26
Rodelia	24	4x10"	

DESPACHO ALMACEN			
PRODUCTO TERMINADO	C	Unidad empaque	Qe
242	72	6	12
142	96	8	12
8	24	8	4
Rod	20	20	2

Molino	
# Pastas	24
# sacos fibra	8
Kgs Ripio	35



	Control Pivante de fibra	Codigo: DP-21-11
		Version: 0
	Fecha: <u>02 FEB 2011</u> To <u>12 FEB 2011</u>	Pagina: 1 de 1

JORNADA									Operarios
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	X	X	X	X	X	X	X	X	Sim y dav
2	X	O	O	O	O	Δ	Δ	Δ	Sim dav
3									Sim dav
4	X	X	X	X			OO	OO	Sim
5									Sim
6	=	=	=	=	ΔΔ	ΔΔ	ΔΔ	ΔΔ	Sim y dav
7									
8	OOO	OOO	OOO						Sim y dav
9									
10	X	XX	XX	XX	O	O	O	O	Sim
11									Sim
12	Δ	Δ	Δ	Δ					Sim
13									
14									
15	Cacheta de fibra								Sim

INDURRUEDAS S.A. @ para su respectiva actividad y adecuada ayudando a disminuir costos.

FIRMA Y SELLO JEFE

FIRMA Y SELLO OPERARIO(S)

1

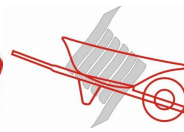
2

3

4

5

Anexo No 35: Control de productos terminados e inventarios



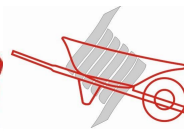
	Planilla de producción: Ensamble Ruedas	Código: DP.21-71
		Versión: 0
	Fecha: 01 ABR 2011 To 14 ABR 2011	Página: 1 de 1

Día	Ruedas Ensambladas						Operario
	6"	8"	9"	Rodella	4x10"	Otros	
1		40	20	12	4		Yersa
2							
3							
4	2	100		4			Yersa
5		130					Yersa
6		80	20				Yersa
7							
8			80	40			Yersa
9							
10							
11	24			8			Yersa
12	24		76				Yersa
13		46	46	12			Yersa
14							
15		130					Yersa
16				24	2		Yersa
17							

FIRMA Y SELLO
INDURRUEDAS LTDA.
 NIT: 890.207.956-5

FIRMA Y SELLO OPERARIO(S)

FIRMA AUTORIZADA - TEL: 6304422

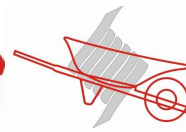


	Planilla de producción: Vulcanizado		Código: DP21-40
			Versión: 0
	Fecha: 01 MAR 2011 To 16 MAR 2011 01 MAR 2011		Página: 1 de 1

Día	Unidades elaboradas:								
	0"	3"	9"	Fodella	1 1/2"	2 1/2"	3"	4x10"	Otros
1		64			64	64			
2		64			64	64			
3		66			66	66			
4		64			60	60			
5	58				72	60	36		
6			64	21		64	36		
7									
8			56	24		53	36		
9		60			60	60			
10		62			60	60			
11		64			62	52			
12			64	30		60	30		
13		58			60	56			
14									
15		60			60	60			
16									
17									

FIRMA Y SELLO
JEFE

FIRMA Y SELLO OPERARIO(S)



Anexo No 36: Modificaciones realizadas a maquinaria

INDUSTRIA METALMECANICA ZAMBRANO
Fabricación y Reconstrucción de Repuestos Automotores y Maquinaria Industrial
TORNOS - FRESADORA - TALADRO - PRESAS HIDRAULICAS

Gracias por preferirnos

Carrera 13 No. 23-30 - Tel: 6302688 - Cels. 315 648 7302 - 311 230 6009

FECHA DE FACTURACIÓN: 02 / 08 / 2010
Jairo Zambrano Gómez NIT. 13.839.245-7 RÉGIMEN COMÚN
 FACTURA DE VENTA Nº 5042

Señor(es): INDURRUEDAS LTDA
 Nit: 890.207.956-5
 Dirección: Kra 17 # 21-33 Bucaramanga Tel: 6304422

CANT.	DETALLE	VR. UNIT.	VALOR TOTAL
1	Fabricacion y Ajuste Masas Molino		\$1'100.000
1	Maquinado Bronces Puntas Masa		\$200.000
SUB-TOTAL			\$1'120.690
IVA			\$179.310
TOTAL \$			\$1'300.000

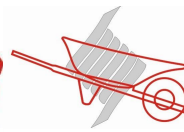
INDUSTRIA METALMECANICA "ZAMBRANO" Jairo Zambrano Gómez Cra. 13 No. 23-30 Bucaramanga

RESERVACIONES: Resolución DIAN 40000139382 FECHA 01/20/2011 Autoriza del 5001 al 10000

ESTA FACTURA POR SI SOLA SUJETA LOS EFECTOS DE TITULO VALOR EN RAZON DEL CUMPLIMIENTO DE LO ESTABLECIDO EN LA LEY 1311 DEL 2009 EFECTIVO TRIBUTARIO CONGRESO DE COMERCIO Y COMERCIO NORMAL

Vendedor: *[Firma]* Radic: *[Firma]*

Luz Marina Lozano Argüello NIT. 63.447.149-7 Cel: 311 577 6084



INDUSTRIA METALMECANICA
ZAMBRANO
J Z G

Fabricación y Reconstrucción de
Repuestos Automotores y Maquinaria Industrial
TORNO - FRESADORA - TALADRO
Prensa HIDRÁULICA

Gracias por preferirnos

Carrera 13 No. 23-30 - Tel: 6302688 - Cels. 315 648 7302 - 311 230 6009

FECHA DE FACTURACIÓN
19 08 2010

Jairo Zambrano Gómez
NIT. 13.839.245-7
RÉGIMEN COMÚN

FACTURA DE VENTA
Nº 5050

Señor(es): INDURRUEDAS LTDA
NIT. 890207956-5
Dirección: Kra 17 #21-33 Tel. 6304422

CANT.	DETALLE	VR. UNIT.	VALOR TOTAL
1	Fabricacion y Adaptacion Tornillo Prensa manual		\$550.000
1	Adaptacion Quemador Prensa manual		\$300.000
1	Refuerzo y Cepillada Plancha Prensa manual		\$450.000

INDUSTRIA METALMECANICA
"ZAMBRANO"
Jairo Zambrano Gómez
Cra. 13 No. 23-30 Tel: 630 2688
Bucaramanga

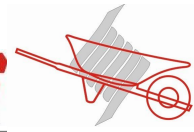
OBSERVACIONES: Resolución DIAN 40000139382 FECHA 01/20/2011 Autoriza del 5001 al 10000

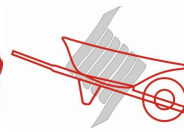
SUB-TOTAL	\$1.120.690
IVA	\$179.310
TOTAL \$	\$1.300.000

ESTA FACTURA POR SI SOLA SURTE LOS EFECTOS DE TITULO VALOR, EN RAZON DEL CUMPLIMIENTO DE LO ESTABLECIDO EN LA LEY 1231 DEL 2008 ESTATUTO BUCARANGUEÑO, CODIGO DE COMERCIO Y DEMAS NORMAS

Vendedor Recibi
Firma Firma

Luz Marina Lozano Arguello Nit. 63.447.149-7 Cel: 311 577 8084





Anexo No 37: Diagrama de flujo por centros de trabajo

	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 1)		Código: PR-9.7-01
			Versión: 1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	
	Reg. GM-03	Reg. CMT-04	
Página: 1 de 2			

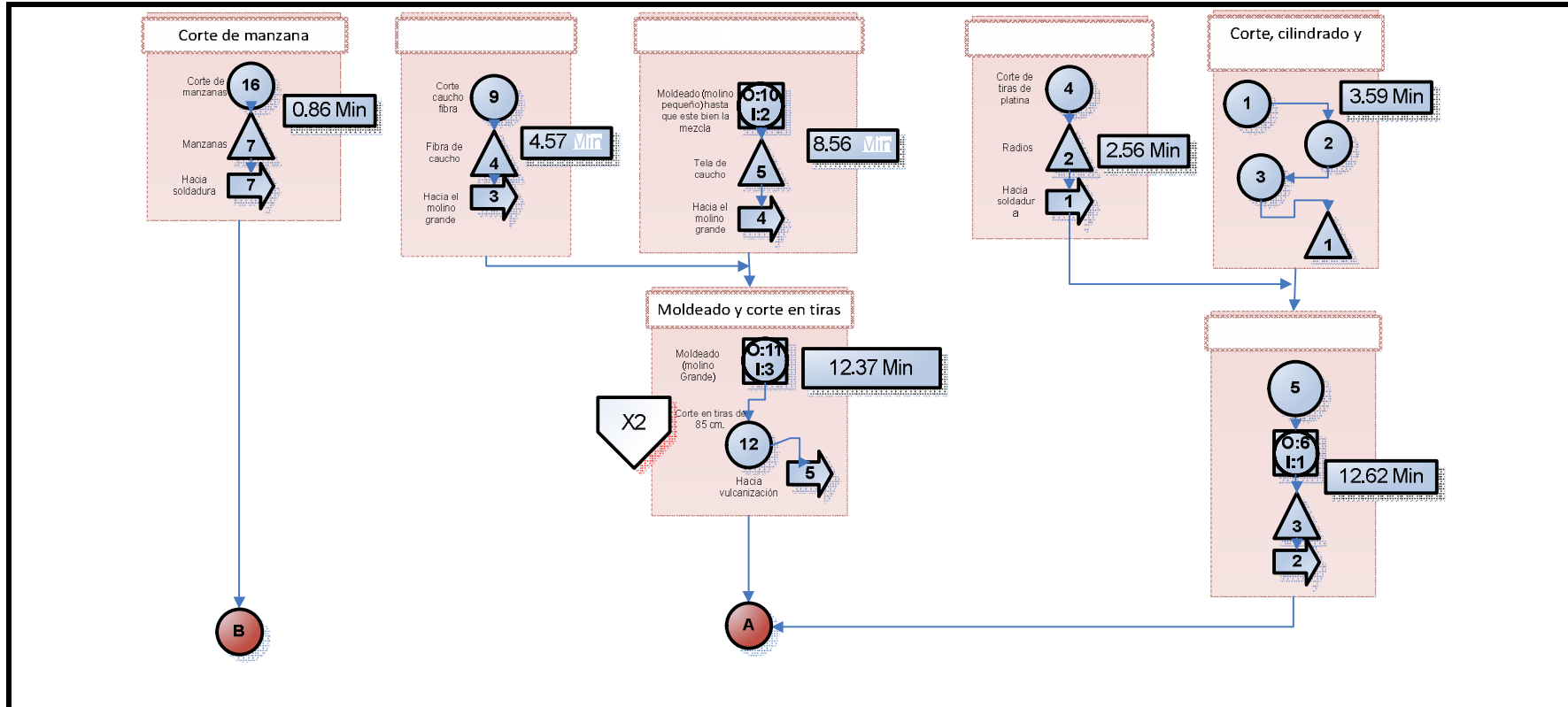
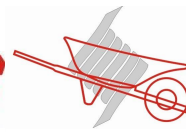


	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 1)		Código:	PR-9.7-01
			Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 2 de 2	

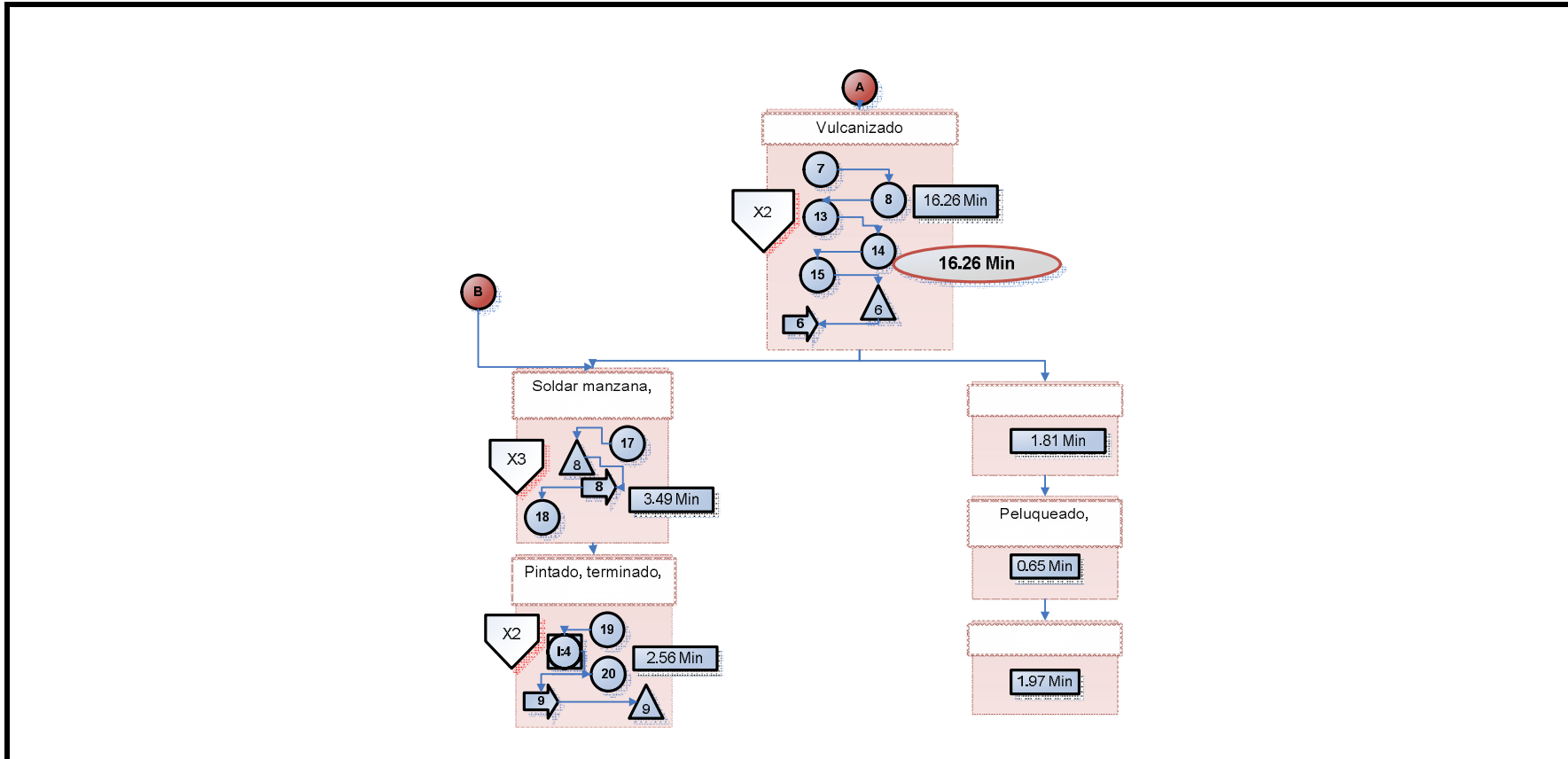
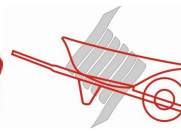
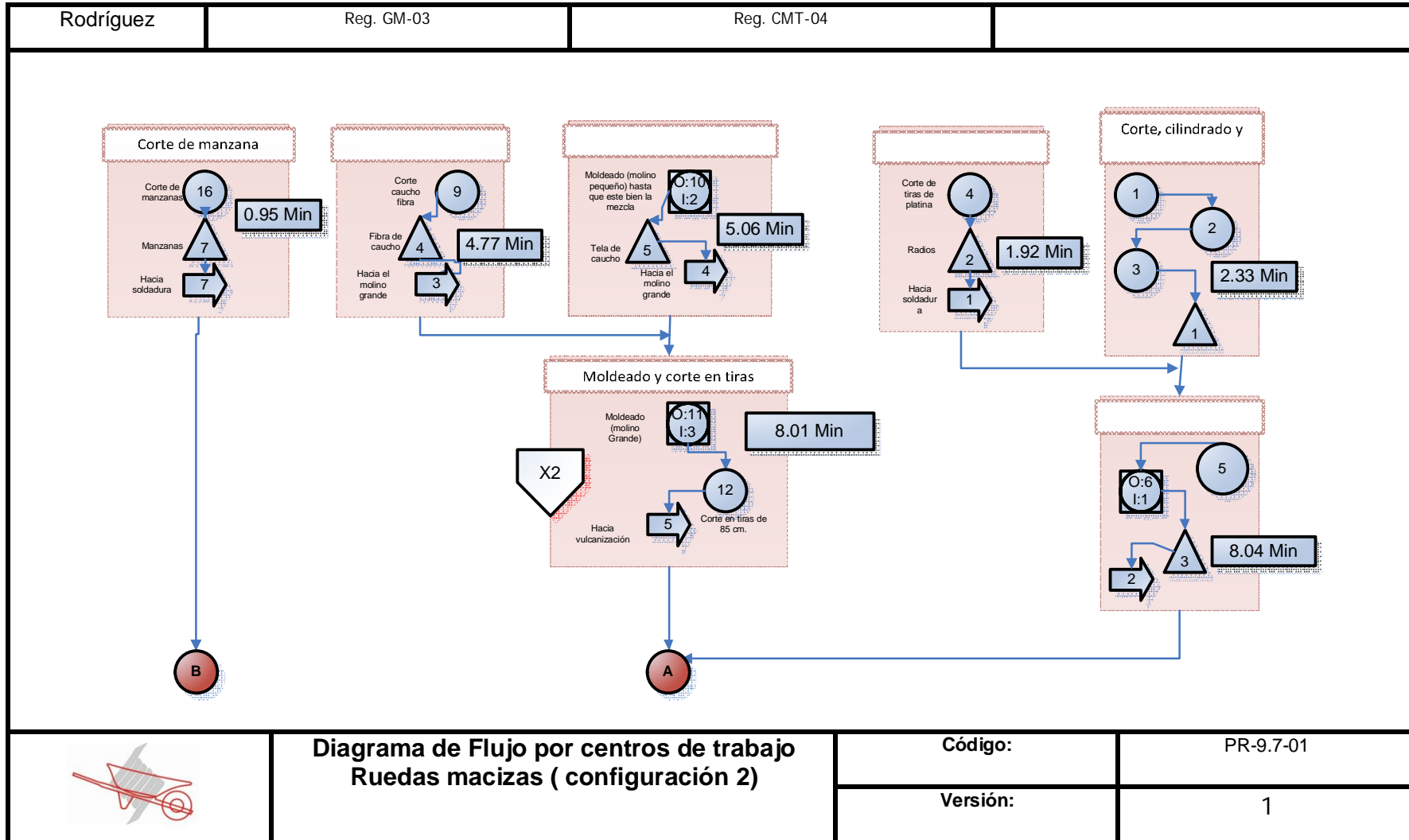
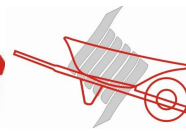


	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 2)	Código:	PR-9.7-01
		Versión:	1
Autor: Jorge O.	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	Página: 1 de 2



**Diagrama de Flujo por centros de trabajo
Ruedas macizas (configuración 2)**

Código:

PR-9.7-01

Versión:

1

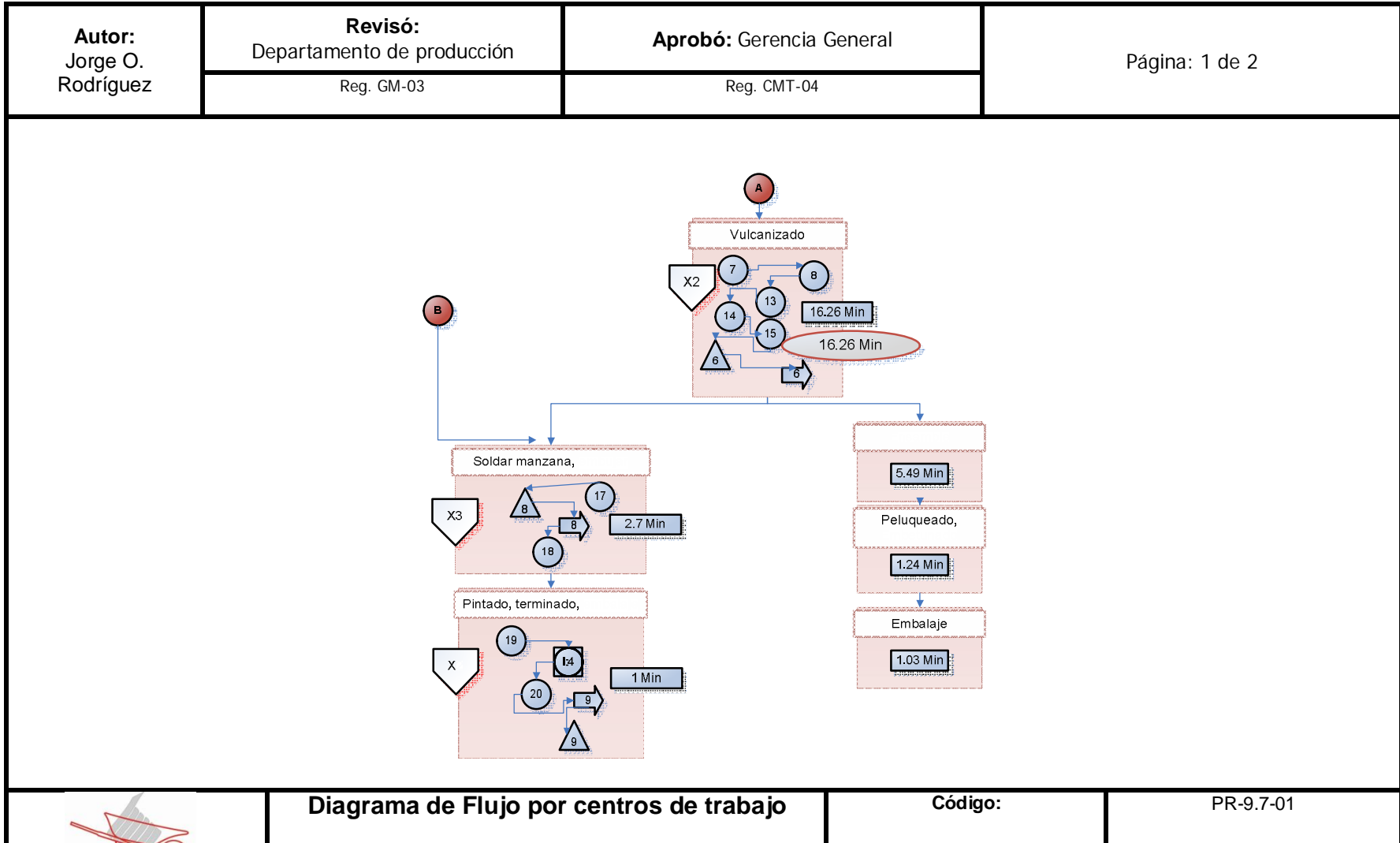
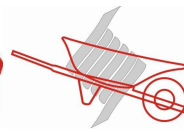
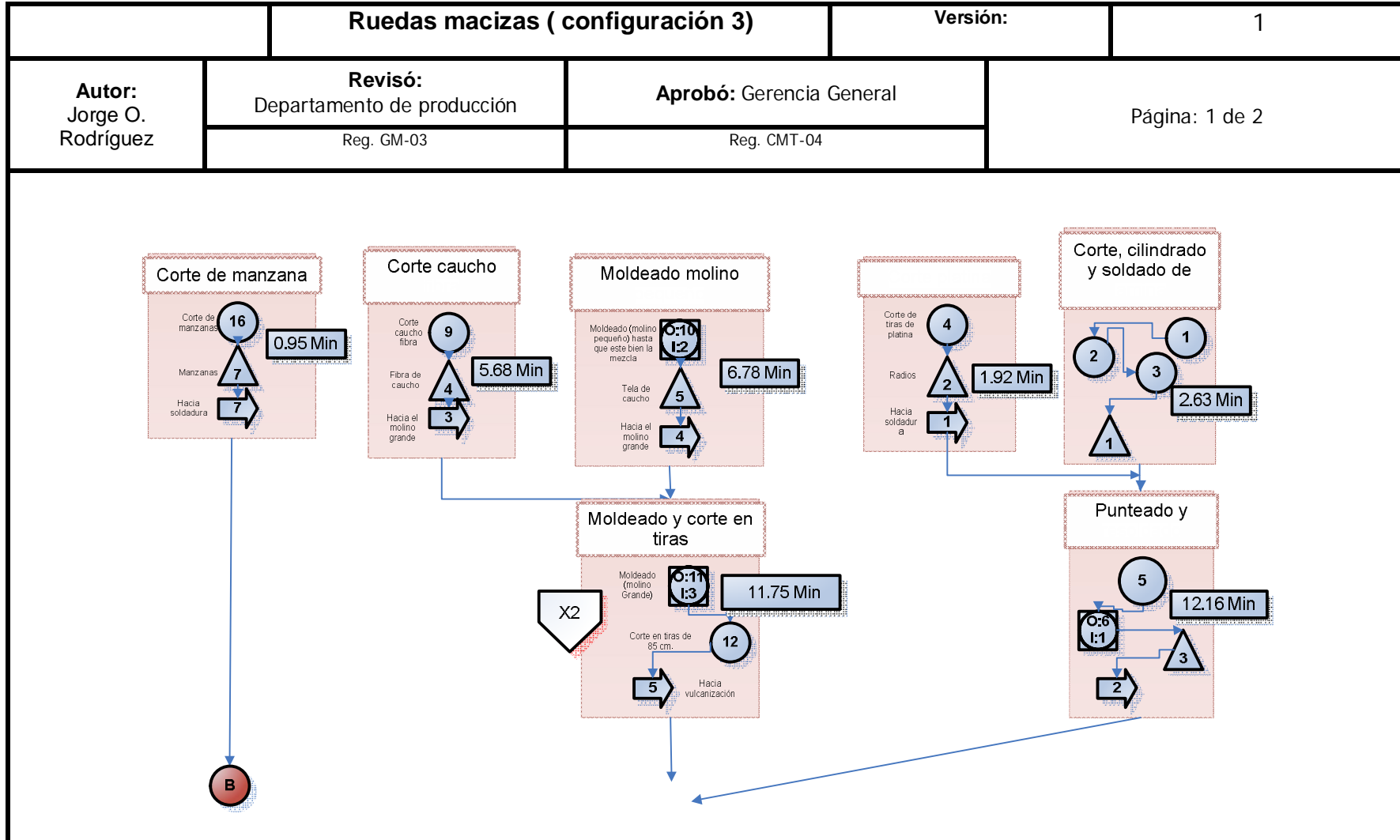
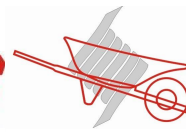
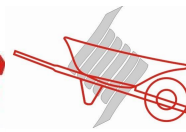



Diagrama de Flujo por centros de trabajo

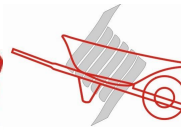
Código:


PR-9.7-01





	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 3)		Código:	PR-9.7-01
			Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción		Aprobó: Gerencia General	
	Reg. GM-03		Reg. CMT-04	
Página: 2 de 2				
Anexo No 38: Diagrama multiprocesos con mejoras implementadas				



	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 4)		Código: PR-9.7-01
			Versión: 1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción	Aprobó: Gerencia General	
	Reg. GM-03	Reg. CMT-04	
Página: 1 de 2			

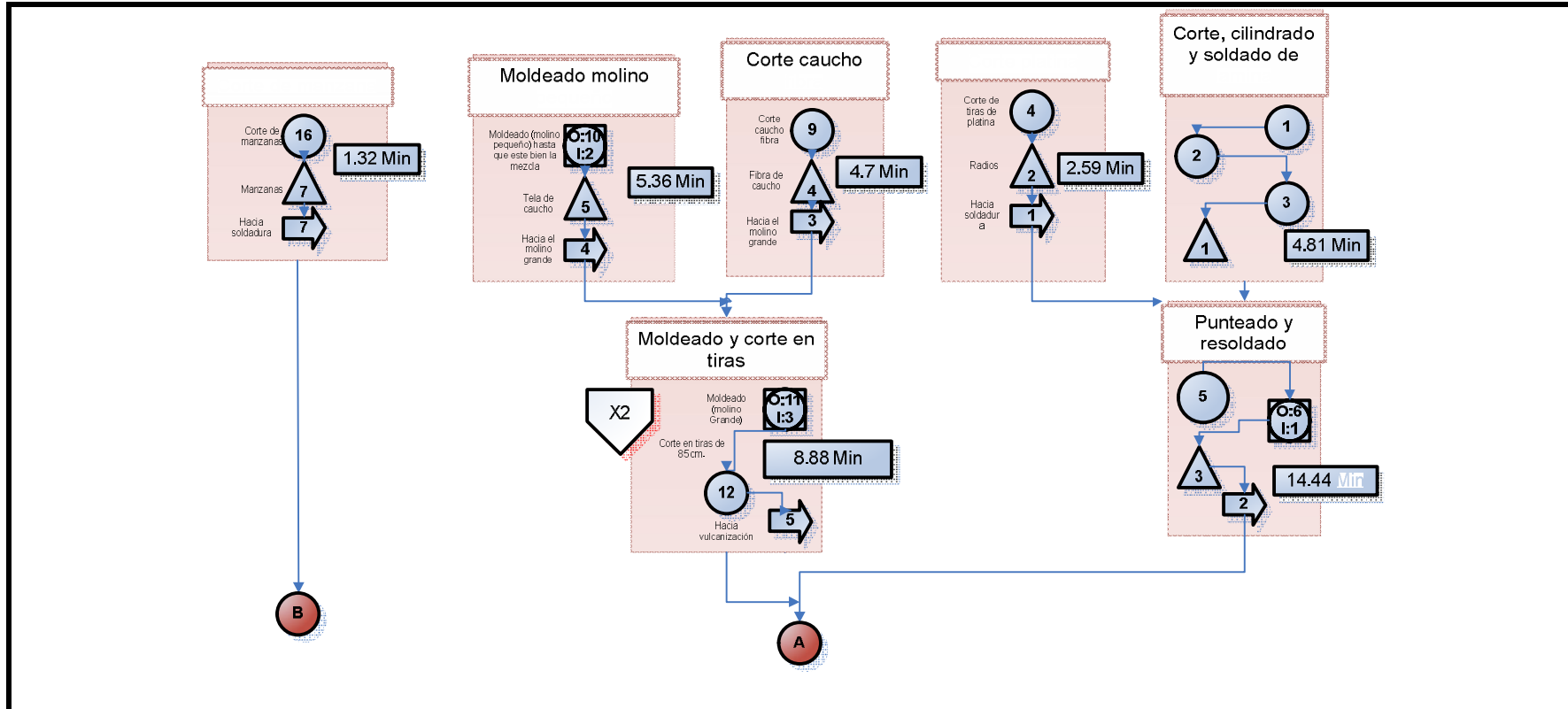
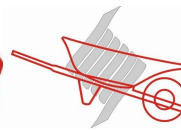


	Diagrama de Flujo por centros de trabajo Ruedas macizas (configuración 4)	Código:	PR-9.7-01
		Versión:	1
Autor: Jorge O. Rodríguez	Revisó: Departamento de producción Reg. GM-03	Aprobó: Gerencia General Reg. CMT-04	Página: 1 de 2

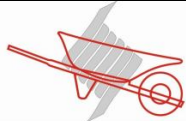
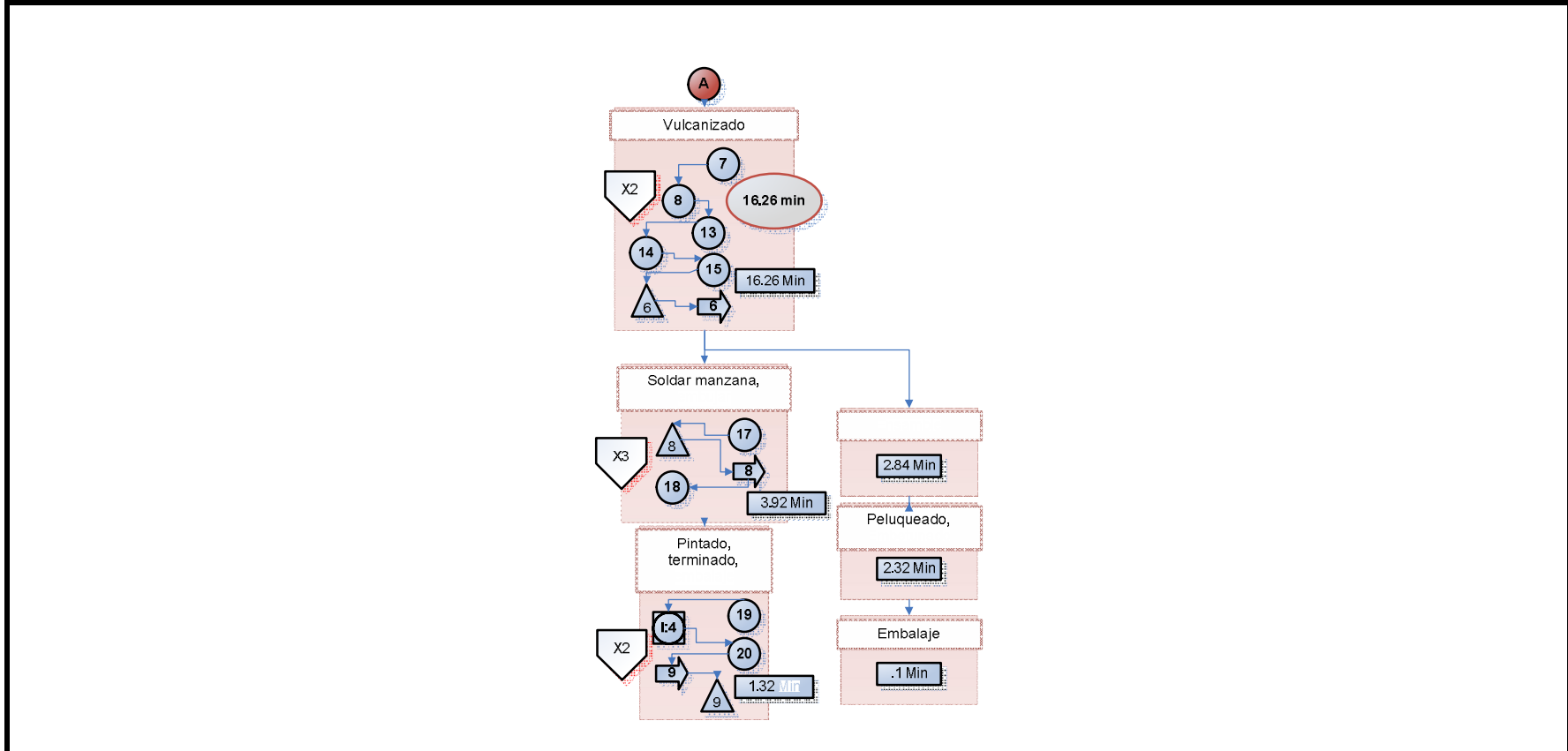
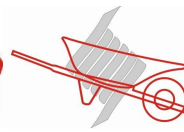


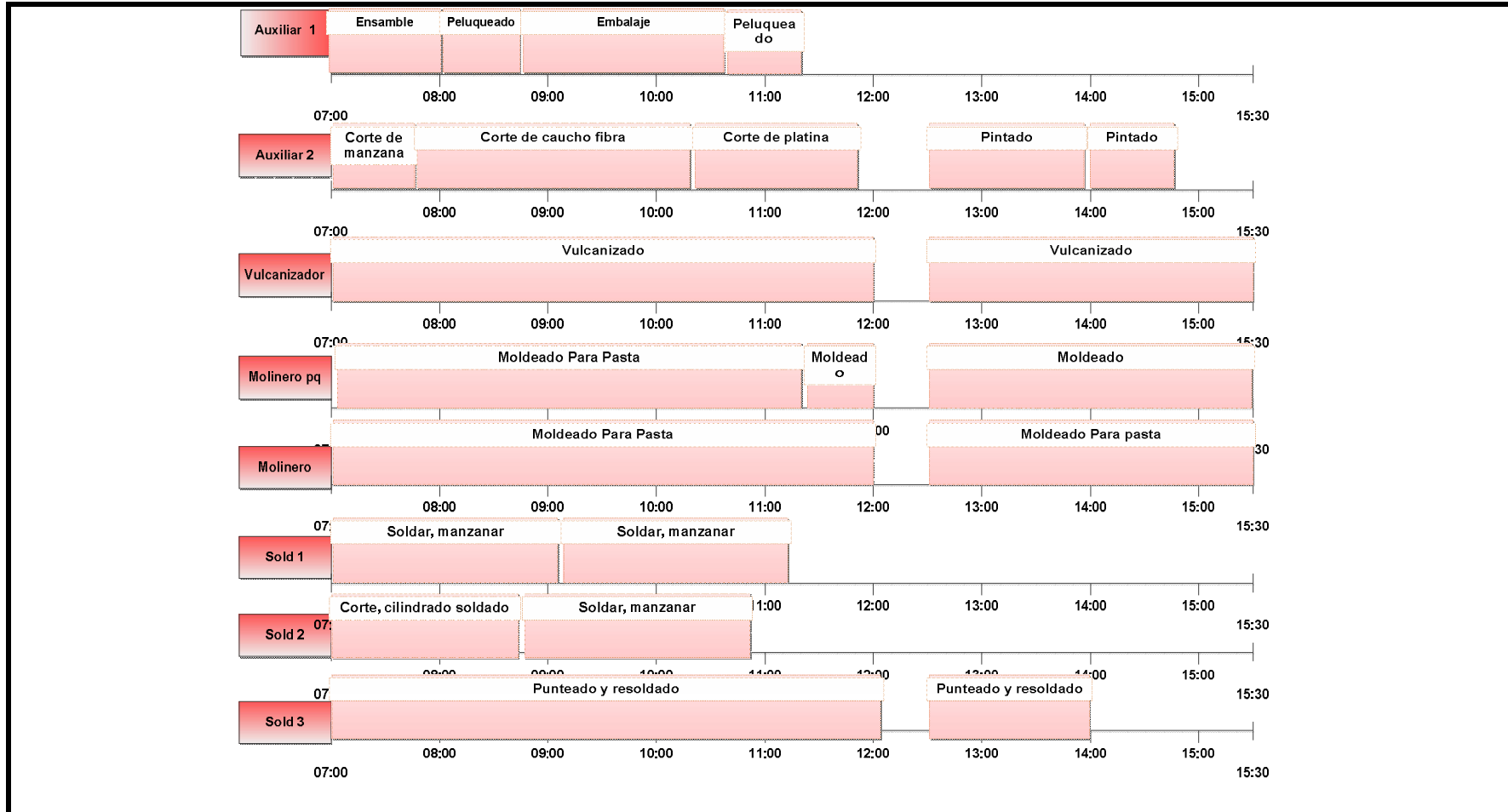
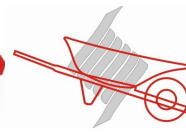
Diagrama Multiprocesos (configuración 3)

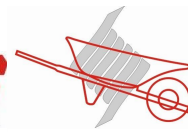
Código:

PR-9.8-01

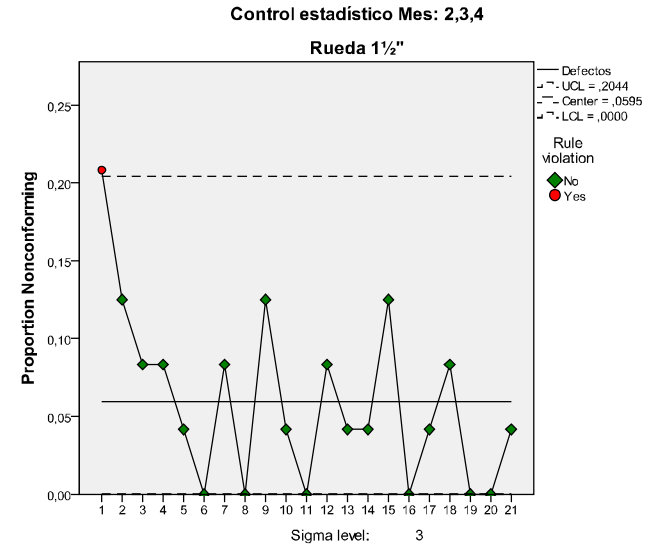
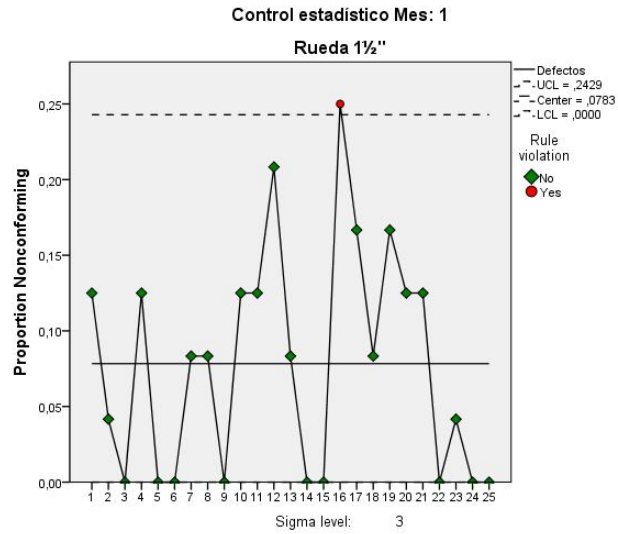
Versión:

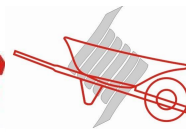
1



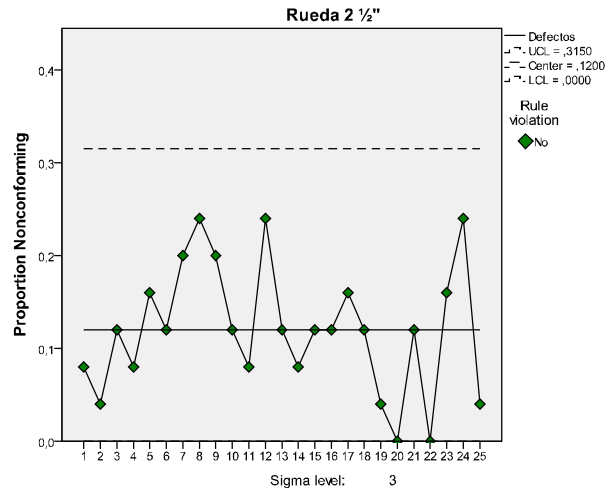


Anexo No 39: Control estadístico por atributos

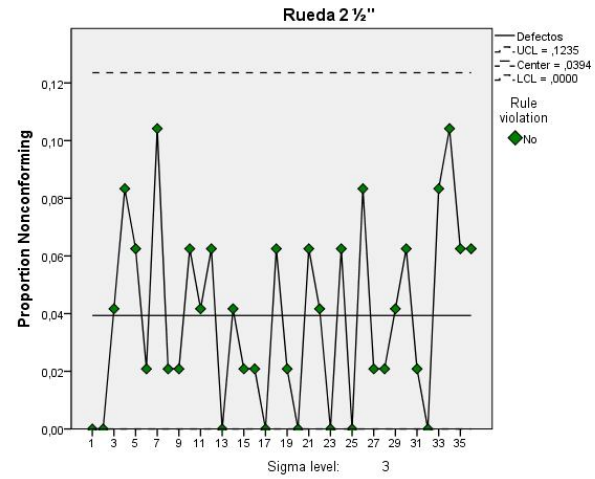


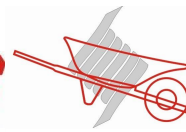


Control estadístico Mes: 1



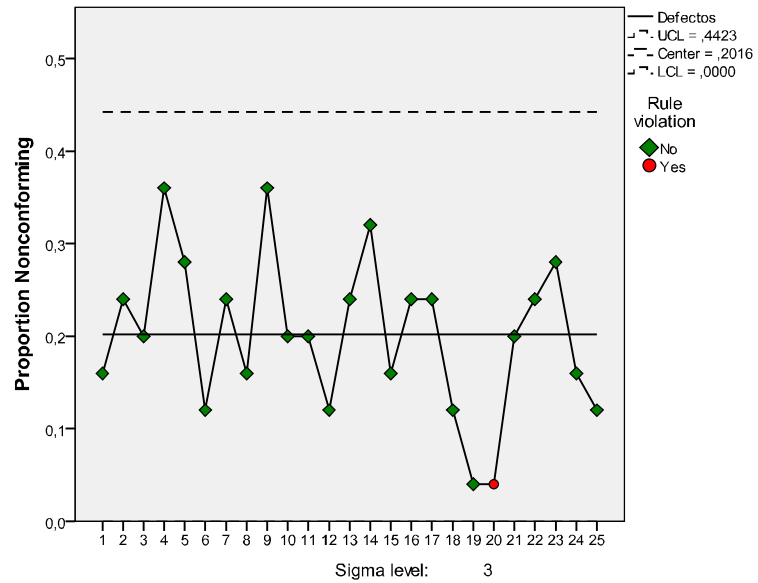
Control estadístico Mes: 2,3,4





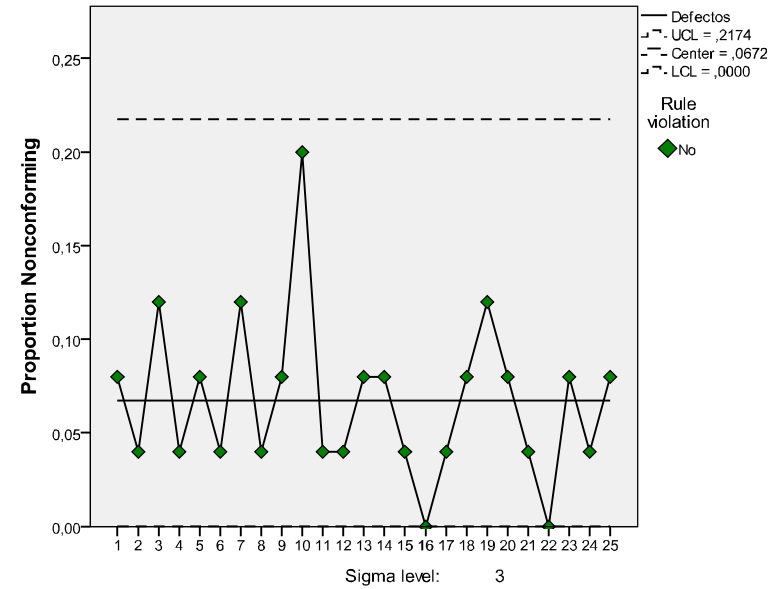
Control de producción Mes: 1

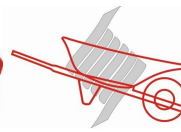
Rueda 3"



Control de producción Mes: 2,3,4

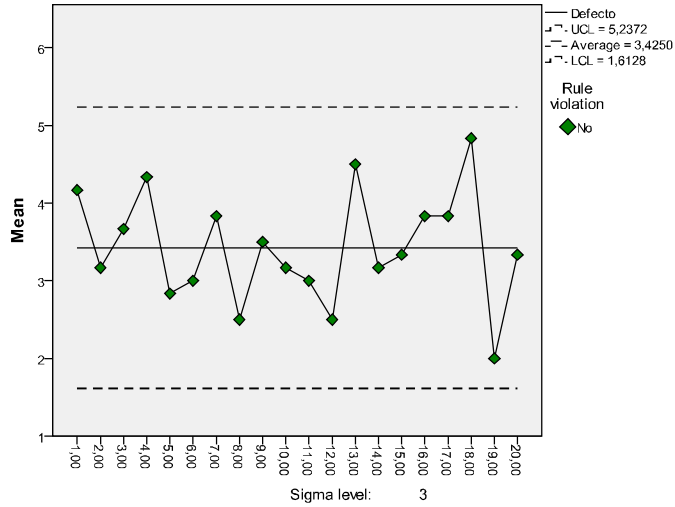
Rueda 3"





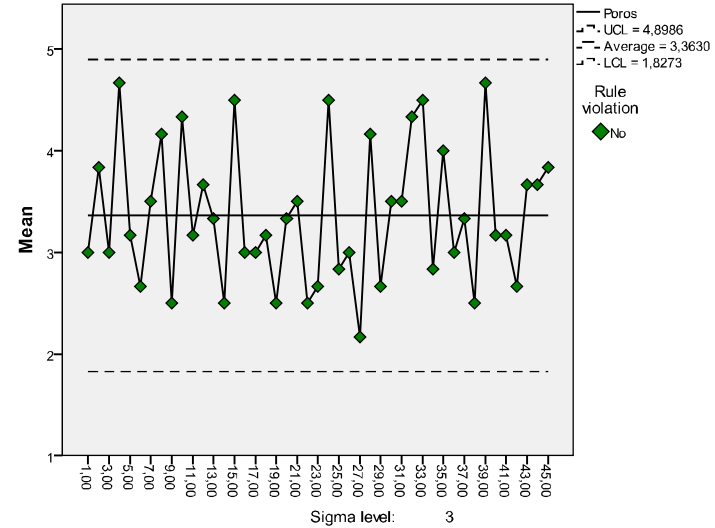
Control Estadístico inicial

Rueda 6"



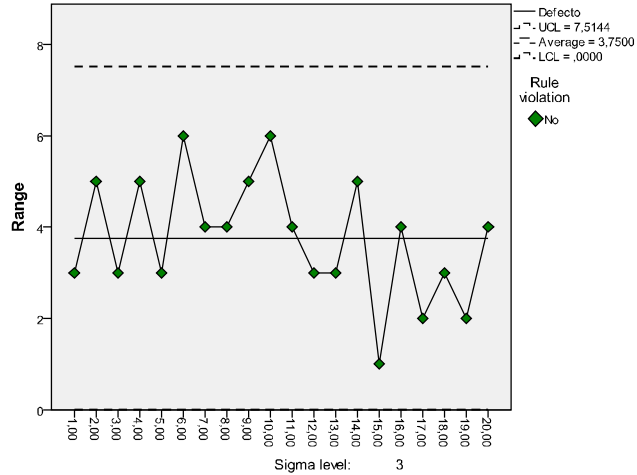
Control estadístico

Ruedas 6"



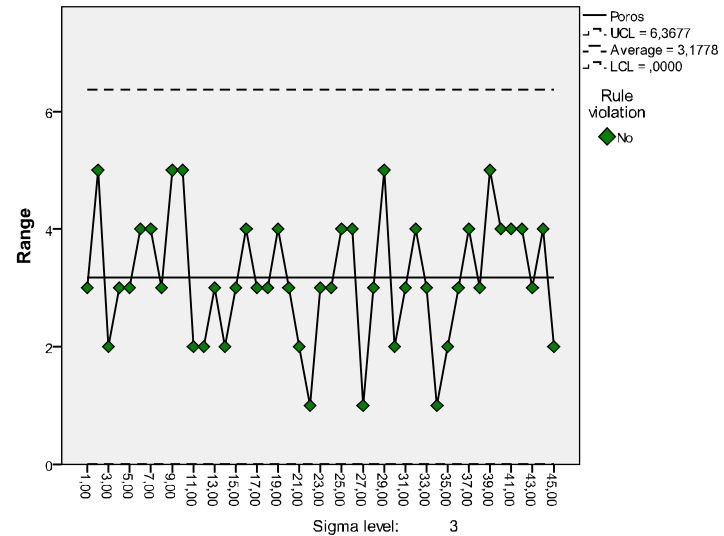
Control Estadístico inicial

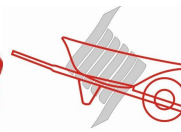
Rueda 6"



Control estadístico

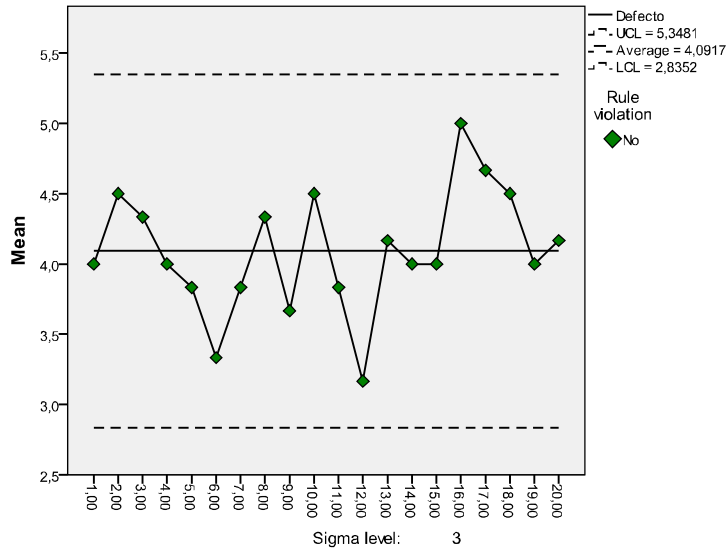
Ruedas 6"





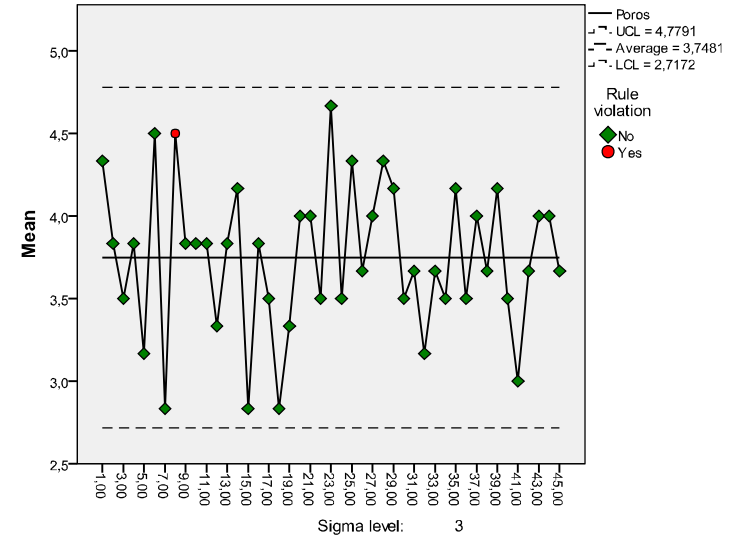
Control Estadístico inicial

Rueda 8"



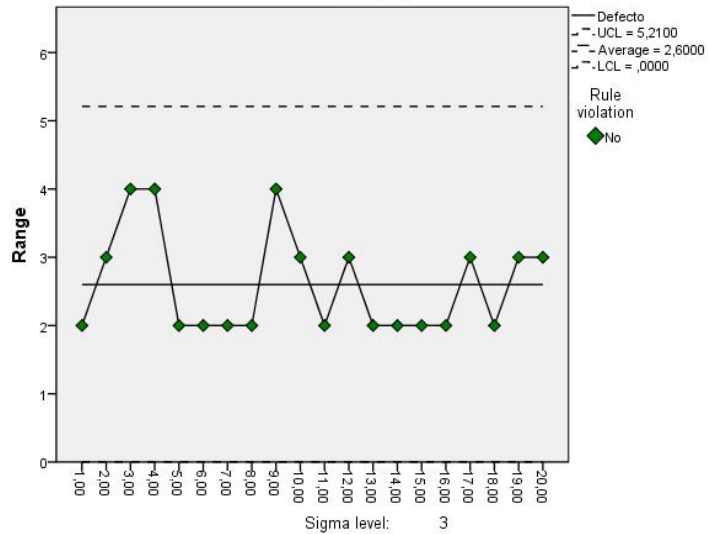
Control estadístico

Ruedas 8"



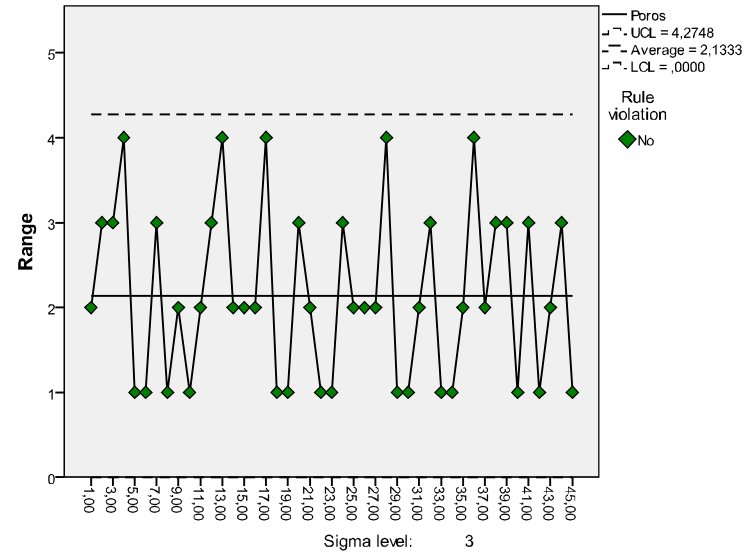
Control Estadístico inicial

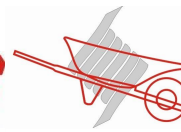
Rueda 8"



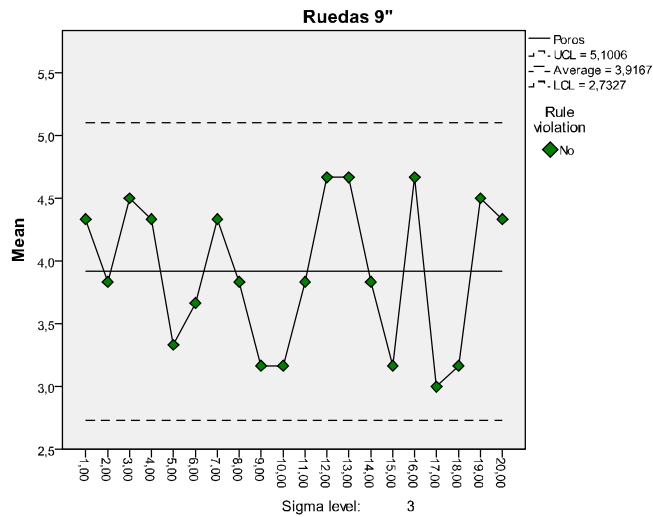
Control estadístico

Ruedas 8"

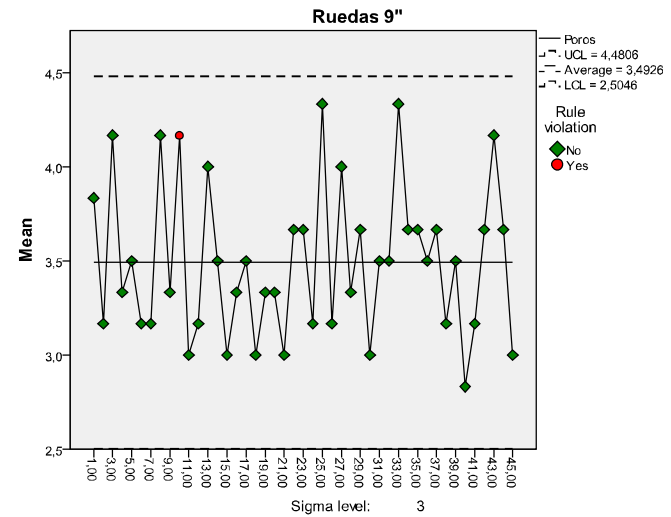




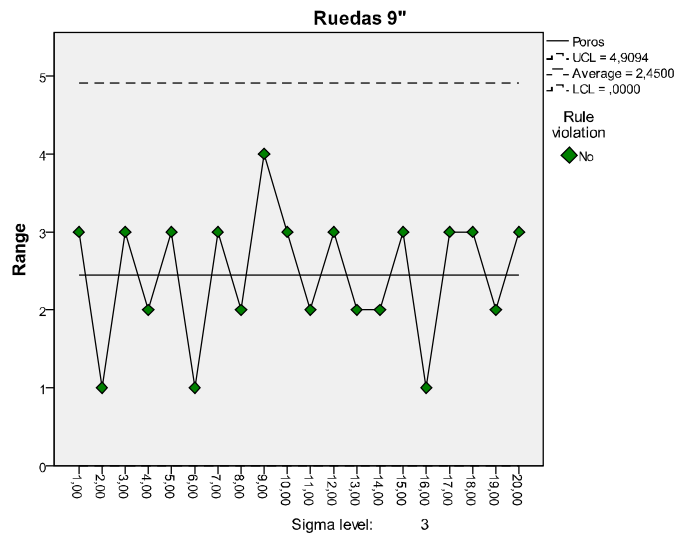
Control estadístico Inicial



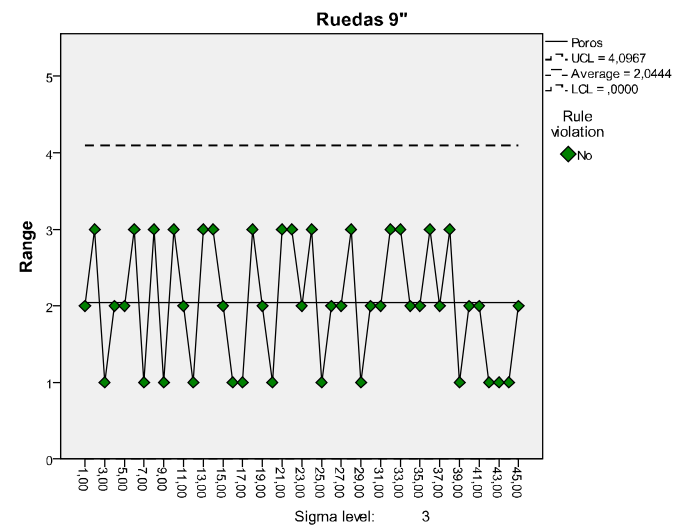
Control estadístico

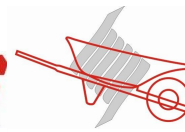


Control estadístico Inicial



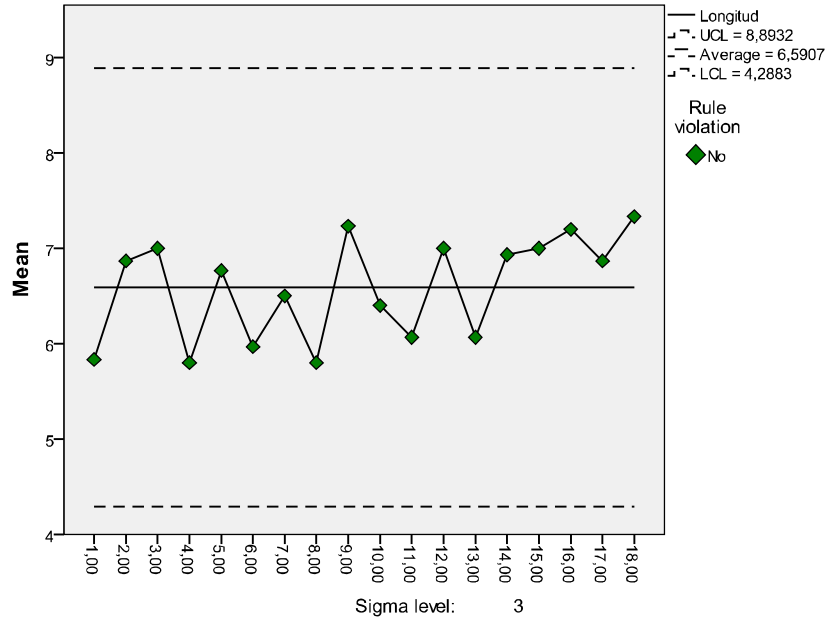
Control estadístico





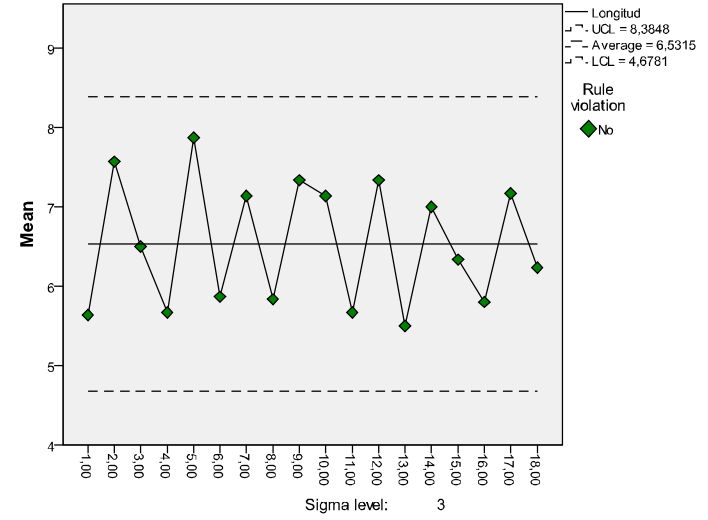
Control estadístico

Ruedas Rodelia



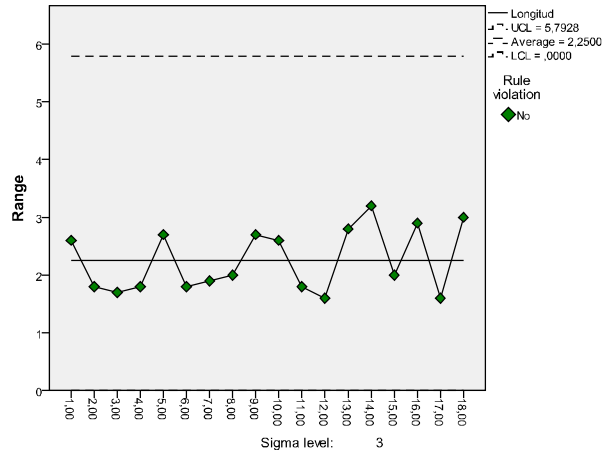
Control estadístico Establecido

Rueda Rodelia



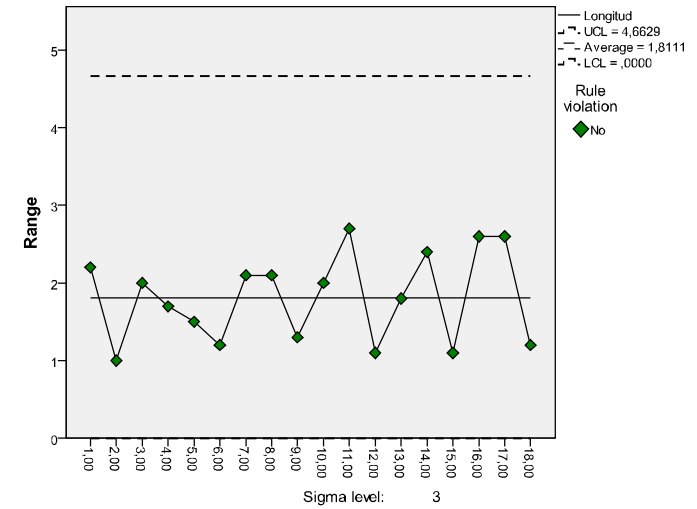
Control estadístico

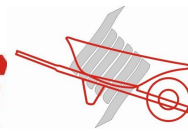
Ruedas Rodelia



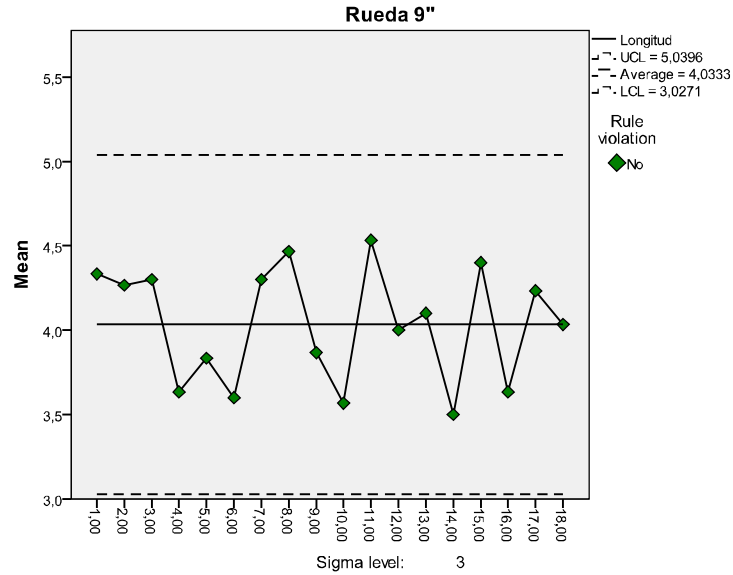
Control estadístico Establecido

Rueda Rodelia

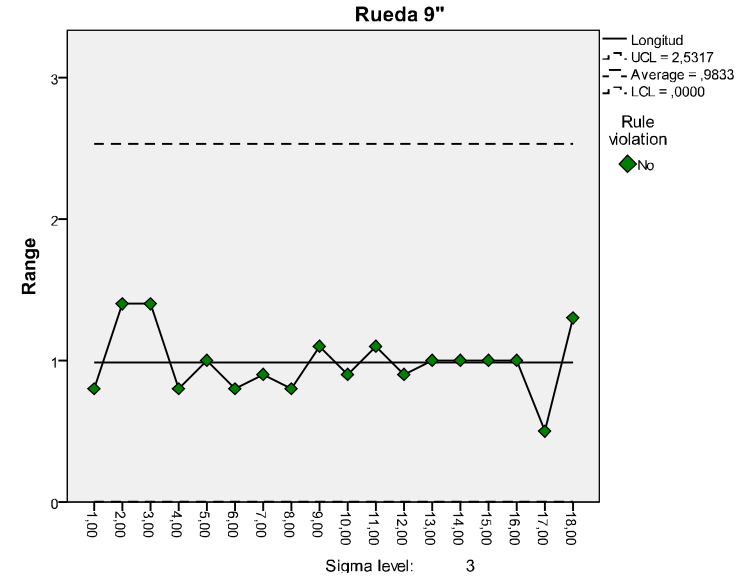




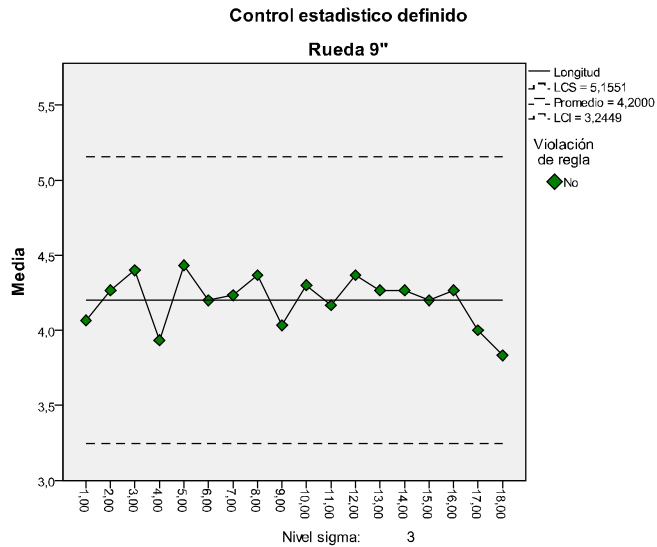
Control estadístico



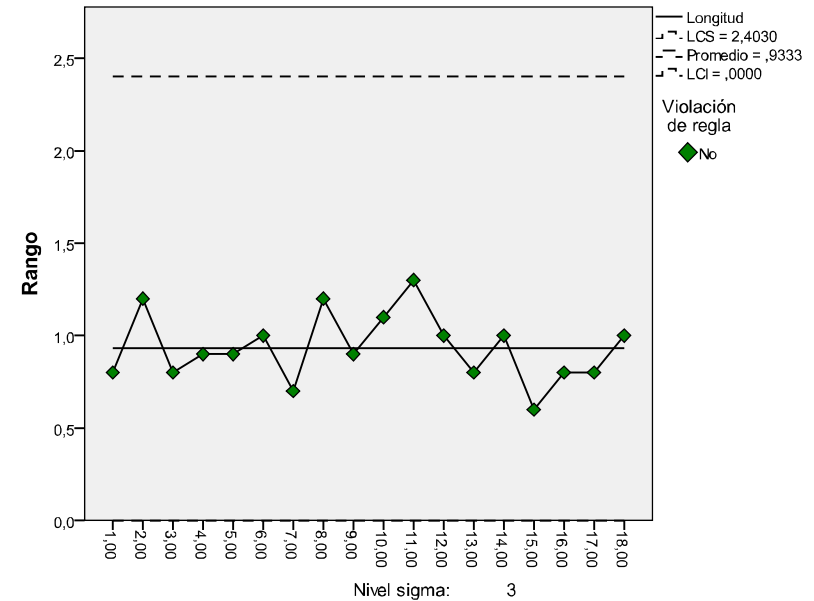
Control estadístico

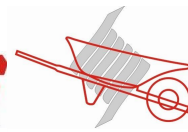


Control estadístico definido



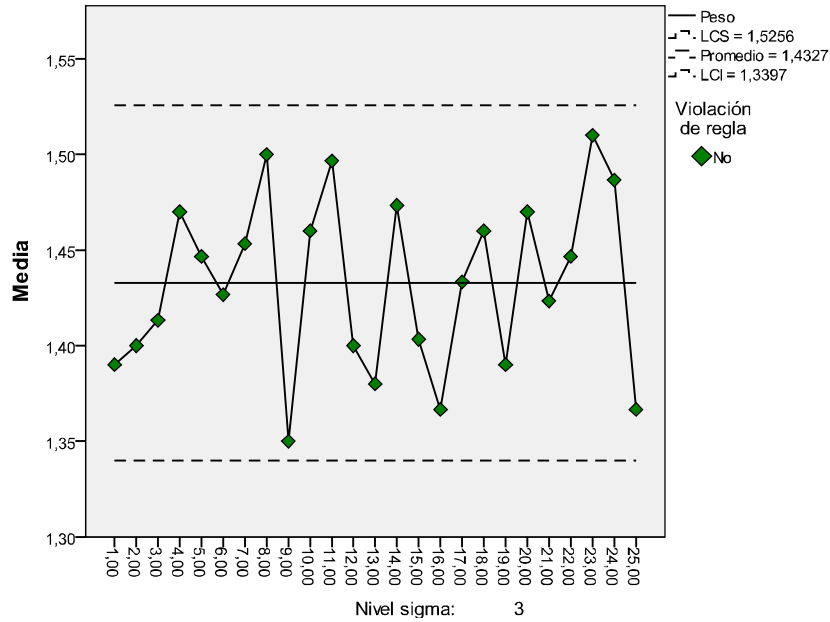
Rueda 9"





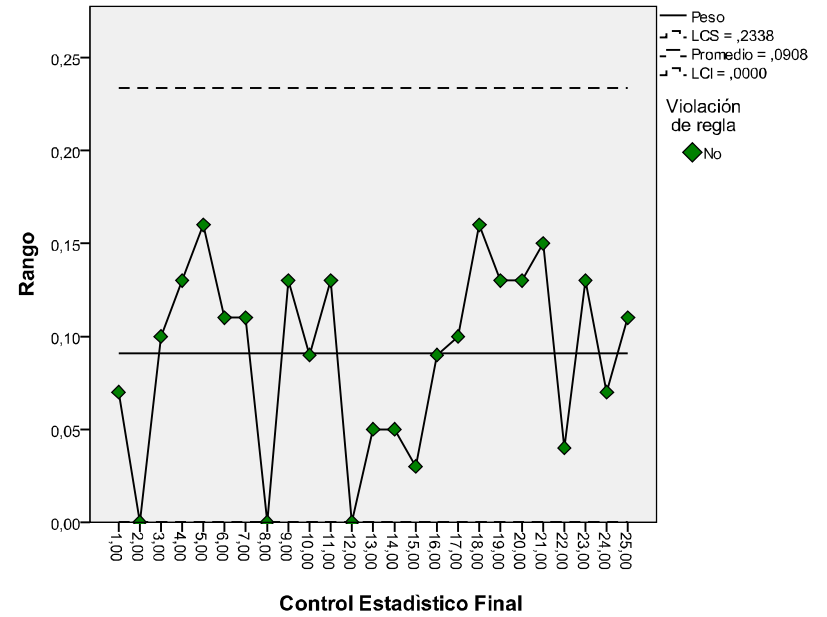
Control Estadístico Inicial

Peso rueda 6"



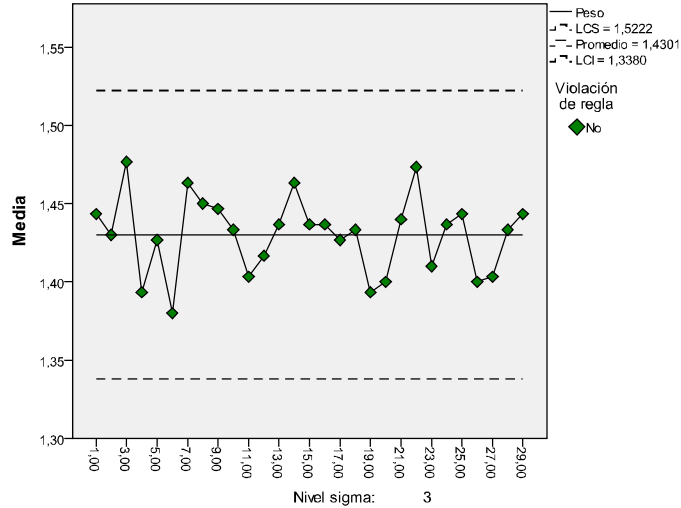
Control Estadístico Inicial

Peso rueda 6"



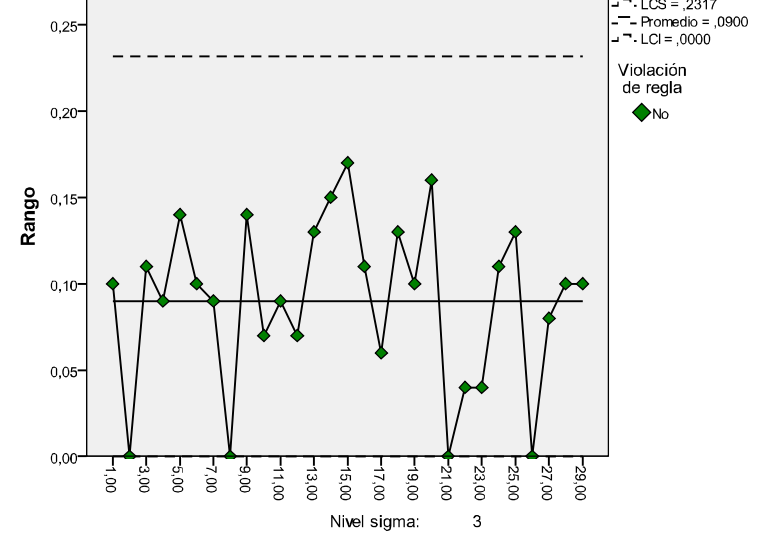
Control Estadístico Final

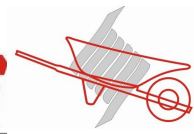
Peso rueda 6"

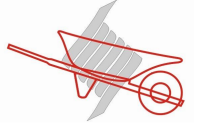


Control Estadístico Final

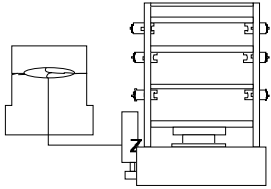
Peso rueda 6"

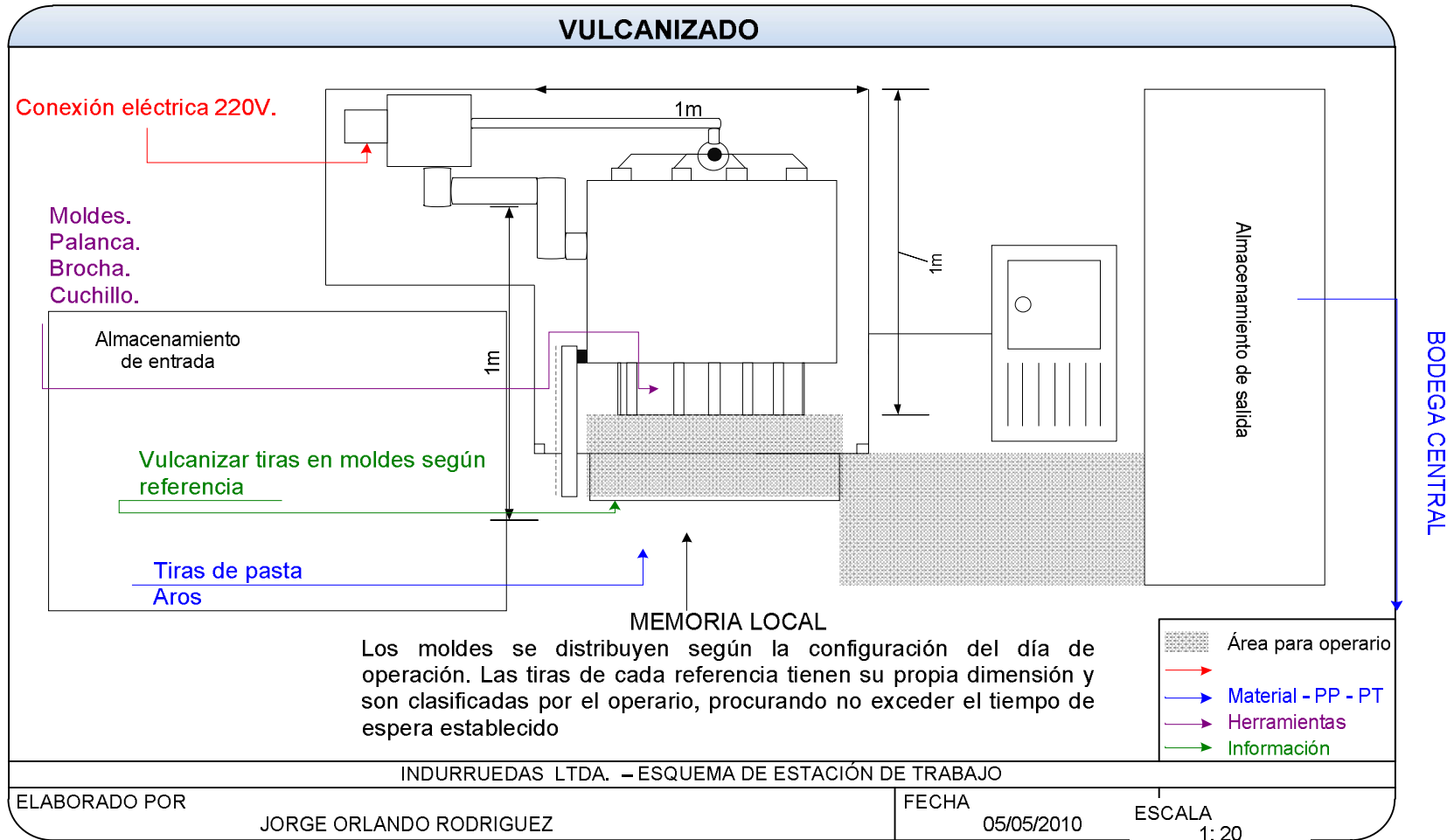
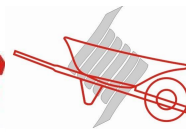


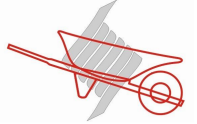




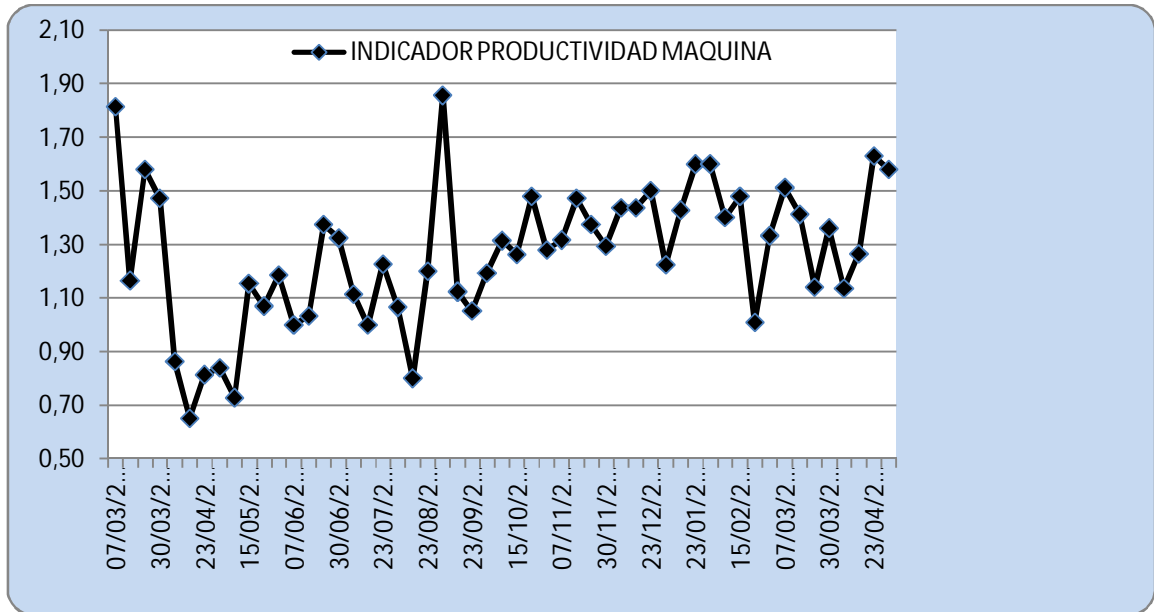
Anexo No 40. Formatos de Registro y Control de maquinaria

VULCANIZADOR	
	<p>Esta maquina es utilizada para realizar la vulcanización de los cauchos, y formar los materiales en proceso con las dimensiones de las ruedas.</p>
CARACTERISTICAS TECNICAS	
<p>Marca: VME Dimensiones: ■ Largo: 1200 mm ■ Ancho: 1250 mm ■ Alto: 1625 mm Voltaje requerido: 220V.</p>	
CONDICIONES DE OPERACION	
<p>La vulcanizadora tiene 4 planchas con resistencias, en donde pueden ser depositados distintos moldes, para ello, consta de una bandeja ajustable a nivel de cualquiera de las planchas, en donde puede ser extraído el molde vulcanizado y alistado para un nuevo ciclo de curado.</p> <p>La vulcanizadora tiene un tablero de control donde puede se ajustada la presión de las planchas, Temperatura y el tiempo de curado, igualmente puede ser programada para llegar automáticamente a los parámetros de operación deseados, cada actividad (compresión, descompresión y curado) tiene un indicativo luminoso.</p> <p>El equipo debe ser operado con los elementos de seguridad de protección para contacto con materiales de alta temperatura, virutas y químicos toxicos-volátiles.</p>	
MANTENIMIENTO	
<p>Anualmente: Debe reemplazarse el liquido hidráulico, a modo de prevención sin importar la ilimitada duración del aceite.</p> <p>Semestralmente: Reposición de las resistencias.</p> <p>Trimestralmente: Control metrológico.</p>	
ESQUEMA	
	



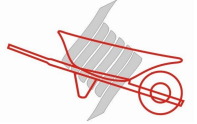


Anexo No 41: Seguimiento Indicadores operativos



INDICADOR PRODUCTIVIDAD MAQUINA			
Fecha	Horas maquina	Producción	INDICADOR
07/03/2010	43	78	1,81
15/03/2010	48	56	1,17
23/03/2010	38	60	1,58
30/03/2010	38	56	1,47
07/04/2010	44	38	0,86
15/04/2010	46	30	0,65
23/04/2010	38	31	0,82
30/04/2010	50	42	0,84
07/05/2010	48	35	0,73
15/05/2010	52	60	1,15
23/05/2010	56	60	1,07
30/05/2010	48	57	1,19
07/06/2010	55	55	1,00
15/06/2010	60	62	1,03
23/06/2010	40	55	1,38
30/06/2010	40	53	1,33
07/07/2010	35	39	1,11
15/07/2010	35	35	1,00
23/07/2010	31	38	1,23
30/07/2010	30	32	1,07

Promedio trimestral I	1,13	
Promedio trimestral ii	1,22	7,2%
Anual	1,36	10,11%



INDICADOR PRODUCTIVIDAD (2.5)			
Fecha	Horas M.O	Producción	INDICADOR
30/03/2010	451	955	2,12
30/04/2010	314	690	2,20
30/05/2010	405	895	2,21
30/06/2010	572	1120	1,96
30/07/2010	324	695	2,14
30/08/2010	211	496	2,35
30/09/2010	393	901	2,29
30/10/2010	433	1000	2,31
30/11/2010	486	1140	2,35
30/12/2010	471	1100	2,34
30/01/2011	467	1400	3,00
30/02/2011	414	1040	2,51
30/03/2011	412	1067	2,59
30/04/2011	625	1600	2,56