

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Propuesta de Mejora en la Gestión de Procesos en el Área de
Planificación y Producción mediante una Metodología de Calidad.**

CASO: Empresa Forjados S.A.

Por

Oscar Matías Arriagada Aránguiz
Gabriel Eduardo Sepúlveda Mendoza

Trabajo de Título para Optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Enrique Fajó Briceño

Noviembre, 2016

Dedicatorias

Dedico esta memoria de titulación a mis padres, hermanos, sobrina que viene en camino, tíos (as), primos (as) y mis amigos en general, ya que sin ellos no sería nada tan gratificante.

Oscar Matías Arriagada Aránguiz.

Dedico esta memoria de titulación a mi querida familia que es un pilar fundamental en mi vida, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera formaron parte de este proceso.

Gabriel Eduardo Sepúlveda Mendoza.

Agradecimientos

Agradezco en esta tesis a mis hermanos, Camilo y Nathalia, por el apoyo y confianza que han depositado en mí en este proceso.

A mis padres, Ana Aránguiz y Oscar Arriagada, ya que son quienes me han entregado valores para ser un buen profesional, quienes se preocuparon que no me faltara nunca nada para estudiar, quienes me apoyaban en mis campeonatos de tenis, quienes me apoyaron en cada nuevo proyecto que se me venía a la cabeza y en muchas otras cosas que se me pueden escapar.

A mis segundas madres, María Mendoza y Ximena Mendoza, quienes nos dieron fuerzas y ánimos en las madrugadas con sus sopas y comidas contundentes.

A mi amigo y compañero de tesis, Gabriel Sepúlveda, a quien admiro por su coraje, entrega al estudio, humildad al recibir críticas constructivas y sus ganas de salir adelante.

A mi novia Carmen Escudero, quien me apoyó y me alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Para ellos es este agradecimiento de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Oscar Matías Arriagada Aránguiz.

Agradecimientos

Agradecer a Dios por darme la fortaleza y la perseverancia de poder enfrentar este largo proceso de formación profesional.

Agradecer a mi madre, María Mendoza, que sin ella no hubiera logrado esta etapa de mi vida, por ser un pilar fundamental en todo aspecto, por brindarme siempre su apoyo incondicional en estos años de universidad y en mi vida en general, por ser un ejemplo de mamá luchadora, por siempre estar conmigo, por entregarme amor, por inculcarme los valores para ser un buen profesional y sobre todo una persona de bien.

A mi hermano, Oscar Sepúlveda, por darme siempre su apoyo incondicional y su preocupación por mí, por animarme y darme consejos necesarios para enfrentar los obstáculos de la vida, por entregarme sus experiencias y conocimientos de su vida.

A mi tía, Ximena Mendoza, por ser también un apoyo fundamental en este camino de formación, por darme sus consejos, entregarme cariño, valores, animarme día a día en mis proyectos, por siempre estar conmigo cuando la necesito.

A mi primo, Alfonso González, por entregarme sus experiencias y consejos cuando lo necesitaba.

A mi amigo y compañero de tesis, Oscar Arriagada, el cual admiro por sus ganas de aprender y salir adelante, por ser una persona transparente y luchadora por lo que quiere, por apoyarme y darme consejos.

A mi familia que ya partió de esta tierra, que no están físicamente, pero si espiritualmente, que me dieron esperanzas y energías para enfrentar este gran desafío. Gracias a mi primo Rodrigo González, a mi abuelo Emilio Mendoza, a mi abuelita Margarita Vega y a mi tío Gabriel Mendoza, que me iluminan desde el cielo.

A todos los profesores de la Universidad de Valparaíso, que formaron parte de mi desarrollo como profesional, entregándome los conocimientos y valores necesarios para enfrentar el mundo laboral.

Muchas gracias a todos los que formaron parte de esta etapa.

Gabriel Eduardo Sepúlveda Mendoza.

INDICE

Lista de Ilustraciones	12
Lista de Figuras	17
Lista de Gráficos	18
Lista de Tablas	20
Glosario Forjados S.A.....	23
Abreviaturas	25
Resumen	26
Abstract	27
Introducción	28
Capítulo 1: Descripción de la Empresa y Planteamiento del Problema	29
1.1 Presentación de la Empresa	29
1.1.1 Declaración de la Empresa	30
1.1.2 Clientes e Industria	31
1.1.3 Proveedores	31
1.1.4 Principales Normativas	31
1.1.5 Certificaciones de la Empresa	31
1.1.6 Productos de la Empresa.....	32
1.1.7 Clasificación de los Principales Productos de la Empresa	32
1.2 Organización y Distribución de la Empresa	33
1.3 Planteamiento y Descripción del Problema	34
1.4 Objetivos	36
1.4.1 Objetivo General.....	36

1.4.2 Objetivos Específicos.....	36
1.5 Límites y Alcances	36
1.6 Resultados Esperados	37
1.7 Metodología de Trabajo.....	37
Capítulo 2: Marco Teórico.....	39
2.1 Metodologías de Gestión de Procesos.....	40
2.1.1 Definición de Metodología	40
2.1.2 Definición de Gestión.....	40
2.1.3 Definición de Proceso	40
2.2 Business Process Management (BPM)	40
2.2.1 Organización y Estructura del BPM	40
2.2.2 Ciclo de Mejora Continua en BPM	41
2.2.3 Objetivos Funcionales de BPM	42
2.3 Modelo SCOR.....	43
2.3.1 Objetivos del Modelo SCOR	43
2.4 Teoría de las Restricciones	46
2.4.1 Definición de la Teoría de las Restricciones	46
2.5 Metodología DMAIC	48
2.5.1 Antecedentes de la Metodología DMAIC	48
2.5.2 Definición de la Metodología DMAIC	49
2.5.3 Análisis de la Métrica Seis Sigma	49
2.5.4 Etapas de la Metodología DMAIC	51
2.5.5 Beneficios de la Aplicación de Metodología DMAIC.....	53
2.6 Simulación de Procesos.....	53

2.6.1 Definición de Sistema	53
2.6.2 Definición de Simulación.....	53
2.6.3 Beneficios de la Simulación	54
2.7 Software de Simulación de Procesos	54
2.7.1 Simul8	54
2.7.2 Bizagi Process Modeler	55
2.7.3 Promodel	55
2.7.4 Software Arena Simulation.....	56
2.8 Tipos de Eventos Estadísticos y Distribuciones Estadísticas.....	60
2.9 Software de Análisis de Datos.....	61
Capítulo 3: Aplicación y Análisis de la Metodología DMAIC	62
3.1 Fase de Definición.....	62
3.1.1 Alcance del Proyecto:	62
3.1.2 Organigrama del Área de Reparaciones	62
3.1.3 Definición del Problema	62
3.1.4 Identificación de los Clientes.....	63
3.1.5 Identificación de los Proveedores Internos.....	64
3.1.6 Diagrama de SIPOC del proceso	65
3.1.7 Diagrama de Bloques de la Reparación de un Componente.....	66
3.1.8 Descripción del Proceso del Área de Reparaciones.....	67
3.2 Fase de Medición	72
3.2.1 Diagnóstico del Área de Reparaciones	72
3.2.2 Levantamiento de Información en Terreno.....	72
3.2.3 Toma de Muestras.....	74

3.2.4 Desarrollo del Plan de Muestreo	74
3.2.5 Descripción de los Formularios para el Diagnóstico de la Empresa.	74
3.2.6 Período de Recolección de la Información.....	76
3.2.7 Determinación del Sigma de la Situación Actual del Proceso	83
3.3 Fase de Análisis	85
3.3.1 Diagrama de Afinidad	85
3.3.2 Diagrama de Causa-Efecto.....	86
3.3.3 Histogramas	87
3.3.4 Gráficos de Dispersión.....	92
3.3.5 Diagrama de Pareto.....	95
3.3.6 Validación de la Simulación del Proceso de Reparación.....	97
3.3.7 Módulos del Modelo de Reparaciones de Forjados S.A.....	98
3.3.8 Simulación del Proceso Actual.....	106
3.3.9 Resultados de la Simulación.....	113
3.4 Fase de Mejoras	129
3.4.1 Propuesta de Mejora N°1.....	129
3.4.2 Propuesta de Mejora N°2.....	134
3.4.3 Propuesta de Mejora N°3.....	139
3.4.4 Validación de las Propuestas de Mejoras	143
3.5 Fase de Control.....	144
3.5.1 Determinación del Sigma del Proceso con las Propuestas de Mejoras	147
Capítulo N°4: Evaluación Económica de la Propuesta.....	150
4.1 Evaluación Económica Sin Propuesta de Mejora	150
4.2 Evaluación Económica con Propuesta de Mejora.....	152

4.3 Impacto de la Propuesta de Mejora en la Empresa Forjados S.A.....	153
Capítulo N°5: Conclusiones y Recomendaciones	155
Bibliografía.....	158
Anexos	160
Anexo 1: Clientes y Proveedores de Forjados S.A.....	160
1.1 Clientes.....	160
1.2 Proveedores.....	161
Anexo 2: Pala Bucyrus 495 HR.....	162
Anexo 3: Productos de la Empresa Forjados S.A	163
3.1 Picaportes	163
3.2 Balancines.....	164
3.3 Conjunto de Frenos Híbridos.....	165
3.4 Conjunto Padlock	165
3.5 Balde.....	166
3.6 Pasadores.....	167
3.7 Bujes.....	167
Anexo 4: Distribución de la Planta de Forjados S.A.	168
Anexo 5: Formato de Entrevistas a Forjados S.A.....	169
Anexo 6: Diagrama de Flujo de los Componentes en Estudio.....	170
5.1 Diagrama de Flujo de un Picaporte 4340	170
5.2 Diagrama de Flujo de un Picaporte al Manganeseo	175
5.3 Diagrama de Flujo de un Balancín	180
5.4 Diagrama de Flujo de un Conjunto de Frenos Híbridos	185
5.5 Diagrama de flujo de un conjunto Padlock	190

Anexo 7: Determinación del Número de Observaciones de Componentes a Medir ...	195
6.1 Validación de la Muestra para Picaportes 4340.....	195
6.2 Validación de la Muestra para Picaportes al Manganeso	197
6.3 Validación de la Muestra para Balancines	199
6.4 Validación de la Muestra para Conjunto de Frenos Híbridos	201
6.5 Validación de la Muestra para Conjunto de Padlock.....	203
Anexo 8: Formulario para Medir Tiempos	206
Anexo 9: Resultado de Medición Tiempos y Tipo de Distribución	207
8.1 Picaportes 4340	207
8.2 Picaportes al Manganeso	207
8.3 Balancines.....	208
8.4 Conjunto de Frenos Híbridos.....	208
8.5 Conjunto de Padlock	209
Anexo 10: Definición de Variables y Programación de los Comandos	210
Anexo 11: Elección de Máquina Mandrinadora Convencional.....	211
Anexo 12: Informe de Inspección Emitidos por Control de Calidad	214
Anexo 13: Tabla de Sigma del Proceso	219
Anexo 14: Algunas Imágenes de las Etapas del Proceso de Reparación	220
Anexo 15: Validación de la Distribución de Probabilidades para la Simulación	221
15.1 Etapa Desarme de Frenos Híbridos	221
15.2 Etapa Limpieza de Frenos Híbridos.....	222
15.3 Etapa de Inspección Inicial.....	224
15.4 Etapa de Torchado de Bujes	225
15.5 Etapa de Proceso de Soldadura.....	226

15.6 Etapa de Mecanizado.....	227
15.7 Etapa de Pulido Intermedio	228
15.8 Etapa de Inspección Intermedia	229
15.9 Etapa de Calaje de Bujes	230
15.10 Etapa de Soldadura de Unión de Bujes	231
15.11 Etapa de Pulido Final	232
15.12 Etapa de Inspección Final	233
15.13 Etapa de Armado de Frenos Híbridos	234
15.14 Etapa de Marcaje	235
15.15 Etapa de Pintura.....	236
15.16 Etapa de Embalaje	237
Anexo 16: Propuestas de Mejoras	239
16.1 Propuesta N°1: Verificación de Estatus de Componentes en Excel.....	239
16.2 Rediseño de la Orden de Servicio	243
Anexo 17: Planillas de Control de las Propuestas de Mejora	245
17.1 Propuesta N°1: Rediseño de la Orden de Servicio	245
17.2 Propuesta N°2: Sistema Visual de Procesos mediante Temporizador	246
17.3 Propuesta N°3: Elección del mejor Escenario 5	247

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Campana de Gauss	50
Ilustración 2: Niveles Sigmas y Niveles de Calidad	50
Ilustración 3: Panel Create.....	57
Ilustración 4: Panel Dispose	57
Ilustración 5: Panel Process	57
Ilustración 6: Panel Decide	58
Ilustración 7: Panel Batch	58
Ilustración 8: Panel Separate	58
Ilustración 9: Panel Assign.....	59
Ilustración 10: Panel Record.....	59
Ilustración 11: Módulo de Expresión	60
Ilustración 12: Módulo de Minitab	61
Ilustración 13: Sigma del Proceso Actual de Reparaciones	84
Ilustración 14: Módulo Create / Llegada de Conjunto Frenos Híbridos.....	99
Ilustración 15: Módulo Assign Frenos/Tiempo de Desarme/Distribución Poisson	100
Ilustración 16: Módulo Assign Frenos/Tiempo de Soldadura/Distribución Beta	100
Ilustración 17: Módulo Process, Desarme de Conjunto.....	101
Ilustración 18: Módulo Process, Limpieza del Componente	101
Ilustración 19: Módulo Process Qué inspector está desocupado?	102
Ilustración 20: Módulo Process y Decide	103
Ilustración 21: Módulo Process, Mecanizado de Frenos	103
Ilustración 22: Módulo Process, Pulido Intermedio y Final	104

Ilustración 23: Módulos Design y Process / Calaje, Soldadura, Pulido e Inspección. .	105
Ilustración 24: Módulo Process, Marcaje y Pintura.....	105
Ilustración 25: Módulo Decide y Dispose/ Salida de Cada Componente	106
Ilustración 26: Menú de Programación de Características del Modelo	107
Ilustración 27: Modelo de Simulación de Reparaciones de Forjados S.A.....	108
Ilustración 28: Tiempo de Simulación/ N° de Despachos/ Fecha de Comienzo	108
Ilustración 29: Llegada de Componentes a Forjados S.A.....	109
Ilustración 30: Proceso de Evaluación de cada Componente	110
Ilustración 31: Etapa de Reparación	111
Ilustración 32: Etapa de Terminación Intermedia	112
Ilustración 33: Terminación Final	112
Ilustración 34: Etapa de Armado y Despacho	113
Ilustración 35: Orden de Servicio de un Picaporte al Manganeso	133
Ilustración 36: Rediseño de la Orden de Servicio de un conjunto Padlock.....	134
Ilustración 37: Sistema de Control Visual de Procesos	137
Ilustración 38: Lista Desplegable de cada Componente.....	137
Ilustración 39: Lista desplegable de la Etapa del Proceso de Reparación	138
Ilustración 40: Lista Desplegable de los Clientes de Forjados S.A.....	138
Ilustración 41: Etapa de Evaluación del Escenario 5.....	140
Ilustración 42: Etapa de Terminación Intermedia del Escenario 5.....	140
Ilustración 43: Etapa de Reparación del Escenario 5.....	141
Ilustración 44: Etapa de Terminación Final del Escenario 5.....	142
Ilustración 45: Sigma del Proceso de Reparaciones con Mejoras.....	148
Ilustración 46: Descripción Pala Bucyrus 495 HR	162

Ilustración 47: Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso.....	163
Ilustración 48: Balancín.....	164
Ilustración 49: Conjunto de Frenos Híbridos	165
Ilustración 50: Conjunto Padlock.....	166
Ilustración 51: Balde de Pala Bucyrus.....	166
Ilustración 52: Pasador	167
Ilustración 53: Buje	168
Ilustración 54: Distribución de la Planta de Forjados S.A.	168
Ilustración 55: Formato de Entrevista.....	169
Ilustración 56: Procedimiento para la Reparación de Picaporte 4340	170
Ilustración 57: Procedimiento para la Reparación de un Picaporte al Manganeso.	175
Ilustración 58: Procedimiento para la Reparación de un Balancín.	180
Ilustración 59: Procedimiento Reparación de Conjunto Frenos Híbridos.....	185
Ilustración 60: Procedimiento para la Reparación de un Conjunto de Padlock.....	190
Ilustración 61: Definición de Variables.	210
Ilustración 62: Programación de Comandos.	210
Ilustración 63: Costos de Flete Marítimo	212
Ilustración 64: Cálculo de Derechos e IVA.....	213
Ilustración 65: Informe de Inspección por Control de Calidad	218
Ilustración 66: Imágenes de las etapas de reparación	220
Ilustración 67: Tipo de Distribución Para el Desarme de Frenos Híbridos.....	221
Ilustración 68: Expresión de Distribución Poisson.....	221
Ilustración 69: Tipo de Distribución Para Limpieza de Frenos Híbridos.....	222
Ilustración 70: Expresión de Distribución Beta	223

Ilustración 71: Tipo de Distribución Para Inspección Inicial de Frenos Híbridos	224
Ilustración 72: Expresión de Distribución Gamma	224
Ilustración 73: Tipo de Distribución Para Torchado de Bujes de Frenos Híbridos	225
Ilustración 74: Expresión de Distribución Triangular	225
Ilustración 75: Tipo de Distribución Para Soldadura de Frenos Híbridos.....	226
Ilustración 76: Expresión de Distribución Beta	226
Ilustración 77: Tipo de Distribución Para Mecanizado de Frenos Híbridos.....	227
Ilustración 78: Expresión de Distribución Triangular	227
Ilustración 79: Tipo de Distribución Para Pulido Intermedio de Frenos Híbridos	228
Ilustración 80: Expresión de Distribución Normal	228
Ilustración 81: Tipo de Distribución Inspección Intermedia de Frenos Híbridos.....	229
Ilustración 82: Expresión de Distribución Poisson.....	229
Ilustración 83: Tipo de Distribución Para Calaje de Bujes de Frenos Híbridos	230
Ilustración 84: Expresión de Distribución Beta	230
Ilustración 85: Tipo de Distribución Soldadura de Bujes de Frenos Híbridos	231
Ilustración 86: Expresión de Distribución Beta	231
Ilustración 87: Tipo de Distribución Para Pulido Final de Frenos Híbridos	232
Ilustración 88: Expresión de Distribución Poisson.....	232
Ilustración 89: Tipo de Distribución Para Inspección Final de Frenos Híbridos	233
Ilustración 90: Expresión de Distribución Beta	233
Ilustración 91: Tipo de Distribución Para Armado de Frenos Híbridos	234
Ilustración 92: Expresión de Distribución Beta	234
Ilustración 93: Tipo de Distribución Para Marcaje de Frenos Híbridos	235
Ilustración 94: Expresión de Distribución Normal	235

Ilustración 95: Tipo de Distribución Para Pintura de Frenos Híbridos.....	236
Ilustración 96: Expresión de Distribución Beta	236
Ilustración 97: Tipo de Distribución Para Embalaje de Frenos Híbridos	237
Ilustración 98: Expresión de Distribución Normal	237
Ilustración 99: Rediseño de Orden de Servicio de un Picaporte 4340.....	243
Ilustración 100: Rediseño de la Orden de Servicio de un Picaporte al Manganeso....	243
Ilustración 101: Rediseño de la Orden de Servicio de un Balancín	244
Ilustración 102: Rediseño de la Orden de Servicio de un Conjunto Frenos Híbridos..	244

Lista de Figuras

Figura 1: Organigrama Organizacional General.....	33
Figura 2: Mejora Continua en BPM.....	42
Figura 3: Fases dentro del Método SCOR.....	44
Figura 4: Ejemplo Diagrama de Hilo.....	45
Figura 5: Procesos y Actividades en una Organización.....	46
Figura 6: Ciclo de TOC.....	48
Figura 7: Proceso Iterativo DMAIC de Seis Sigma.....	52
Figura 8: Ventajas de la Aplicación de la Metodología DMAIC con Seis Sigma.....	53
Figura 9: Estructura Organizacional de Área de Reparaciones.....	62
Figura 10: Proveedores Internos del Área de Reparaciones.....	64
Figura 11: Diagrama de SIPOC del Proceso de Reparación.....	66
Figura 12: Diagrama de Bloques del Área de Reparaciones.....	66
Figura 13: Diagrama de Flujo General del Área de Reparaciones.....	68
Figura 14: Diagrama de Afinidad.....	85
Figura 15: Diagrama de Ishikawa.....	86
Figura 16: Identificación de Procesos Críticos del Área de Reparaciones.....	118
Figura 17: Procedimiento de Control de las Propuestas de Mejora.....	146
Figura 18: Diagrama de Flujo de Picaporte 4340.....	174
Figura 19: Diagrama de Flujo de Picaporte al Manganeso.....	179
Figura 20: Diagrama de Flujo de Balancín.....	184
Figura 21: Diagrama de Flujo de un Conjunto de Frenos Híbridos.....	189
Figura 22: Diagrama de Flujo de un Conjunto de Padlock.....	194

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Multas por Atraso en el año 2015.	35
Gráfico 2: Clientes de Forjados S.A.....	63
Gráfico 3: Componentes Reparados en el año 2015	72
Gráfico 4: Gráfico de Control de Análisis de los Picaportes 4340	77
Gráfico 5: Gráfico de Control de Análisis de los Picaportes al Manganeso	78
Gráfico 6: Gráfico de control del Análisis de los Balancines.....	79
Gráfico 7: Gráfico de Control del Análisis de los Conjuntos de Frenos Híbridos	80
Gráfico 8: Gráfico de Control del Análisis de los Conjuntos Padlock.....	81
Gráfico 9: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Picaportes 4340	87
Gráfico 10: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Picaportes al Manganeso.....	88
Gráfico 11: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Balancines	89
Gráfico 12: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Conjuntos de Frenos Híbridos..	90
Gráfico 13: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Conjuntos Padlock	91
Gráfico 14: Diagrama de Dispersión de Picaportes 4340.....	92
Gráfico 15: Diagrama de Dispersión de Picaportes al Manganeso	93
Gráfico 16: Diagrama de Dispersión de Balancines	93
Gráfico 17: Diagrama de Dispersión del Conjunto Padlock.....	94
Gráfico 18: Diagrama de Dispersión del Conjunto de Frenos Híbridos	95
Gráfico 19: Diagrama de Pareto	96
Gráfico 20: Porcentaje de Utilización de los Recursos	115
Gráfico 21: Entrada V/S Salidas mensuales	116
Gráfico 22: Entradas V/S Salidas mensuales.....	120

Gráfico 23: Entradas V/S Salidas Mensuales.....	121
Gráfico 24: Entradas V/S Salidas mensuales.....	123
Gráfico 25: Entradas V/S Salidas mensuales.....	125
Gráfico 26: Utilización de Recursos del Escenario 5.....	128
Gráfico 27: Distribución de Poisson	222
Gráfico 28: Distribución Beta	223
Gráfico 29: Distribución Gamma	225
Gráfico 30: Distribución Triangular.....	226
Gráfico 31: Distribución Beta	227
Gráfico 32: Distribución Triangular.....	228
Gráfico 33: Distribución Normal	229
Gráfico 34: Distribución Poisson	230
Gráfico 35: Distribución Beta	231
Gráfico 36: Distribución Beta	232
Gráfico 37: Distribución Poisson	233
Gráfico 38: Distribución Beta	234
Gráfico 39: Distribución Beta	235
Gráfico 40: Distribución Normal	236
Gráfico 41: Distribución Beta	237
Gráfico 42: Distribución Normal	238

Lista de Tablas

Tabla 1: Identificación de la Empresa	29
Tabla 2: Componentes Atrasados y Días de Atraso para el año 2015	34
Tabla 3: Multas por Atraso de los Componentes del Año 2015.....	35
Tabla 4: Muestra de Componentes Analizados.....	76
Tabla 5: Resultados de Medición de los Picaportes 4340	77
Tabla 6: Resultados de Medición de los Picaportes al Manganeso.....	78
Tabla 7: Resultados de la Medición de los Balancines	79
Tabla 8: Resultados de Medición de los Conjuntos de Frenos Híbridos.....	80
Tabla 9: Resultados de Medición de los Conjuntos Padlock	81
Tabla 10: Tiempos de Espera del Proceso de la Situación Actual	84
Tabla 11: Diagrama de Pareto	96
Tabla 12: Reparación Real de Abril 2016 V/S Reparación según Simulación	98
Tabla 13: Llegadas Constantes de los Componentes	98
Tabla 14: Ensayos de Control de Calidad a Aceros e Instrumentos.....	110
Tabla 15: Bases del Modelo de Simulación	114
Tabla 16: Tiempos de Espera de la Situación Actual	116
Tabla 17: Tiempos de Espera con Doble Turno en Mecanizado	120
Tabla 18: Tiempos de Espera con Doble turno en Mecanizado más un Inspector	122
Tabla 19: Tiempos de Espera con una Mandrinadora.....	124
Tabla 20: Tiempos de Espera con una Mandrinadora más un Inspector.....	125
Tabla 21: Resumen de Resultados de los Escenarios Analizados.....	127
Tabla 22: Resumen de Propuestas de Solución	129

Tabla 23: Estatus de Picaportes de Acero al Manganeso	131
Tabla 24: Comparación de Escenario 1 V/S Escenario 5.....	144
Tabla 25: Planilla de Control de Estatus de Componentes en Excel	145
Tabla 26: Tiempos de Espera del Proceso con Mejoras	147
Tabla 27: Comparación del Sigma del Proceso Actual con el Proceso con Mejoras. .	148
Tabla 29: Flujo de Caja Con Propuesta de Mejora.....	153
Tabla 30: Comparación de la utilidad de la Situación Actual V/S Escenario 5.....	154
Tabla 31: Descripción de Clientes de la Empresa Forjados S.A.	160
Tabla 32: Principales Proveedores de la Empresa Forjados S.A.	161
Tabla 33: Formulario de Medición de los Tiempos.....	206
Tabla 34: Resultados de Medición de Picaporte 4340.	207
Tabla 35: Resultados de Medición de Picaporte al Manganeso.	207
Tabla 36: Resultados de Medición de Balancines.....	208
Tabla 37: Resultados de Medición de Conjuntos de Frenos Híbridos.	208
Tabla 38: Resultados de Medición Conjunto de Padlock	209
Tabla 39: Costos Asociados a Comprar en el Extranjero	213
Tabla 40: Resumen Costo Total Máquina en Forjados S.A.....	213
Tabla 41: Tabla de Sigma del Proceso	219
Tabla 42: Estatus de Picaportes de Acero SAE 4340	239
Tabla 43: Estatus de Balancines.....	240
Tabla 44: Estatus de Conjunto de Frenos Híbridos.....	241
Tabla 45: Estatus Conjunto Padlock	242
Tabla 46: Planilla de Control del Rediseño de Orden de Servicio en Excel.....	245
Tabla 47: Planilla de Control del Sistema Visual de Procesos en Temporizador.....	246

Tabla 48: Planilla de Control del Escenario 5.....247

Glosario Forjados S.A

Acero: Aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono y que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.

Acero Forjado: Es aquel acero que ha sido modificado en forma y estructura interna mediante la aplicación de técnicas de forja realizadas a una temperatura superior a la de la recristalización.

Acero Fundido: Es uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse. Esta aleación ferrosa contiene en general más del 2% de carbono y más del 1% de Silicio, entre otros elementos.

Acero al Manganeso (Hadfield): Se trata de un acero austenítico al manganeso que contiene cerca de 1,2% C y 12% Mn. El acero Hadfield combina alta dureza y ductilidad con una gran capacidad de endurecimiento por deformación y buena resistencia al desgaste.

Acero SAE 4340: Es un acero de alta aleación diseñada para tener una buena resistencia y características de tenacidad, tales como resistencia a la corrosión limitada.

Análisis Químico: Un análisis químico es el conjunto de técnicas y procedimientos empleados en muchos campos de la ciencia para identificar y cuantificar la composición química de una sustancia mediante diferentes métodos.

Alivio de Tensiones: Es un procedimiento que es utilizado para liberar las tensiones que permanecen atrapadas en la estructura de la pieza como consecuencia del trabajo externo o proceso de maquinado. Consiste en el calentamiento uniforme de la pieza hasta una temperatura inferior a la de la transformación (usualmente 650 °C) manteniéndola a esta temperatura entre 1 y 2 horas, seguido por un enfriamiento uniforme y lento.

Control de Dureza: Se encuentra el control de dureza Rockwell (HRC or HRA), se realiza de forma convencional con un durómetro a penetración según las indicaciones de las normativas internacionales.

Inspección de Ultrasonido: Se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad de la materia. Cuando se inventó este procedimiento, se medía la disminución de intensidad de energía acústica cuando se hacían viajar ondas supersónicas en un material, requiriéndose el empleo de un emisor y un receptor. Actualmente se utiliza un único aparato que funciona como emisor y receptor, basándose en la propiedad característica del sonido de reflejarse al alcanzar una Interfase acústica.

Máquinas Herramientas: Son máquinas que realizan arranque de viruta para proceder al mecanizado de las piezas de acero. Generalmente en reparación viene después del proceso de recuperación por soldadura y en fabricación viene dado según especificaciones del plano. Se pueden encontrar los Tornos Convencionales, Tornos CNC, Taladro industrial, Mandrinadoras, entre otras máquinas.

Torno: Es una máquina herramienta que se utiliza para fabricar piezas de forma geométrica de revolución mediante arranque de viruta.

Mecanizado: Es un proceso de arranque de viruta que se realiza para recuperar las dimensiones especificadas en los planos.

Normalizado: El normalizado es un tratamiento térmico que se emplea para dar al acero una estructura y características tecnológicas que se consideran, el estado natural o final del material que fue sometido a trabajos de forja, laminación o tratamientos defectuosos. Se hace como preparación de la pieza para el temple.

Proceso de Torchado: Es un proceso que se utiliza para sacar los bujes de los componentes, con varillas de grafito y aire comprimido.

Proceso de Soldadura: Es el proceso que tiene como objetivo recuperar mediante soldadura, las zonas desgastadas de los componentes para llegar a obtener las dimensiones originales.

Pulido: Es un proceso que se realiza para dar las terminaciones finales de los componentes.

Proceso de Forjado: La forja es un proceso de fabricación de objetos conformado por deformación plástica que puede realizarse en caliente o en frío y en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión.

Revenido: Obtener alta dureza en un acero, por medio del temple. En función de la temperatura en el revenido del acero.

Soldadura de Unión de Bujes: Es un sello que se realiza con soldadura en la parte del calaje de buje, que ayuda para que no se salga el buje cuando este en ejecución el componente.

Temple: El temple como todos los tratamientos térmicos, es un proceso de calentamiento y enfriamiento, realizándose este último con una velocidad mínima denominada crítica de temple.

Abreviaturas

BPM: Business Process Management

COT: Cotización

CPL: Pesos Chilenos

ERP: Enterprise Resource Planning Planificación de los recursos empresariales

GRP: Guía de Recepción de Préstamos

GDI: Guía de Despacho Interna

GD: Guía de Despacho

GDV: Guía de Despacho de Ventas

IR: Informe de Inspección de Recepción

IF: Informe de Inspección Final

INC: Informe de No Conformidad

MH: Mes Hombre

OT: Orden de Trabajo

OCI: Orden de Compra Interna

OS: Orden de Servicio

RANDOM: Software de Gestión de Información de Producción y Administración

SCOR: Supply Chain Operation Reference Model

VAC: Valor Actual de los Costos

Picaporte 4340: Picaporte de Acero SAE 4340

Picaporte al Manganeso: Picaporte de Acero al Manganeso o Picaporte Hadfield

Resumen

El siguiente trabajo de título se desarrolló en la empresa Forjados S.A., ubicada en camino Santa Rosa S/N Parcela 6, Ruta G-154, Lampa, Santiago de Chile. Esta empresa es del rubro metal mecánica y cuenta con dos procesos productivos, reparación y fabricación, de componentes de maquinaria pesada para sus principales clientes de la industria minera.

Durante los últimos períodos de servicios a mineras, la empresa se ha enfrentado a fuertes dificultades en relación a los cumplimientos de los plazos establecidos por contrato. Lo anterior ha repercutido fuertemente en la utilidad; debido a que estos contratos establecen multas por su no cumplimiento.

Para Forjados S.A., es importante cumplir con las expectativas de los clientes, es decir; en tiempo y calidad de sus servicios de reparación. Es por esta razón, que se planteó por objetivo, mejorar la gestión de procesos del área de reparaciones, en donde se estudiaron diferentes metodologías y herramientas actuales para la mejora de gestión de procesos, tales como: Herramientas de gestión de la calidad, software de simulación para visualizar cuellos de botella en los procesos, para así verificar cuál de todos se adapta mejor a los lineamientos de la empresa y dar solución a la problemática.

Luego de un análisis al marco teórico, se seleccionó la metodología DMAIC y el simulador software Arena, ya que ambas se complementan y permiten proponer mejoras en la planificación, asignación de recursos, procedimientos operativos estándar, control del proceso, entre otras mejoras.

Para llevar a cabo la metodología DMAIC y simular con software Arena, se procedió a medir los tiempos de cada etapa del proceso involucrado en la reparación de los componentes que afectan mayormente a la utilidad, lo que implicó la diagramación de los procesos en el software Visio, para su mejor visualización y entendimiento.

Finalmente se evaluará económicamente la mejor alternativa de los distintos escenarios simulados con Arena, que implican asignación de recursos; con el fin de utilizar eficientemente su capacidad instalada y cumplir con los plazos establecidos del servicio de reparación de los componentes.

Abstract

The next job title was developed in the company Forjados S.A., located in Santa Rosa Road S / N -Plot 6 Route G-154, Lampa, Santiago de Chile. This company is the category metal mechanics and has two production processes, repair and manufacturing heavy components for its main customers in the mining machinery industry.

During recent periods of services to mining, the company has faced serious difficulties in relation to the fulfillment of the deadlines set by contract. This has strongly affected the utility; because these contracts establish fines for non-compliance.

To Forjados S.A., it is important to meet customer expectations, ie; time and quality of repair services. It is for this reason, which was raised by objective, improve management processes repair area, where different methodologies and current tools for improving process management, such as were studied: Tools of quality management, software simulation to visualize bottlenecks in processes, in order to verify which of the guidelines are better suited the company and to solve the problem.

After an analysis of the theoretical framework, the DMAIC methodology and software simulator Arena was selected as both complement and allow to propose improvements in planning, resource allocation, standard operating procedures, process control, among other improvements.

To carry out the DMAIC methodology and simulate Arena software, we proceeded to measure the times of each process involved in the repair of the components that mostly affect the utility, which meant diagramming the processes in the Visio software, for better visualization and understanding.

Finally economically evaluate different scenarios involving resource allocation; in order to efficiently utilize its installed capacity and meet established deadlines repair service the components.

Introducción

Actualmente el mercado de las diferentes empresas del rubro metal mecánica se ha visto obligado a generar nuevas ideas o estrategias de negocio para entrar a competir tanto nacional como internacionalmente. Es por esto que se debe contar con un buen manejo de la gestión de procesos, para así responder en plazos cada vez más exigentes y con una calidad del servicio garantizado; con el fin de cumplir con las distintas necesidades y expectativas del cliente.

Una de las principales industrias que atiende Forjados S.A., es la industria minera, debido a que realiza distintas reparaciones y fabricación de componentes para maquinaria pesada, específicamente palas de carguío minero en minas a tajo abierto, las cuales son: Palas P&H y Bucyrus 495 HR.

Forjados S.A., actualmente presenta diversos inconvenientes en el cumplimiento con los plazos establecidos por contrato con los clientes, ya que las multas por su no cumplimiento lo ha llevado a perder margen de su utilidad, es por esto que requiere de una buena gestión de sus procesos productivos.

Debido a lo anterior, se propondrán mejoras en el área de reparaciones de la empresa, las cuales comenzarán con un análisis de los tiempos de reparación de cinco componentes de palas mineras que presentan mayor demanda, de acuerdo a datos históricos del año 2015, los cuales son: picaportes de acero SAE 4340, picaporte de acero al Manganeso, balancines, conjunto de frenos híbridos y conjuntos padlock.

El estudio y análisis de los tiempos se realizó mediante el seguimiento de acuerdo al proceso de reparación de cada componente, para luego calcular su tiempo promedio de referencia y compararlo con los tiempos del análisis de la trazabilidad a cada uno de estos componentes en terreno, para así poder identificar las causas que provocan esta diferencia.

Para proponer soluciones se seleccionó la metodología DMAIC que permite seguir una estructura estándar que se adecua al estudio de esta memoria. Esta metodología ayudará a identificar las causas raíces para luego proponer soluciones adecuadas y redefinir los objetivos estratégicos del área de reparaciones de la empresa.

Además se establece una simulación del proceso de reparación de componentes mediante Software Arena, lo que permitirá apoyar y complementar a la metodología DMAIC con el fin de validar tanto el estado actual como futuro.

Finalmente tanto la metodología DMAIC como la herramienta de simulación Software Arena son analizados y complementados con otras propuestas para mejorar la gestión de procesos del área de reparaciones, adaptándolos a las necesidades de la empresa.

Capítulo 1: Descripción de la Empresa y Planteamiento del Problema

1.1 Presentación de la Empresa

En el presente capítulo se dará una descripción de la empresa Forjados S.A.

NOMBRE DE LA EMPRESA	FORJADOS S.A.
TIPO DE SOCIEDAD	SOCIEDAD ANÓNIMA
RUT	96.896.640-5
RUBRO	FORJA DE ACEROS Y METALES DE REPUESTOS PARA LA MINERÍA E INDUSTRIA
DIRECCIÓN	CAMINO SANTA ROSA S/N, PARCELA 6, RUTA G-154, LAMPA-SANTIAGO-CHILE
TELÉFONOS	(56-2) 7511500
FAX	(56-2) 7511511
SITIO WEB	WWW.FORJADOS.CL
CORREO ELECTRÓNICO	FORJADOS@FORJADOS.CL

Tabla 1: Identificación de la Empresa
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Forjados S.A es una empresa con más de 20 años de liderazgo y experiencia en la fabricación de partes y piezas forjadas y también realizando la reparación de equipos y componentes para maquinaria de la gran minería e industria en general. Con más de 5000 mts² construidos. Se cuenta con una planta de forja, mecanizado, reparaciones, tratamientos térmicos, control de calidad y laboratorio. Forjados trabaja para seguir desarrollándose en sus capacidades con una posición innovadora, crecer en base a ofertas sustentables y creando un compromiso con sus clientes, la garantía de calidad, trazabilidad, forman parte integral de los procedimientos de fabricación de Forjados S.A siendo clave la preocupación por el aseguramiento de la calidad sistemáticamente en todos los aspectos de la operación.

Para la fabricación de sus productos utiliza como materia prima acero aliado en forma de lingote, cumpliendo exactamente las especificaciones requeridas. Esta materia prima es importada directamente desde distintos proveedores de reconocida calidad, principalmente en España, Brasil, EE.UU y Argentina.

Cada uno de sus repuestos es fabricado bajo las más estrictas normas de control de calidad, tales como: ASTM international "STANDARDS worldwide", AISC "american institute of Steel construction", SAE, AWS y otras normas. Además cuentan con certificación

ISO 9001: 2008 certified otorgada por ABS, también tienen certificación Lloyd's Register para la fabricación de piezas y componentes forjados.

Con el permanente objetivo de entregar productos y servicios de óptima calidad la empresa acaba de inaugurar una nueva área de mecanizado con tecnología de punta, adquiriendo tornos y centros de mecanizados CNC, los que les permitirán entregar un excelente nivel de terminación y mejores plazos de entregas a sus clientes.

En sus procedimientos de control de calidad está considerada la inspección del 100% de sus productos, mediante exámenes de ultrasonido, análisis de espectrómetro, partículas magnéticas, partículas magnéticas UV, tintas penetrantes, metalografías, dureza y análisis dimensional, según las normas: ASTM, DIM, ANSIM, ISO, AWS, específicas para cada caso. También se realizan ensayos en sus laboratorios, tales como: análisis químicos, ensayo de tracción y ensayo de Charpy.

La capacidad instalada de forja y procesos es de 10 TON. Además de una capacidad dimensionada de 3 metros de diámetro y 10 metros de largo.

Forjados S.A opera bajo un sistema integrado de gestión que permite trabajar con calidad, protegiendo la salud y la seguridad de sus colaboradores y clientes. Además el equipo de profesionales de la empresa, se encuentra en permanente capacitación interna y externa para mantener actualizado el nivel tecnológico.

Todo esto ha permitido a la empresa a realizar alianzas estratégicas en el área minera con empresas internacionales, entre ellas destacan: Finning Caterpillar, Flsmidth, Bhp Billiton, Foster Wheeler, Codelco, Anglo American.

1.1.1 Declaración de la Empresa

Misión

Somos una empresa metalúrgica internacional, reconocida en el área de fabricación de componentes forjados y en la reparación de equipos y componentes de alta precisión. Además contamos con servicios de laboratorio metalúrgico y tratamientos térmicos, para ofrecer los más altos estándares de control de calidad a través de una operación segura y sostenible.

Visión

Seremos una empresa líder en metalurgia a nivel mundial, consolidándonos como aliados estratégicos del sector minero e industria relacionada al ofrecer soluciones integradas e innovadoras. Generando nuevos modelos de negocios, estándares y ofertas para cubrir la necesidad de repuestos, reparaciones y materia prima. Todo lo anterior con especial cuidado de mantener un alto respeto hacia nuestros clientes, colaboradores y al medio ambiente.

1.1.2 Clientes e Industria

Los clientes de la empresa Forjados S.A, son de diferentes ramas de la industria, entre ellas: Industria Naval, Industria Constructora, Industria de Transporte, Industria Forestal, Industria Cementera y la Industria Minera. Dentro de los clientes que se destacan son: Anglo American, Codelco, Minera Escondida, Sorena, Collahuasi, entre otros que se muestran en Anexo 1.

1.1.3 Proveedores

Los proveedores de Forjados S.A, son tanto a nivel nacional como internacional. Dentro de los principales proveedores se encuentran: Electrocom S.A, Repuestos Herrera y Cía. Ltda, Sandvik Coromant, Indura S.A, Aceros Cía. Ltda, Maestranza Hidráulica Corza Ltda, Empresa Nacional de Combustible Ltda., Gerdau Acos Especiais S.A, Aceros Zapla S.A, entre otros que se detallan en Anexo 1. Estos proveen todos los insumos, herramientas, máquinas y equipos necesarios para su funcionamiento.

1.1.4 Principales Normativas

El proceso de fabricación y de reparación de la empresa Forjados S.A., se rige con diversas normativas que aumentan la confiabilidad de los clientes, ya que regirse bajo estas normativas permite que los productos fabricados y reparados sean lo más perfectos en composición con respecto al material, con resistencia en sometimiento a esfuerzos externos y dimensiones con precisión al utilizar los instrumentos de medición adecuados. Algunos controles de calidad que se les realiza a los componentes son:

- Ultrasonido ASTM A 388
- Partículas Magnéticas ASTM A 275
- Tintas Penetrantes ASTM E 165
- Composición Química ASTM A 751
- Tamaño del Grano (Metalografía) ASTM E 112
- Dureza ASTM E 10
- Resistencia Mecánica (tracción) ASTM A 370
- Inclusiones no Metálicas ASTM E 45
- Structural Welding Code AWSA 1/D1 IM: 2010
- Charpy E 20
- Ultrasonido Plancha A 435- A 578
- Macrografía ASTM E 381

1.1.5 Certificaciones de la Empresa

La trayectoria que ha logrado durante más de 20 años de liderazgo, se respalda bajo certificaciones, logrando así ser reconocida dentro de su rubro. Dentro de las certificaciones que tiene la empresa Forjados S.A se destacan:

- ABS Quality Evaluations (Certificado de Conformidad)

Este es un documento que certifica el sistema de gestión de calidad de Forjados S.A., confirmando los requisitos que establece la norma ISO 9001: 2008.

- Lloyd's Register

Es una certificación internacional que se asignó a Forjados S.A, ya que cumplía con las normas establecidas para forjar acero al carbono, manganeso de carbono y acero de aleación.

1.1.6 Productos de la Empresa

La empresa Forjados S.A., se divide en dos grandes áreas, fabricación y reparación, las cuales reparan y fabrican componentes para palas de carguío minero, donde se destacan: picaportes acero SAE 4340, picaportes acero al manganeso, balancines, conjunto frenos híbridos y los conjuntos padlock. En el Anexo 2 se detalla los componentes que integran una Pala Bucyrus 495 HR.

1.1.7 Clasificación de los Principales Productos de la Empresa

1.1.7.1 Picaportes

Es un componente fabricado de acero SAE 4340 y acero al manganeso y que forman parte del sistema de apertura y cierre de la tapa balde, con el objetivo de que no se abra la tapa y en efecto no se caiga el mineral que es extraído de la mina.

1.1.7.2 Balancines

Es un componente que forma parte del sistema de apertura de la tapa del Balde, y su función principal es empujar al picaporte para que salga y así abrir la tapa y produzca la descarga de mineral en el camión minero.

1.1.7.3 Conjunto de Frenos Híbridos

Es un componente que forma parte del sistema de apertura y cierre de la tapa del balde y su función principal es cumplir con frenar y abrir progresivamente la tapa.

1.1.7.4 Conjunto Padlock

La función principal que cumple el conjunto padlock, es de actuar como un candado de resistencia para la sostenibilidad del balde. Donde la parte del link va ubicada en las orejas del balde y el frame va directamente conectado al cable de la polea punta pluma.

1.1.7.5 Balde

Este componente cumple la función de cargar mineral y luego ser trasladados a los camiones mineros, para su posterior tratamiento.

1.1.7.6 Pasadores

Estos son repuestos que poseen un tratamiento de forja, mecanizado y tratamientos térmicos. Estos tipos de pasadores forman parte de los equipos de perforación y carguío.

1.4.7.7 Bujes

Estos repuestos forman parte de los componentes de palas electromecánicas y perforadoras de superficie, sometidos a esfuerzos axiales requiriendo resistencia al roce y desgastes. Además en complemento con los pasadores dan la movilidad a los componentes, los cuales se detallan en Anexo 3.

1.2 Organización y Distribución de la Empresa

La organización administrativa de la empresa Forjados S.A., se divide en seis grandes área, las cuales se pueden observar en la Figura 1. Además la distribución de la planta de Forjados S.A., se muestra en el Anexo 4.

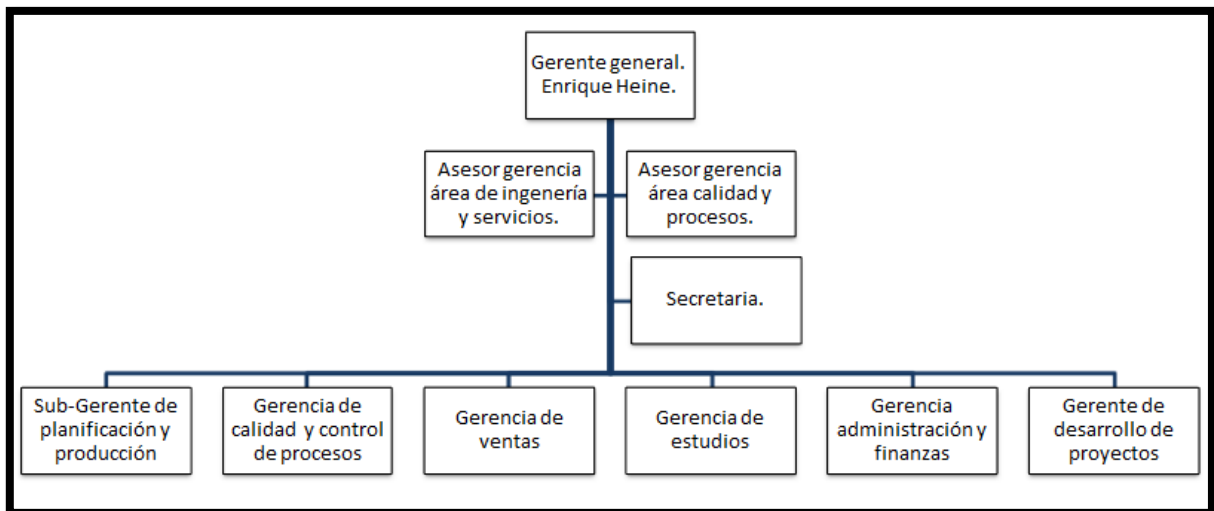


Figura 1: Organigrama Organizacional General
Fuente: Elaboración Propia

1.3 Planteamiento y Descripción del Problema

El Problema principal se encuentra en el área de reparaciones, el cual consiste en que no se están cumpliendo los tiempos de entrega de los componentes pactados con los clientes por contrato. Lo anterior es causado por una deficiente estimación, medición y control de los tiempos de reparación, debido a que estas dependen del estado de deterioro o campaña que le haya dado el cliente a los componentes, los cuales pueden variar significativamente en algunos procesos.

De acuerdo a lo anterior el Sub-Gerente de Planificación y Producción ha entrado en conflicto con el área de ventas, debido a que estos negocian tiempos con los clientes que el área de reparaciones no puede cumplir; lo que provoca reclamos de los clientes, la fuga de clientes, pérdida de la fidelidad, multas por contrato con los clientes que implican sanciones del 3% de la facturación total por cada día de atraso, reducción en las utilidades, pérdida del prestigio e imagen de la empresa, insatisfacción de otras gerencias respecto a las operaciones de la empresa.

Actualmente la empresa considera una prioridad realizar las mediciones pertinentes y proponer mejoras, que permitan a los trabajadores en la planta poder conocer su rendimiento, y visualizar el nivel de avance de los componentes correspondiente a cada cliente.

A continuación se muestra en la Tabla 2, la cantidad de componentes atrasados y los días de atrasos para el año 2015 que percibe la empresa Forjados S.A.

MES 2015	CANTIDAD DE BALANCINES ATRASADOS	DÍAS DE ATRASO BALANCÍN	CANTIDAD DE PICAPORTES 4340 ATRASADOS	DÍAS DE ATRASO PICAPORTES 4340	CANTIDAD DE PICAPORTES AL MN ATRASADOS	DÍAS DE ATRASO PICAPORTES AL MN	CANTIDAD DE PADLOCK ATRASADOS	DÍAS DE ATRASO PADLOCK	CANTIDAD DE FRENOS ATRASADOS	DÍAS DE ATRASO FRENOS
ENERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEBRERO	-	-	-	-	2	3	2	4	-	-
MARZO	1	3	-	-	1	1	-	-	1	2
ABRIL	-	-	3	2	-	-	-	-	2	4
MAYO	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNIO	1	2	-	-	2	2	1	2	-	-
JULIO	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2
AGOSTO	1	3	3	1	-	-	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	-	-	-	-	3	1	1	3	3	4
OCTUBRE	-	2	1	3	-	-	-	-	-	-
NOVIEMBRE	-	-	-	-	2	1	2	4	1	3
DICIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
TOTAL	3	11	7	6	10	8	6	16	9	15

Tabla 2: Componentes Atrasados y Días de Atraso para el año 2015

Fuente: Elaboración propia en base a la información de Forjados S.A.

De acuerdo a la Tabla 2, se puede observar la cantidad de días de atrasos de cada componente durante el año 2015, donde los conjuntos padlock presentaron los mayores días de atrasos con 16 días y los picaportes 4340 presentaron los menores días de atraso con 6 días.

COMPONENTES	DEMANDA ANUAL	PRECIO POR REPARACIÓN	N° COMPONENTES ATRASOS	PRECIO TOTAL DE COMPONENTES EN ATRASO	MULTA POR CADA DÍA DE ATRASO	DÍAS DE ATRASO AÑO 2015	MULTAS POR ATRASO AÑO 2015
BALANCINES	14	\$ 1.200.000	3	\$ 3.600.000	\$ 108.000	11	\$ 1.188.000
PICAPORTES 4340	34	\$ 1.290.000	7	\$ 9.030.000	\$ 270.900	6	\$ 1.625.400
PICAPORTES AL MN	51	\$ 1.290.000	10	\$ 12.900.000	\$ 387.000	8	\$ 3.096.000
PADLOCK	30	\$ 17.000.000	6	\$ 102.000.000	\$ 3.060.000	16	\$ 48.960.000
FRENOS	44	\$ 15.000.000	9	\$ 135.000.000	\$ 4.050.000	15	\$ 60.750.000
TOTAL EN MULTAS							\$ 115.619.400
MULTA POR CADA DÍA DE ATRASO	3%						

Tabla 3: Multas por Atraso de los Componentes del Año 2015
Fuente: Elaboración propia en base a la información de Forjados S.A

En la Tabla 3, se puede observar que la mayor pérdida en multa del año 2015 fue de los conjunto de frenos híbridos, con un total de \$60.750.000 anuales. Luego el componente que presenta menores pérdidas en multa corresponde a los balancines con un total de \$1.188.000 anuales. De acuerdo a las pérdidas que se calcularon para los componentes en estudio, considerando 3% de multas por cada día de atraso, se registró un total de \$115.619.400 anuales por pérdidas en multas para la empresa.

A continuación se muestra en el Gráfico 1, las multas por atraso de cada componente durante el año 2015.

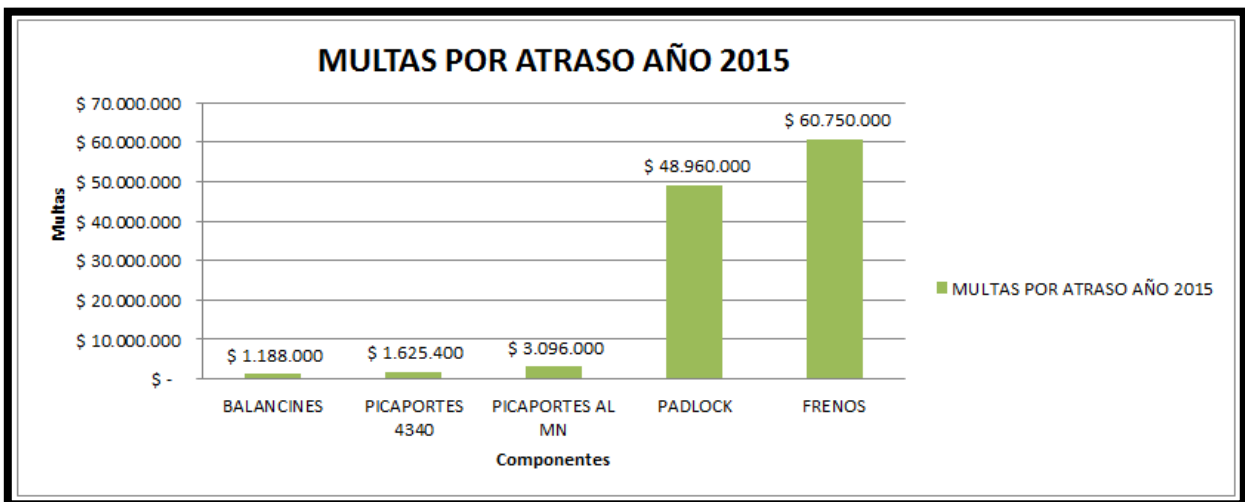


Gráfico 1: Multas por Atraso en el año 2015.
Fuente: Elaboración Propia en Base a la Información de Forjados S.A

De acuerdo al Gráfico 1, se puede observar la distribución que existe con respecto a las pérdidas en multas de los componentes en estudio, las cuales fueron las siguientes: para los balancines se registró una multa de \$1.188.000 anual, equivalente a 11 días de atraso, para los picaportes 4340 se tiene una multa de \$1.625.400 anual, equivalente a 6 días de atraso, los picaportes al manganoso se registró una multa de \$3.096.000 anual, equivalente a 8 días de atraso, para los conjuntos padlock se tiene una multa de \$48.960.000 anual, equivalente a 16 días de atraso, para los conjuntos de frenos híbridos se registró una multa de \$60.750.000 anuales, equivalentes a 15 días de atraso. En consecuencia se tiene un total por concepto de multas de \$115.619.400 anuales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Proponer una metodología para mejorar la gestión de los procesos en el área de planificación y producción.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de los procesos actuales de la empresa para tener un punto de comparación con las mejoras.
- Identificar los procesos críticos de la empresa para visualizar las causas del problema.
- Seleccionar y aplicar una metodología para mejorar la gestión de los procesos de la empresa.
- Validar la propuesta para cuantificar los beneficios de la mejora.
- Evaluar el impacto económico de la propuesta de mejora.

1.5 Límites y Alcances

La trascendencia de este proyecto radica en que su alcance será de proponer mejoras en la gestión de procesos, en el área o taller de reparaciones de la empresa Forjados S.A, ubicada en la Región Metropolitana, de la comuna de Lampa, debido a que los mayores índices de atrasos y mayor frecuencia de demanda de los componentes reparados se presenta en dicha área, declarada por el Sub-Gerente de Planificación y Producción de la empresa, según datos históricos.

Por otro lado se considera que la elaboración de la investigación y propuesta de mejora en la gestión de proceso, tomará un tiempo aproximadamente de seis meses en el taller de reparaciones.

Para el análisis del diagnóstico actual de esta memoria, se evaluarán y se realizará el seguimiento a los componentes con mayor frecuencia de reparación, los cuales son: picaportes 4340, picaportes al manganeso, balancines, conjunto padlock y conjunto de freno híbrido. Este diagnóstico se realizará en el período comprendido entre Diciembre 2015 a Abril 2016.

1.6 Resultados Esperados

- Mejorar feedback de cada área involucrada en el proceso de reparación.
- Cumplir con las metas establecidas por la gerencia general.
- Mejorar la eficiencia del proceso.
- Disminuir los tiempos de espera de los componentes en cada etapa del proceso.
- Mejorar el control de los tiempos de cada etapa del proceso.

1.7 Metodología de Trabajo

A partir del problema presentado en el área de reparaciones y los objetivos establecidos, se procedió a la siguiente metodología de trabajo:

1.- Observación del proceso completo de la reparación de un componente:

Observar con los jefes del área de reparación cada etapa del proceso durante dos semanas.

2.- Realizar entrevistas a los involucrados en el proceso:

La idea de estas entrevistas consiste en recopilar información del proceso y validar futuras propuestas de mejoras, entrevistando a los jefes, supervisores y trabajadores de cada área.

3.- Análisis y organización de la información obtenidas de las entrevistas:

El análisis consistirá en reunir la información recopilada, seleccionando la información que es influyente en el problema y se analizarán a través de herramientas ingenieriles.

4.- Medir los tiempos del proceso de reparación de un componente:

Se solicitarán datos históricos de la demanda de los componentes que presentan atrasos y a través de estadística se seleccionará una muestra representativa de cada componente a medir una vez que entran al proceso.

5.- Elección de metodologías y simuladores para mejorar procesos:

Mediante el análisis y revisión de las distintas metodologías y simuladores de procesos, se seleccionarán los más adecuados según la situación que presenta la empresa.

6.- Aplicación de la Metodología y Simulador en área de reparaciones:

Al aplicar la metodología y al simular el proceso, se pretende colocar como punto de referencia para proponer mejoras y tener en cuenta todos los recursos, vale decir: tiempos involucrados en cada proceso, personal involucrado, costo de horas hombre, entre otros. En base a estos resultados nos servirá para proponer mejoras y simularlos nuevamente.

7.- Evaluar y analizar los resultados:

Evaluar y analizar los resultados de los distintos escenarios propuestos en la simulación en comparación con la situación actual de la empresa y verificar las mejoras que se obtuvieron. Además seleccionar el mejor escenario de acuerdo a los parámetros evaluados.

Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se presentaran las diferentes metodologías de mejora en la gestión de procesos y así dar solución al problema que presenta la empresa. Además se presentarán diferentes softwares de simulación que ayudará a validar el estado actual.

Las diferentes metodologías que se investigarán y analizarán son cuatro, estas son: Business Process Management (BPM), Modelo SCOR (Supply Chain Operations reference Model), Teoría de las Restricciones, Metodología DMAIC; ya que son candidatas a dar solución a problemas en la gestión de procesos.

Al realizar un análisis a la teoría de las restricciones se concluye que la deficiencia de esta metodología, radica en que la propuesta de mejora se basa en el conocimiento específico que realiza cada trabajador, no adecuándose a los objetivos de esta investigación, ya que se considera que cada uno de los trabajadores son especialistas en cada uno de los trabajos que se les encomiendan.

Con respecto a la metodología de BPM tampoco se adapta de acuerdo a las necesidades y objetivos de la empresa debido a que se requiere de tecnologías informáticas avanzadas y costos elevados.

En relación a la metodología SCOR, esta no cumple con los objetivos de este estudio, debido a que los clientes son mineras que cuentan con sus propios indicadores de desempeño, evaluando constantemente el rendimiento de Forjados S.A., reflejándose financieramente en las pérdidas de utilidad por las multas en atrasos de los componentes. Además los proveedores entregan la materia prima y herramientas en los tiempos solicitados, en consecuencia esta metodología no cuenta con indicadores de desempeño internos para medir el proceso. Por consiguiente tampoco indica la forma en cómo mejorar los errores.

Finalmente se analiza y se selecciona la metodología DMAIC, debido a que se adapta mejor al objetivo de esta memoria, ya que sigue una estructura estándar para encontrar y dar solución al problema y también se adapta bien al proceso de gestión de una empresa. Además se puede calcular el Sigma de una forma estadística mediante el software Minitab y así comparar la situación actual con la situación con mejoras y poder verificar el impacto de la variabilidad del proceso.

Por otro lado se analizaron diferentes Softwares de simulación de procesos, los cuales son: Bizagi Process Modeler, Promodel, Simul8, Arena; eligiendo el Software Arena debido a que presenta cualidades superiores a los otros simuladores, ya que permite simular procesos complejos con diferentes distribuciones de probabilidad, asignar recursos y tasas de llegadas de los componentes, dar resultados de simulación a través informes, estas cualidades hacen que este simulador se asemeje a la realidad del proceso.

2.1 Metodologías de Gestión de Procesos

2.1.1 Definición de Metodología

Consiste en una serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso de investigación para alcanzar un resultado teóricamente válido. En este sentido, la metodología funciona como el soporte conceptual que rige la manera en que aplicamos los procedimientos en una investigación. (Cortés, Iglesias, 2004).

2.1.2 Definición de Gestión

Es una actividad profesional que establece los objetivos y medios de su realización, a precisar la organización de sistemas, a elaborar la estrategia del desarrollo y a ejecutar la gestión del personal (Rementería, 2008).

2.1.3 Definición de Proceso

Es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, los cuales transforman elementos de entradas en resultados. (ARP Calidad, 2012).

2.2 Business Process Management (BPM)

BPM es un enfoque sistemático para identificar, levantar, documentar, diseñar y ejecutar, medir y controlar tanto los procesos manuales como automatizados, con el propósito de lograr a través de sus resultados la forma consistente de los objetivos de negocio, que se encuentran alineados con la estrategia de la empresa. BPM abarca el apoyo creciente de las Tecnologías de Información, con la finalidad de mejorar, innovar y gestionar los principios a fin, que determinan los resultados de negocios, crean valor para el cliente y posibilitan el logro de los objetivos de negocios con mayor agilidad. (Bernhard Hitpass, 2014).

2.2.1 Organización y Estructura del BPM

BPM como disciplina de gestión orientada a procesos, abarca dos grandes áreas de la gestión empresarial:

1.- BPM Governance: Es un modelo de gestión corporativo orientado a procesos, pero integrado con todas las capas de una organización (se refiere a capas de dirección, operacional y de tecnología) las fases del ciclo de gestión, la gestión del cambio de nuevos requerimientos, la estructura organizacional y todos los instrumentos de alineamientos de y entre estructuras corporativas. Esta estructura de BPM abarca todo el ciclo de gestión organizacional desde la planificación y gestión estratégicas, la definición de planes de negocios, el ciclo de presupuesto, la definición de los perfiles y cargos, la gestión de operaciones, apoyo tecnológico hasta el alineamiento con el portafolio de proyectos corporativos.

2.- BPM Operacional: Es un modelo que abarca la gestión del ciclo BPM por proceso y no los mecanismos de alineamientos con las otras capas de la organización, que es dominio de un modelo de BPM Governance. El ciclo que se tiene de este BPM es aplicado para cada proceso por separado o en forma independiente, debido a que cada proceso puede encontrarse en un estado diferente del ciclo. Este ciclo parte de dos posibles constelaciones:

- Un proceso actual que debe levantarse y documentarse y/o rediseñarse.
- Se debe introducir un nuevo proceso no existente en la organización.

2.2.2 Ciclo de Mejora Continua en BPM

El ciclo de mejora continua de BPM (Gorimella, Lees, Williams, 2008) incluye todo lo que necesita a la hora de diseñar, representar, analizar y controlar los procesos de negocios operacionales:

1.- Diseño y modelamiento de procesos: Van a facilitar que de una forma fácil y rigurosa, pueda definir procesos que abarquen cadenas de valor y coordinar los roles y comportamientos de todas las personas, sistemas y otros recursos necesarios para el proceso.

2.- Integración: Es posible incluir en los procesos ya sea cualquier sistema de control, fuente de datos o cualquier otra tecnología.

3.- Entornos de trabajos de aplicaciones compuestas: Consiste en poder construir e implementar aplicaciones basadas en la web de forma instantánea, funcionales y sin necesidad de códigos.

4.- Ejecución: Se trata de convertir en forma directa los modelos en acción en el mundo real, coordinando los procesos en tiempo real.

5.- Supervisión de la actividad de negocio (BAM): Consiste en hacer el seguimiento del rendimiento de los procesos mientras suceden, mediante indicadores, mostrando métricas del proceso y tendencias claves.

6.- Control: Permite responder a eventos en los procesos de acuerdo a las circunstancias, como cambio en las reglas y notificaciones.

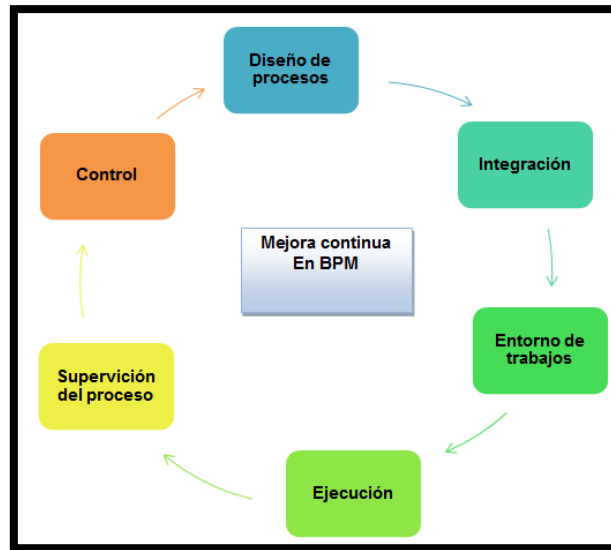


Figura 2: Mejora Continua en BPM

Fuente: Elaboración Propia en base al libro Introducción al BPM

2.2.3 Objetivos Funcionales de BPM

1.- Centrado en los procesos: Se refiere a que BPM unifica las actividades de negocios y de Tecnologías de Información coordinando las acciones y comportamientos de las personas y sistemas alrededor del contexto común de los procesos de la empresa.

2.- Alineación de negocio con Tecnología de Información: Consiste en que BPM facilita la colaboración directa y responsabilidad conjunta de los profesionales de la empresa y con la Tecnología de Información, complementar el desarrollo de la implementación y optimización de los procesos operacionales.

3.- Mejora Continua de los Procesos: Consiste en que BPM ayuda a implementar las herramientas de gestión y los métodos y también el comportamiento de la mejora continua del proceso (CPI).

4.- Composición de Soluciones: Hace referencia a que BPM facilita el diseño, los ensamblajes rápidos de procesos de negocios completos.

5.- Transparencia: Consiste en que BPM proporciona visibilidad funcional cruzada en tiempo real de los procesos operacionales y una comprensión común de las actividades para todos los involucrados en el proceso.

6.- Enfoque "Leave and Layer": Hace referencia a que BPM incorpora de forma directa activos existentes y sistemas de información y coordina su uso en una capa de procesos accesible para los directores del negocio.

2.3 Modelo SCOR

El modelo SCOR (Calderón, Cruz, 2005) consiste en un herramienta para representar, analizar y configurar cadenas de suministros, el cual fue desarrollado en 1996 por el consejo de la cadena de suministro (Supply-Chain Council SCC), con el objetivo de desarrollar una herramienta de diagnóstico estándar. Este modelo proporciona un marco de referencia único que va a unir los procesos de negocios, los indicadores de gestión, las mejores prácticas y tecnologías en una sola estructura; con el propósito de apoyar la comunicación entre los socios de la cadena de suministro y mejorar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro (GCS) y también de las diversas actividades de la mejora de la cadena de suministro. Además este modelo, es de un modelo de referencia, ya que no tiene una descripción matemática ni métodos heurísticos, en cambio estandariza la terminología y los procesos de una cadena de suministro para modelar y usando KPI's, para comparar y analizar diferentes alternativas y estrategias.

Este modelo es aplicable a todas las industrias, empleándose para representar cadenas de suministros simples o complejas, ayudando a las compañías a detectar sus problemas, que va a permitir representar las actividades de negocio necesarias para satisfacer la demanda de un cliente, considerando en detalle todas las actividades desde el proveedor de un proveedor hasta el cliente de un cliente.

2.3.1 Objetivos del Modelo SCOR

Dentro de los objetivos del modelo SCOR se encuentran los siguientes:

- Afina la cadena de suministro a propósitos específicos
- Permite alcanzar la ventaja competitiva
- Desarrolla una estrategia integrada que va a convertir los objetivos generales de negocio claramente y de manera completa para todas las entidades operativas de la empresa
- Permite crear un Balanced Scorecard lo que facilita que los clientes puedan medir su desempeño y los integrantes de SCC puedan medir el desempeño de proveedores

Para llevar acabo y lograr los objetivos el modelo se organiza en 5 procesos principales los cuales se muestran a continuación:



Figura 3: Fases dentro del Método SCOR

Fuente: Elaboración propia

El modelo SCOR consta de tres niveles, los cuales tienen por objetivo aportar con indicadores clave de desempeño (KPI's), dividiéndose estos en cinco atributos, los cuales son: Fiabilidad en el cumplimiento, Flexibilidad, velocidad de atención, costos y activos.

A continuación se detalla los niveles del modelo SCOR:

Nivel 1 (Nivel Superior o Macro-Procesos): En este nivel se define el alcance y contenido del Modelo SCOR, se analizan las bases de competencia y también se establecen los objetivos de rendimiento competitivo.

En este nivel los indicadores del nivel 1, son medidas de alto nivel que recorren múltiples procesos de SCOR. Estos indicadores no se relacionan necesariamente con todo los procesos del nivel 1 (Planificación, Aprovechamiento, Manufactura, Distribución, Devolución) los tres primeros son puntos de vista externos y los dos restantes son puntos de vista interno.

Los valores de los indicadores del nivel 1 se van a comparar con una Tabla de "Supply Chain Scorecard", con los de otras empresas de su sector y también de otros sectores donde se van a calificar de igual manera. Con esta comparación se puede analizar en qué aspectos tiene desventaja la Cadena de Suministro (Scorecard Gap Analysis), y así poder identificar las mejoras necesarias como también priorizar los proyectos.

Nivel 2 (Nivel de configuración o Procesos): Este nivel ayudará a las empresas a poder implantar la estrategia operativa, por medio del análisis de flujo de material. La configuración única de la cadena de suministro, ayudará a poder identificar las ineficiencias y nivelar la cadena, evaluando el impacto de una potencial mejora.

Para este nivel se consideran 26 categorías de procesos, las cuales se distribuyen 5 para planificación, 3 para aprovisionamiento, 3 para manufactura, 4 para distribución y 6 para devolución (3 de aprovisionamiento y 3 de distribución) y 5 para apoyo. De estas las 5 primeras de tipo de planificación, las 16 intermedias son de tipo de ejecución y las 5 últimas son de tipo de apoyo.

El nivel 2 considera que la cadena de suministro, presentará 26 categorías de procesos conforme al estado actual, tanto geográficamente como a través del diagrama de hilos, para luego proceder a las especificaciones de la nueva SC y así poder configurar el estado deseado, empleando nuevamente los dos tipos de Gráficos mencionados.

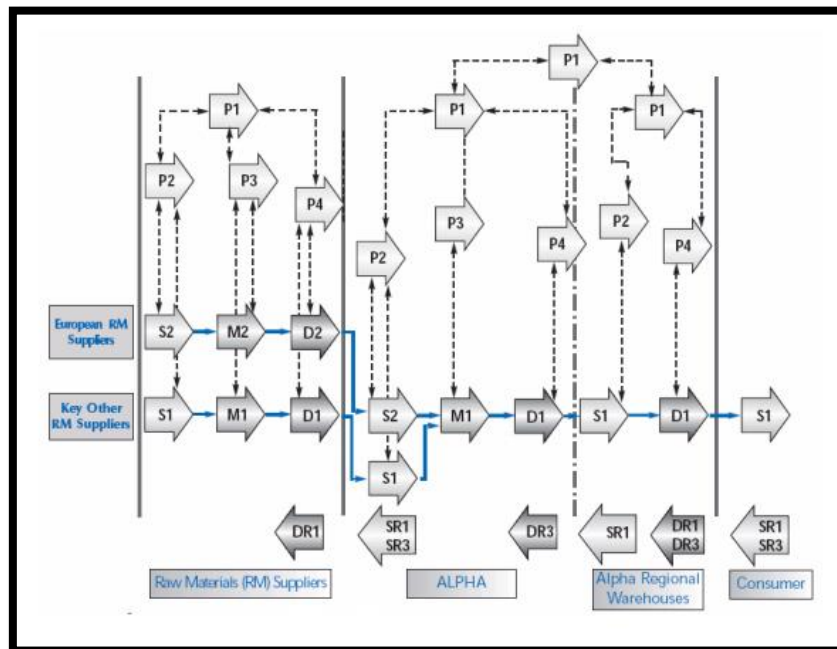


Figura 4: Ejemplo Diagrama de Hilo
Fuente: Elaboración propia

Nivel 3 (Elementos de Procesos o Actividades): Este nivel presenta distintos procesos de la Cadena de Suministro de manera más detallada, descomponiendo las categorías en elementos de procesos. Estos se van a presentar en secuencia lógica (con rectángulos y flechas), con entradas (inputs) y salidas (outputs) de información y materiales. Esto ayudará a determinar la capacidad de la empresa para realizar con éxito el proceso en cuestión, esto permite afinar con más detalle la estrategia de operaciones definida en el nivel anterior. Los aspectos que se deben identificar en este nivel son información de entrada y salida, indicadores de rendimiento, mejores prácticas aplicables, requerimientos a exigir al sistema para cubrir adecuadamente las prácticas y finalmente herramientas y sistemas con los que se debe contar.

Dentro del modelo SCOR, hay dos niveles adicionales que no se abordan realmente, debido a que estos elementos deben ser adaptados a las especificaciones de cada organización. Estos son definidos por la compañía o industria, donde se encontrarán el nivel 4 (Tareas específicas) y el nivel 5 (Transacciones), en definitiva se trata de poner en marcha las prácticas de gestión de la cadena de suministro, teniendo en cuenta que la empresa ha de ser competitiva y sabe adaptarse a las condiciones cambiantes de los negocios.

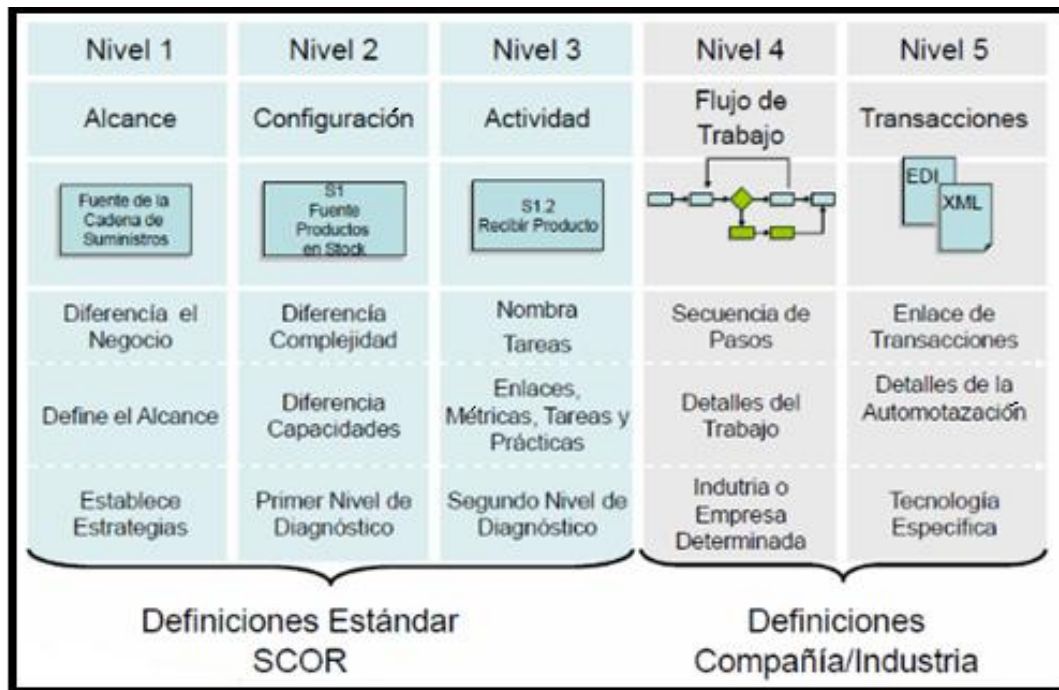


Figura 5: Procesos y Actividades en una Organización
Fuente: Elaboración propia

2.4 Teoría de las Restricciones

2.4.1 Definición de la Teoría de las Restricciones

Es una filosofía de gestión empresarial enfocada en la mejora continua, con el propósito de alcanzar la meta de toda organización, esto se logra a través de la solución de problemas críticos identificando y eliminando las restricciones de forma sistemática.

Esta teoría fue creada por el físico israelí Eliyahu Goldratt en el año 1979, al analizar que los productores no estaban haciendo un buen trabajo al programar y controlar sus recursos e inventarios, desarrollando así su teoría de las restricciones que busca el “problema en su raíz medular para que al actuar sobre él se acerque a su meta (la generación de beneficios) mediante un proceso de mejora continua. (López, 2000).

Las restricciones son obstáculos que impiden que la organización alcance su meta. Estas limitaciones pueden deberse a factores internos o externos de la empresa, pero lo más frecuente es que la limitación se encuentre dentro de esta, es decir, que exista un recurso con capacidad insuficiente al cual se le denomina cuello de botella.

El proceso que permite convertir los cuellos de botellas en mejoras para el sistema son 4 pasos de focalización. (Estrategiafocalizada, 2000).

1.- Identificar la Restricción del Sistema: Se trata de localizar aquellas restricciones donde se elige el recurso, que limita el rendimiento global del sistema, es decir, el recurso que presenta la mayor carga para luego explotarlo a su máxima capacidad.

2.- Explotar la Restricción del Sistema: Explotar la restricción consiste en buscar la forma de obtener la mayor producción posible, es decir, sacar el máximo provecho a la restricción.

3.- Subordinar todo lo demás a la Restricción: Consiste en obligar al resto de los recursos interdependientes a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema. Estos primeros tres puntos cercioran que la empresa esté operando a su máxima capacidad de logro.

4.- Elevar las Restricciones del Sistema: Este escalón de mejora se alcanza cuando la empresa incrementa la capacidad del elemento que era la restricción hasta el momento, este es el significado de elevar, es crear un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción.

Si los pasos descritos se han roto una limitación, se tiene que regresar al primer paso, esto quiere decir que existen otros recursos con menor capacidad, en otras palabras se trata de entrar en un proceso de mejora continua donde el objetivo, es que se debe evitar que la inercia provoque una limitación al sistema.

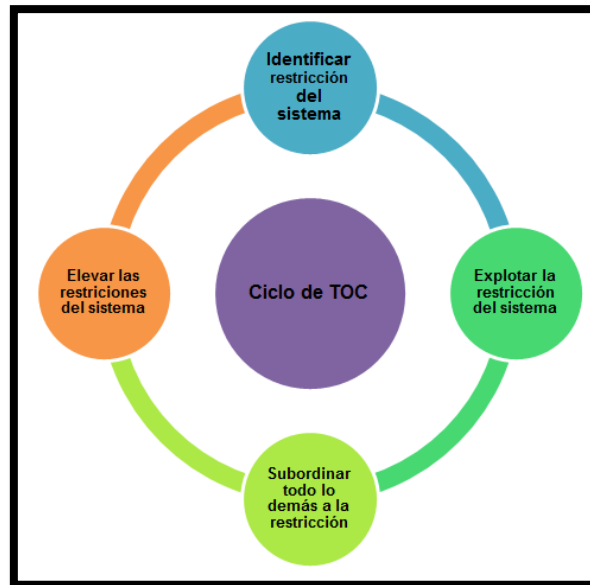


Figura 6: Ciclo de TOC
Fuente: Elaboración Propia

2.5 Metodología DMAIC

2.5.1 Antecedentes de la Metodología DMAIC

La metodología DMAIC (Hernández, Mendoza, Mejías, 2010) data desde los años 80, esto surgió en Motorola Company cuando el ingeniero Mikel Harry comienza una influencia con los demás trabajadores en el estudio de variación de los procesos, esto logra mejorar los mismos y obtener una calidad en base al análisis Deming. Esta fue la base en la que se fundamentó la calidad de Motorola en esos tiempos.

En esta situación donde se ven involucradas diferentes variables, se analizan herramientas estadísticas, debido a que esto lograba que se eliminara la variabilidad en los procesos, ayudando a alcanzar las metas con un mínimo de defectos, bajos costos y completa satisfacción de los clientes. En toda la metodología se buscó un resultado y esto se generó en base a un estándar que se tenía en Motorola, debido a que dependía de cada uno de los factores que afectan el correcto funcionamiento.

La metodología DMAIC busca aproximarse a obtener un ideal de cero defectos, al manejar un 99.97% en la calidad de producto y servicio que se creaba.

Los efectos secundarios que logró DMAIC son:

- Alta satisfacción de los clientes
- Efecto de alto desempeño financiero en la organización
- Reducción de los costos
- Reducción en los tiempos de ciclo

2.5.2 Definición de la Metodología DMAIC

DMAIC es una metodología de calidad, que sigue un formato estructurado y disciplinado de mejora a seguir que utiliza a Six sigma. DMAIC consiste en 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Es una estrategia (Gutiérrez & De la Vara, 2009) de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación, con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades.

La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La metodología DMAIC, es una herramienta de mejora de procesos que es aplicable tanto en empresas de manufactura como en empresas de servicios, también se considera como una metodología para reducir los defectos basándose en el mejoramiento de los procesos y en la priorización de la satisfacción de los clientes.

2.5.3 Análisis de la Métrica Seis Sigma

Dentro de la metodología DMAIC se establece el sigma, que mide la variabilidad del proceso. Cuando se realiza el análisis estadístico (Quirola, 2014) de una serie de datos se determina la distribución que presenta la variable estudiada y esta suele ser la conocida como distribución normal o campana de gauss, la cual indica que la mayoría de las mediciones de un determinado conjunto de datos no se aparta mucho del promedio y está considera la media y la desviación estándar. Además se puede determinar los puntos de inflexión de la curva.

Con respecto al efecto que tiene la campana, es que mientras menor sea el valor sigma (σ) va hacer menor la dispersión de los datos y por lo tanto los valores están más cercanos al valor medio, en consecuencia mientras más estrecha y alta sea la curva va haber menos variación. Lo dicho anteriormente se muestra en la siguiente Ilustración 1:

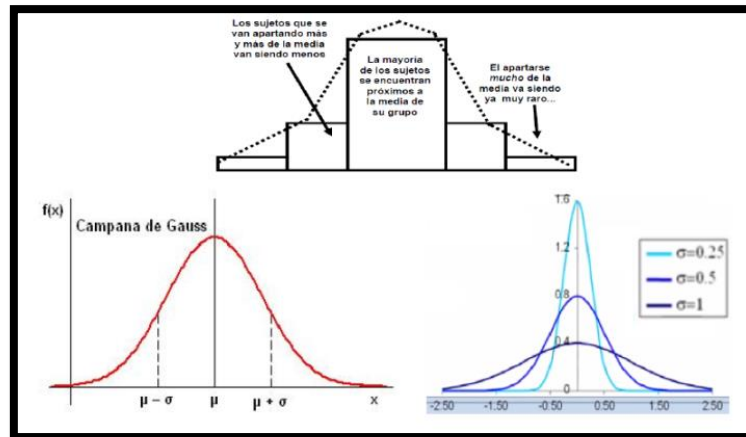


Ilustración 1: Campana de Gauss

Fuente: www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/Distribucionnormal.pdf

De acuerdo a la Ilustración 1, se detalla la escala de la calidad de six sigma que consiste en cuantificar la cantidad de desviaciones estándar (o sigmas) que pueden contenerse en el intervalo comprendido entre los límites superior e inferior de especificación.

La cantidad de sigma contenidos, determinará el nivel sigma de desempeño del proceso, el nivel está asociado inversamente a la variación, es decir, mientras más alto sea el nivel sigma, es menor la variación de un proceso, y mientras mayor sea el número de sigmas dentro del intervalo, menor es el valor sigma y en consecuencia es menor el número de defectos o valores fuera de las especificaciones.

Se debe realizar una diferencia entre el “valor sigma” con el “nivel sigma”, debido a que son dos conceptos totalmente diferentes; el valor sigma indica el grado de dispersión de los datos, en cambio el nivel sigma indica el número de sigma comprendidos entre los límites de especificación superior e inferior.

El nivel sigma constituye una medida objetiva de la capacidad de un proceso, el cual está ligado al número de defectos y al nivel de rendimiento.

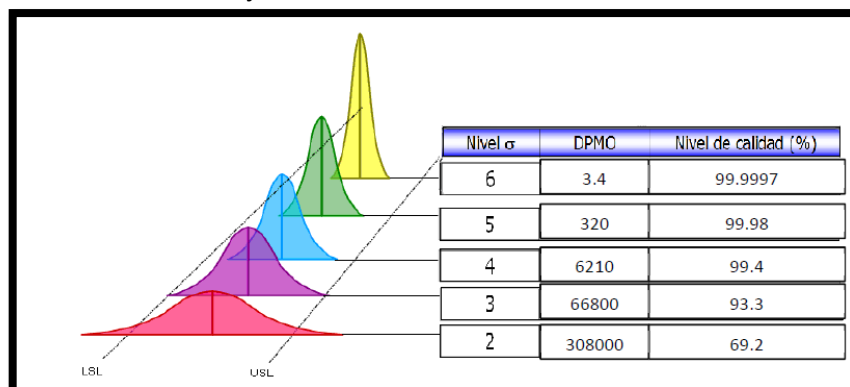


Ilustración 2: Niveles Sigmas y Niveles de Calidad

Fuente: www.advanceconsultoria.com/?=2486

2.5.4 Etapas de la Metodología DMAIC

A continuación se detallarán las etapas que comprende la metodología DMAIC.

2.5.4.1 Fase de Definir

Esta etapa comprende la declaración del problema, los objetivos del proyecto, la identificación de los clientes, redacción de un plan de cómo se llevará a cabo el proyecto. Además se debe definir el problema y del porque trabajar en él, identificación de los requisitos de los clientes y la elaboración de un mapa de proceso.

Las herramientas típicas que son usadas en esta fase, son: los diagrama de flujo de procesos, los mapas de procesos, mapa SIPOC (Proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes) y despliegue de la función de calidad QFD; la voz del cliente.

2.5.4.2 Fase de Medir

Esta etapa comprende cuantificar mejor la magnitud del problema, definir un nivel más detallado para entender el flujo de trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Además se establecen varios procedimientos para esta fase, los cuales, son: la caracterización del proceso, la elaboración de un mapa de proceso, la identificación de que medir, la recolección de los datos, la cuantificación de los defectos, el cálculo del rendimiento del proceso y del nivel sigma de desempeño, la identificación de las oportunidades de mejora.

Las herramientas típicas utilizadas son: Hoja de verificación, muestreo, capacidad del proceso, determinación del sigma del proceso.

2.5.4.3 Fase de Analizar

El objetivo de esta fase, es identificar las causas raíces del problema, entender como estas influyen e identificar las causas con los datos. En esta etapa se analizan tanto los datos recolectados, como los procesos críticos identificados.

En primer lugar se busca identificar diferencias y establecer tendencias relacionadas con las causas de los defectos, segundo lugar se examinan los principales procesos involucrados en el cumplimiento de los requisitos, para establecer tiempos de ciclo, reprocesos, tiempos muertos y todo lo involucrado a su desempeño.

En esta fase se establecen varios procedimientos, los cuales son: el análisis estadístico de los datos, el análisis de los procesos, la identificación de las características críticas para la calidad, la identificación de las causas raíces de los problemas.

Las herramientas típicas usadas, son: la lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, estratificación, cartas de control, diagrama de dispersión, diseño de experimentos, mapeo de procesos, los 5 por qué?, Gráficos de tendencias, histogramas, entre otras herramientas.

2.5.4.4 Fase de Mejorar

El objetivo de esta etapa, es proponer soluciones que atiendan las causas raíces, es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto.

Se establecen varios procedimientos, los cuales son: las propuestas de solución, el análisis económico de las propuestas, la elaboración de una matriz de criterios para seleccionar la mejor propuesta.

Las herramientas típicas usadas son: Lluvia de ideas, mapa de procesos, diagrama de Gantt, diagrama de árbol, diseño de experimento, y matriz impacto-esfuerzo.

2.5.4.5 Fase de Controlar

El objetivo de esta fase es diseñar un sistema que mantenga las mejoras, por lo que es una etapa vital, puesto que trata que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Después de proponer las mejoras en la etapa anterior se debe medir y seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua, ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente.

Además en esta fase de control se establecen varios procedimientos, entre ellos se destacan: la estandarización de procesos, la documentación del plan de control, el monitoreo del proceso, la definición de indicadores de control para garantizar la sostenibilidad de las soluciones, la documentación y difusión del proyecto.

Las herramientas típicas usadas son: control estadístico de procesos por variables, Gráficos por atributos, análisis de la capacidad mediante Gráficos de control, muestreo por atributos o variables, hojas de verificación, cuadro de mando integral.

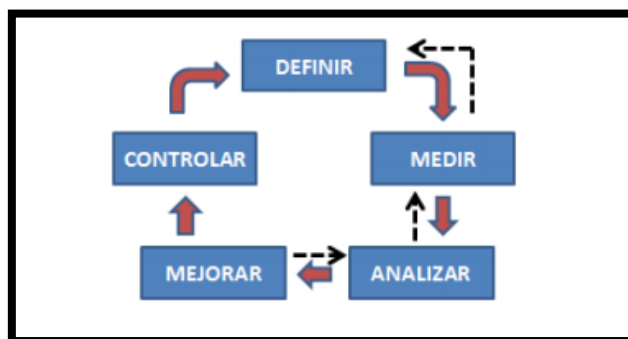


Figura 7: Proceso Iterativo DMAIC de Seis Sigma
Fuente: Elaboración Propia en base a la información del Artículo de Ocampo y Pavón.

2.5.5 Beneficios de la Aplicación de Metodología DMAIC

Dentro de las ventajas que entrega la metodología DMAIC con Seis sigma se puede observar en la Figura 8. (Sánchez, 2005).

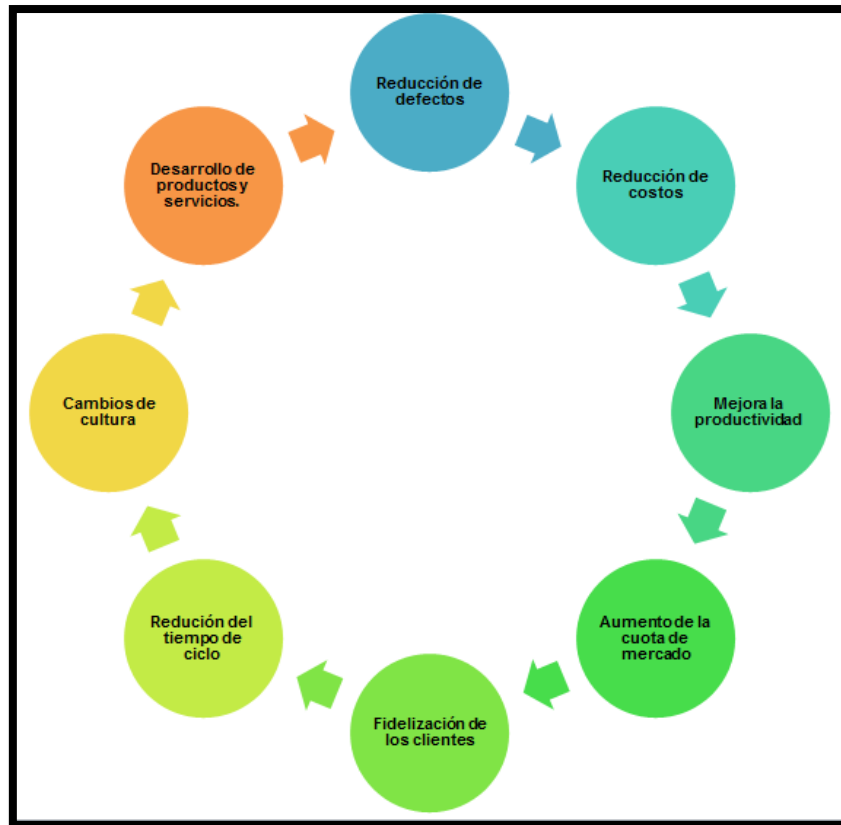


Figura 8: Ventajas de la Aplicación de la Metodología DMAIC con Seis Sigma
Fuente: Elaboración propia

2.6 Simulación de Procesos

2.6.1 Definición de Sistema

Es un conjunto de elementos que se encuentran en interacción y que buscan alguna meta o metas comunes. Se considera como un conjunto de componentes interrelacionados que en una forma organizada recibe entradas y las procesa y emite salidas para obtener una meta (Fábregas, 2003).

2.6.2 Definición de Simulación

En todo proceso que se analiza y estudia es de vital importancia ver el funcionamiento real con los recursos disponibles por la empresa. Para verificar la capacidad del proceso y a la vez verificar las tareas que lo involucran, identificando reprocesos y cuellos de botellas dentro del proceso.

La simulación se define como un conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado, la simulación puede ser un término extremadamente general dado que se utiliza en muchos campos, industrias y aplicaciones. (Kelton, 2008).

La generación de los modelos de simulación nace como respuesta a las múltiples necesidades del día a día, donde el ser humano constantemente se ve expuesto a la toma de decisiones. Cabe destacar que un modelo en ningún caso busca dar una alternativa como una verdad absoluta, más bien busca ser el encargado de guías y apoyar en la toma de decisiones, destacando la opción más eficaz y eficiente.

2.6.3 Beneficios de la Simulación

Al realizar una simulación de procesos es importante tener en cuenta los distintos beneficios que brinda. (Torres, 2012).

Ventajas:

- La simulación brinda un control total sobre el tiempo, ya que es un fenómeno que se puede acelerar.
- Da soluciones a problemas sin solución analítica.
- Es más sencillo visualizar y comprender los métodos de simulación que los analíticos.
- Ayuda a disminuir costos, ya que generalmente es más económico mejorar el sistema vía simulación, que desarrollarlo en el sistema real.
- Una vez construido el modelo se pueden hacer modificaciones de manera rápida, con el objetivo de poder realizar el análisis de las distintas políticas o escenarios posibles.
- Para su implementación no es necesario la interrupción de las operaciones de la compañía.

2.7 Software de Simulación de Procesos

En este apartado se detallaran los principales programas de simulación para los procesos, con el propósito de mostrar las diferentes opciones que existen en el mercado al momento de desarrollar un proceso de simulación.

2.7.1 Simul8

Es una herramienta de software, para construir, presentar, animar y explorar mediante simulación diferentes procesos de cualquier nivel de complejidad y de manera rápida.

Ventajas:

- Minimiza el riesgo en la toma de decisiones para la administración.
- Posee plantillas de ayuda para modeladores principiantes.
- Es un software simple y de uso intuitivo.

2.7.2 Bizagi Process Modeler

Es un software que va a permitir al usuario diagramar, ejecutar y automatizar procesos o flujos de trabajo de manera gráfica.

Ventajas:

- Aumento de la gobernabilidad y control, reducción del riesgo operacional.
- Optimización de procesos.
- Disminución de los costos.

Desventajas:

- Para procesos complejos y de mediana complejidad se requerirá programación.
- Es un Software inmaduro, con poco tiempo de prueba.

2.7.3 Promodel

Es un programa de simulación especializado para procesos industriales, lo cual permite ejecutar cualquier tipo de procesos de manufactura, procesos de manejo de materiales, procesos logísticos, entre otros.

Ventajas:

- Se comparan distintas alternativas de diseño.
- No es necesario interrumpir el funcionamiento del sistema real.
- Permite estudiar en poco tiempo la evaluación del sistema.

Desventajas:

- Difícil encontrar el resultado óptimo.
- Difícil encontrar la validez del modelo.
- No produce resultados exactos, sino que estimaciones.

2.7.4 Software Arena Simulation

Es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado, para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos, integrado en un ambiente fácilmente comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa. (Fábregas, 2003).

Ventajas:

- Ofrece resultados claros arrojando informe al final del tiempo establecido para la simulación.
- Excelente capacidad gráfica
- Esta especialmente diseñado para personas que no tienen conocimiento de programación.
- Permite analizar la sensibilidad de las variables involucradas en los procesos.
- Es compatible con productos de Microsoft Office.

Desventajas

- Con respecto a la versión estudiantil tiene muchas limitantes a la hora de reproducir modelos de gran complejidad.
- Incompatibilidad con otro software de simulación.

2.7.4.1 Paneles de Software Arena

Dentro de este Software ofrece una diversa variedad de paneles, los cuales cumplen con diferentes funciones y niveles de complejidad, dependiendo del proceso que se quiere simular. (Fábregas, 2003).

2.7.4.2 Paneles de Procesos Básicos (Basic Process Panel)

Estos paneles permiten la elaboración de diagramas de flujo de baja complejidad, en los que se detallan:

Create: En este panel se generan las entidades de ingreso. Además de definir el tipo de distribución del tiempo entre cada llegada.

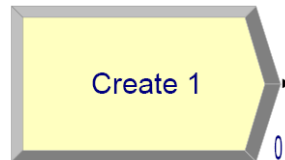


Ilustración 3: Panel Create
Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Dispose: Este panel consiste en retirar una entidad del modelo. Además en este panel se recolectan las estadísticas correspondientes a la entidad.

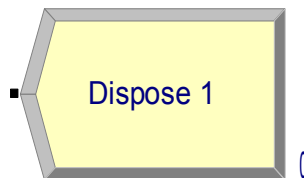


Ilustración 4: Panel Dispose
Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Process: En este panel las entidades experimentan una operación que involucra la utilización de un recurso y cumple el propósito de un submodelo.

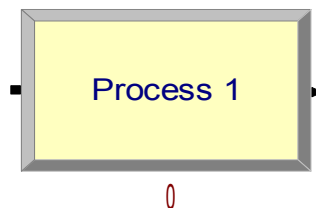


Ilustración 5: Panel Process
Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Decide: En este panel se toma una decisión con respecto a cuál es el camino que deben seguir las entidades. Esta decisión puede ser tomada respecto a una condición o porcentaje.

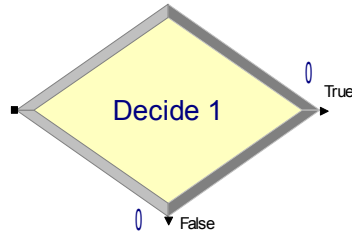


Ilustración 6: Panel Decide

Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Batch: Este panel permite formar lotes o grupos de entidades de cualquier tamaño, previamente definido, los cuales pueden ser permanentes o temporales y de cualquier tipo de identidad o de alguno en específico.

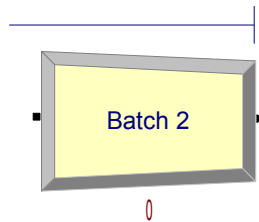


Ilustración 7: Panel Batch

Fuente: Elaboración propia en base a Rockwell Arena

Separate: Este panel cumple la función de separar lotes que se forman temporalmente y desarrolla la función opuesta del módulo Batch.

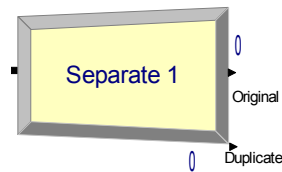


Ilustración 8: Panel Separate

Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Assign: Este panel cumple la función de cambiar el valor de un atributo, figura, nivel, secuencia u otra variable del sistema, también se utiliza para asignar características a las entidades.

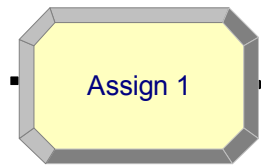


Ilustración 9: Panel Assign

Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

Record: Este panel cumple la función de la recolección de información estadística en el modelo de simulación y también puede ser utilizado como un contador.

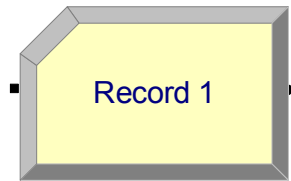


Ilustración 10: Panel Record

Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

2.7.4.3 Módulos de Datos Software Arena

En este apartado se explica cada uno de los módulos de datos que aparecen en el software Rockwell Arena. (Fábregas, 2003).

Attribute (Atributo): Consiste en una característica propia de cada entidad en arena, se pueden definir tantos atributos como lo requiere el usuario, para el modelamiento del sistema en estudio.

Queue (Cola): Este módulo está encargado de definir el nombre de las distintas colas y el tipo de regla de liberación que estas siguen (FIFO, LIFO, etc).

Entity (Entidad): Esta entidad puede ser un objeto o persona que se mueve a través de un sistema y que causa cambios en la variable de respuesta.

Resource (Recurso): En este caso el recurso tiene como característica que es un elemento estacionario, el cual puede ser utilizado por una entidad. Estos recursos se van a utilizar cuando se requiere representar actividades claves del sistema, que restringen el flujo de actividades, este presenta una capacidad finita y puede estar en distintos estados a lo largo de la simulación.

Variable: Este módulo representa características del sistema, los cuales son de carácter global, es decir, su valor es el mismo en cualquier parte del modelo. Además estas variables pueden ser predeterminadas por el programa o definidas por el usuario.

Schedule (Programar): En este módulo se define el horario de trabajo mediante el cual se programa la capacidad del recurso.

Set (Grupo o conjunto): Este módulo es utilizado cuando se requiere formar grupos repetitivos de recursos, figuras, colas, entre otros, con el objetivo de facilitar el modelamiento que se desarrolla.

2.7.4.4 Estadística Relacionada con Software Arena

Se debe tener en cuenta, que para poder ingresar los datos de duración de cada actividad, que se va a llevar a cabo en la reparación de componentes en el Software Arena, es importante saber cuál va hacer la distribución estadística de los tiempos en cada uno de los proceso. El software arena posee una amplia gama de funciones o distribuciones estadísticas.

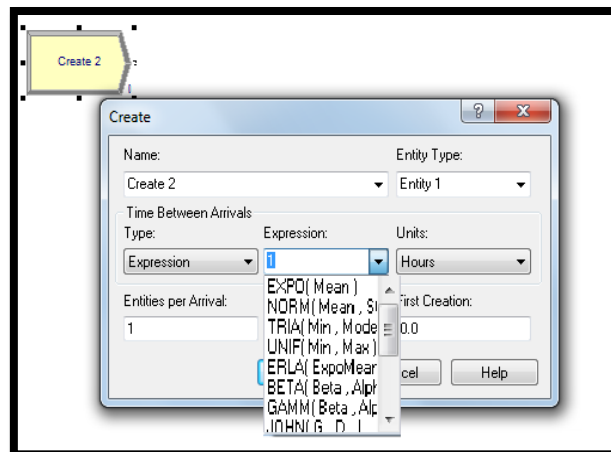


Ilustración 11: Módulo de Expresión
Fuente: Elaboración Propia en base a Rockwell Arena

2.8 Tipos de Eventos Estadísticos y Distribuciones Estadísticas.

Para la aplicación de la metodología DMAIC y la simulación de procesos mediante Software Arena, se establecerán y utilizarán métodos y herramientas estadísticas, tanto para la ejecución como la validación del proceso.

Eventos Estadísticos: Se considera cuando un evento es seleccionado aleatoriamente, el experimento se denomina aleatorio o al azar.

Se establece que “Un evento es un subconjunto del espacio Muestral de un experimento aleatorio” (Montgomery, 2002).

A continuación se detallarán a modo general los distintos tipos de eventos:

Evento Simple: Es cada uno de los resultados de un experimento que no se pueden descomponer.

Evento Compuesto: Es un evento si lo componen dos o más eventos simples.

Evento Independiente: Dos eventos son independientes si y solo si la ocurrencia de uno no afecta en la ocurrencia de los otros.

Eventos Dependientes: Dos eventos son dependientes si la ocurrencia de uno influye en el resultado del otro.

La distribución estadística de la probabilidad, según indica la gran gama de valores puede expresarse como resultado de un evento si este es realizado, es decir, una descripción de la probabilidad de que un evento suceda en un futuro. Además es considerada una herramienta fundamental para el diseño de los escenarios, tendencias de procesos o sucesos actuales. (Tello, Tun & Martínez, 2012).

Las distribuciones estadísticas de probabilidad más utilizadas son: distribución normal, distribución exponencial, distribución de Bernoulli o Binominal, distribución gamma, distribución poisson y distribución T-Student.

2.9 Software de Análisis de Datos

Para realizar la simulación en Software Arena y para aplicar la metodología DMAIC, es necesario el previo análisis de los datos obtenidos en terreno, para así tener claro que tipo de distribución se considerará. El software que se utilizará en este estudio será:

Minitab: Es un tipo de software que se enfoca al análisis de datos complejos, en identificación y resolución de problemas relativos al control de calidad de procesos, permitiendo a la empresa controlar dichos procesos y mejorar el rendimiento (www.addlink.es).

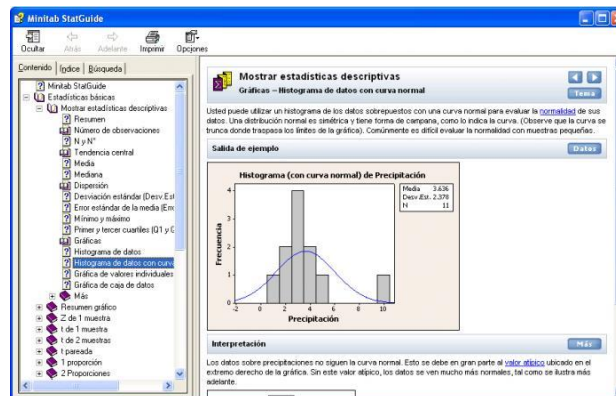


Ilustración 12: Módulo de Minitab
Fuente: Minitab.softonic.com

Capítulo 3: Aplicación y Análisis de la Metodología DMAIC

3.1 Fase de Definición

Definiciones del proyecto DMAIC

3.1.1 Alcance del Proyecto:

Las etapas de la metodología DMAIC, serán desarrolladas por dos personas (Los autores de esta memoria), quienes al finalizar el estudio presentarán los resultados y propuestas de mejoras para el área de reparaciones. Además se aplicarán solo herramientas necesarias para realizar este estudio, las cuales serán aplicadas por la metodología DMAIC y se limitará a utilizar otras herramientas que no sean útiles.

3.1.2 Organigrama del Área de Reparaciones

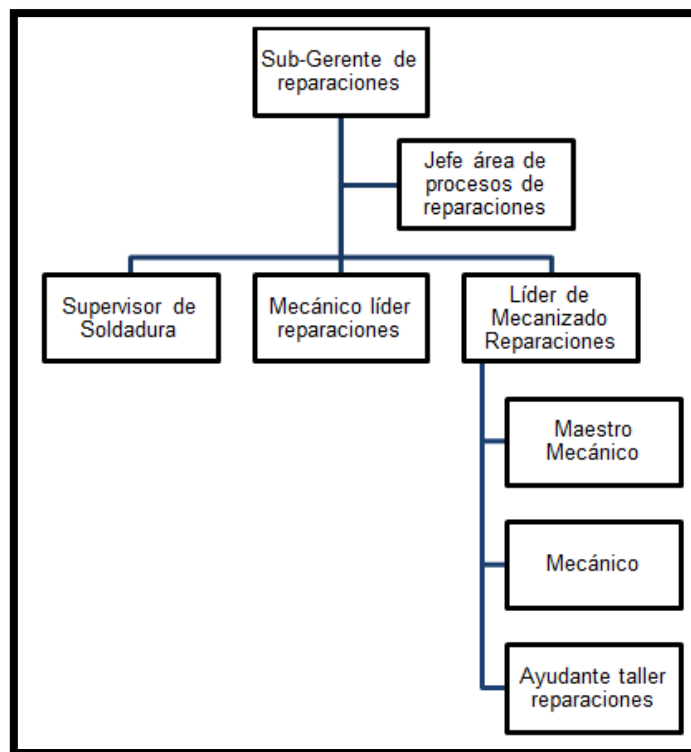


Figura 9: Estructura Organizacional de Área de Reparaciones
Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Forjados S.A.

3.1.3 Definición del Problema

La definición del problema principal que enfrenta la empresa Forjados S.A, específicamente en el taller de reparaciones, se describió y cuantificó anteriormente en el apartado 1.3 de esta memoria.

3.1.4 Identificación de los Clientes

3.1.4.1 Identificación de los Clientes

A continuación se detallan los clientes de la empresa Forjados S.A de acuerdo al tipo de industria.

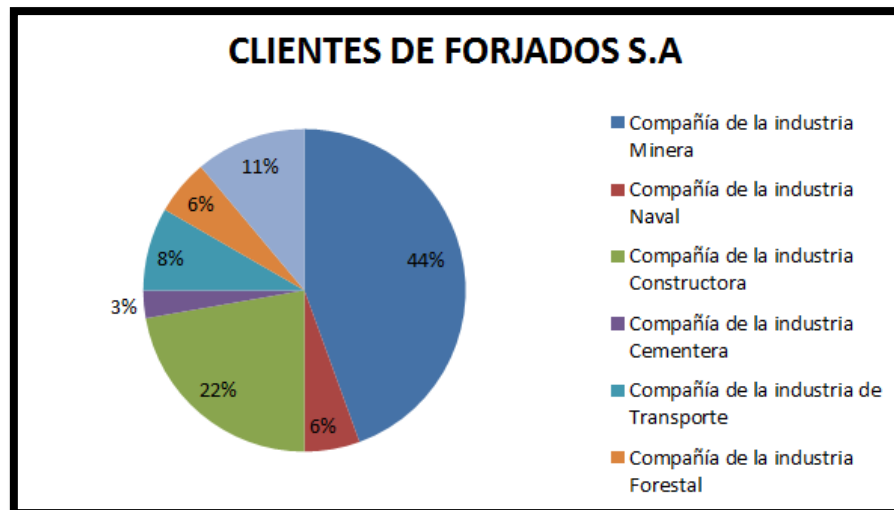


Gráfico 2: Clientes de Forjados S.A
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 2, se puede observar que los mayores clientes que tiene la empresa, son de la compañía de la industria minera con un 44% del total. Además los clientes de la compañía de la industria constructora presentan un 22% del total y finalmente con un 3% pertenece a la industria cementera.

3.1.4.2 Características de los Requerimientos de los Clientes

De acuerdo al levantamiento de información que se realizó en el área de reparaciones y considerando el análisis de la trazabilidad de los componentes, se detectaron los siguientes requerimientos de los clientes:

- Cumplimiento en los plazos del contrato en la reparación.
- Confiabilidad.
- Calidad en la reparación de componentes.
- Precios acorde con los del mercado.
- Garantía del servicio.
- Rapidez en el servicio entregado.

3.1.5 Identificación de los Proveedores Internos

Los proveedores internos de la empresa apoyan y abastecen al área de reparaciones, con el objetivo de que puedan llevar a cabo sus trabajos.



Figura 10: Proveedores Internos del Área de Reparaciones
Fuente: Elaboración Propia

3.1.5.1 Departamento de Abastecimiento

Su objetivo es abastecer oportunamente los bienes, insumos y servicios necesarios para el normal desarrollo de las actividades del proceso de reparaciones. Además este departamento dependerá de la bodega principal y de la bodega de reparaciones.

3.1.5.2 Bodega Principal

En esta bodega, se guardan todos los repuestos que traen los proveedores, donde el encargado de la bodega debe mantener el stock de los productos, también se guardan elementos para la reparación de los componentes.

3.1.5.3 Bodega de Reparaciones

En esta bodega se guardan repuestos y herramientas para el trabajo de la reparación de los componentes.

3.1.5.4 Tratamientos Térmicos

Esta es un área que presta servicios, tales como: temple, revenido, normalizado, alivio de tensiones, temple a la llama, entre otros, los cuales son necesario para llevar acabo la reparación de ciertos componentes.

3.1.5.5 Área de Producción o Fabricación

Esta área tiene como objetivo la fabricación de repuestos, que son necesarios para que los componentes puedan terminar su proceso de reparación, entre los cuales se encuentra: bujes, pasadores, golillas, poleas, entre otros.

3.1.6 Diagrama de SIPOC del proceso

Una de las herramientas útiles para definir el proceso es un diagrama de SIPOC, el cual incluye un mapa del proceso de alto nivel.

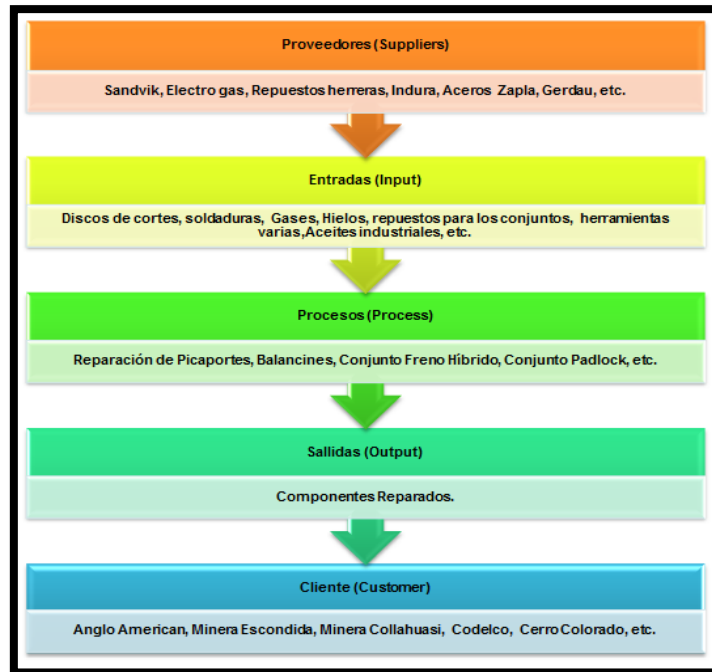


Figura 11: Diagrama de SIPOC del Proceso de Reparación
Fuente: Elaboración Propia

3.1.7 Diagrama de Bloques de la Reparación de un Componente

A continuación, se presentará un diagrama de bloques resumido del proceso de reparación:

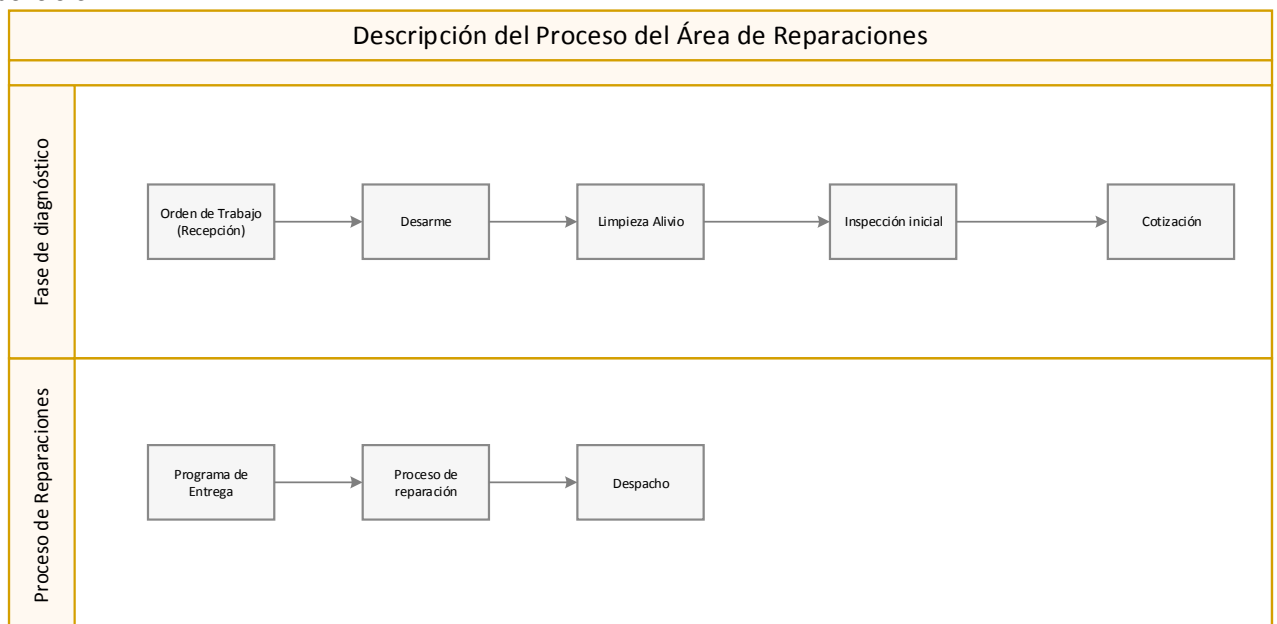
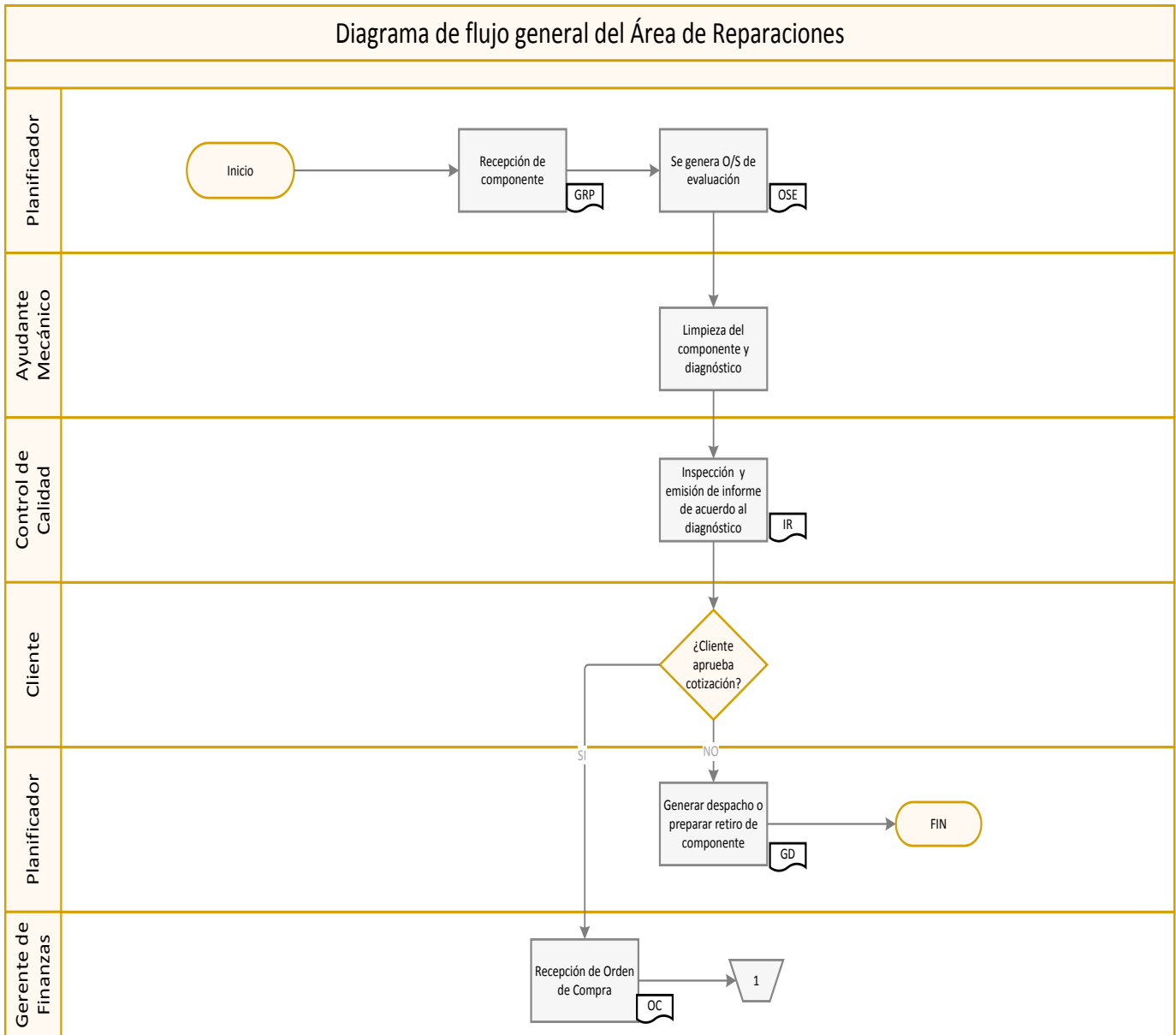


Figura 12: Diagrama de Bloques del Área de Reparaciones
Fuente: Elaboración propia en base al Software Visio

3.1.8 Descripción del Proceso del Área de Reparaciones

A continuación, se describirán las etapas que son parte del proceso general en la reparación de un componente.



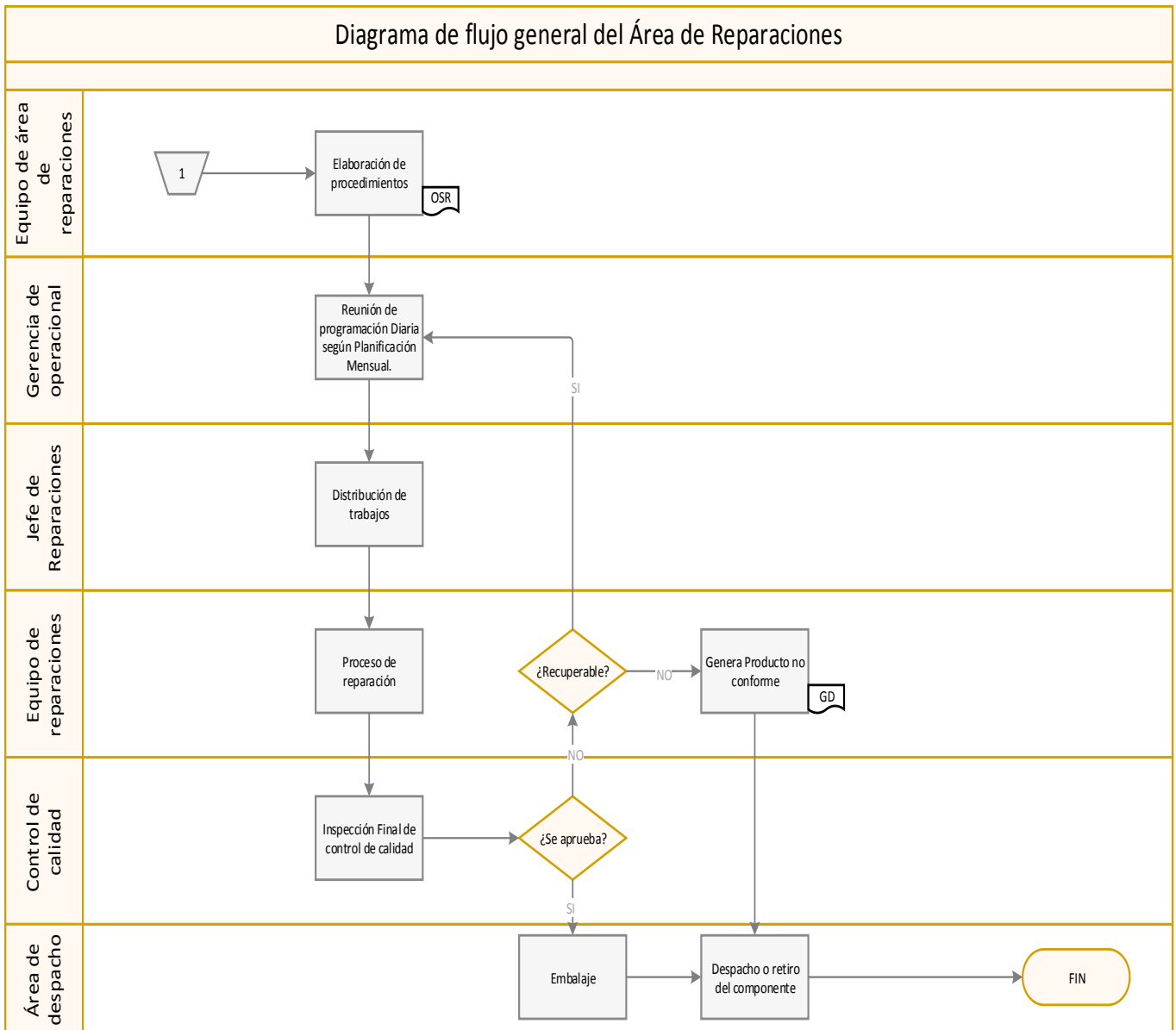


Figura 13: Diagrama de Flujo General del Área de Reparaciones
Fuente: Elaboración Propia en base al Software Visio

El diagrama de flujo presentado en la Figura 13, tiene por objetivo explicar y analizar el funcionamiento de cada una de las etapas del proceso, con el propósito de facilitar el entendimiento de la reparación de un componente.

A continuación se dividirán los procesos en los siguientes puntos:

3.1.8.1 Clientes de Forjados S.A

1.- Recepción de los Componentes al Área de Reparaciones: El proceso de reparación comienza, cuando los camiones de los clientes traen los componentes al taller de reparaciones.

2.- Encargado de Rechazar o Aceptar la Cotización: Una vez realizada la inspección de recepción por control de calidad, se emite un informe con todas las indicaciones del componente, para luego elaborar la cotización y ser enviada al cliente para verificar si acepta o rechaza la cotización.

3.1.8.2 Planificador de Reparaciones:

1.- Recepción del Componente: El planificador, cumple la función de recepcionar la guía de despacho, sacar las fotografías al componente sobre y bajo el camión, confeccionar informe fotográfico de recepción del componente, para luego adjuntarlos en el correo, el cual es enviado a la gerencia comercial, la gerencia de ventas, jefes de reparaciones, dibujante proyectista. Además el planificador debe realizar la GRP en Random.

2.- Generación O/S de Evaluación: El planificador, luego de recepcionar el componente, genera una orden de servicio de evaluación, el cual asigna un número correlativo, según los registros en el plan maestro de Excel.

A la orden de servicio se adjuntan planos del componente, hoja de inspección y dibujo de armado del producto.

3.- Generar Despacho del Componente: En la situación de que el cliente no acepte la cotización, el planificador procederá al despacho del componente, donde realizará un informe y la guía de despacho correspondiente.

4.- Elaboración de la Orden de Servicio Reparación: En la situación de que el cliente acepte la cotización, el planificador procederá a la elaboración de la orden de servicio de reparaciones.

5.- Verificación de Repuestos en la Bodega 20: El planificador procederá a verificar los repuestos que necesita un componente, bajo la situación de que si hay stock en bodega, se va a generar una GDI o Guía de Despacho Interna, en caso contrario se generará una OCI u Orden de Compra Interna, para fabricar los repuestos solicitados.

6.- Generar Despacho del Componente: El planificador, procede a generar el despacho del componente, mediante una guía de despacho.

3.1.8.3 Control de Calidad

1.- Inspección Inicial y Emisión de Informe por Control de Calidad: Control de calidad procede a inspeccionar el estado en que se encuentra un componente, por medio de los siguientes métodos, los cuales son: Inspección visual y dimensional, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, inspección de ultrasonido, control de dureza, entre otros. Además realiza un informe de inspección de recepción del componente de acuerdo a los resultados, en el cual se detallan todas las especificaciones encontradas, tales como: desgaste, grietas, recuperación dimensional, fisuras, entre otros. Este informe es evaluado y enviado a la gerencia comercial para la elaboración de la cotización.

2.- Inspección General del Proceso: Esta es una inspección, donde se verifica a grandes rasgos, como se encuentra el estado de la reparación de un componente.

3.- Inspección final y Emisión de Informe por Control de Calidad: Una vez terminada la reparación del componente, control de calidad verifica el estado de la reparación, donde utiliza los mismos métodos señalados en la inspección inicial. Además es el encargado de liberar los componentes, en caso de que no cumplan las especificaciones de la reparación, ocurriendo un reproceso.

3.1.8.4 Área Comercial

1.- Análisis de Informe de Inspección: La gerencia comercial, cumple la función de analizar el informe de inspección enviado por control de calidad y también realiza la cotización para el cliente.

2.- Elaboración y Envío de Cotización al Cliente: Una vez que es elaborada la cotización por la gerencia comercial, se realizará el envío de la cotización al cliente.

3.- Recepción de Orden de Compra: Una vez que el cliente acepta la cotización, se procede a recepcionar la orden de compra enviada por el cliente.

3.1.10.5 Equipo de Reparaciones

1.- Sub-Gerente de Reparaciones: Cumple la función de establecer las metas y objetivos con respecto a las entregas de los componentes y también cumplir con las metas de facturación del mes. Además coordina las tareas y los trabajos del jefe de reparaciones, supervisor de soldadura y planificador.

2.- Jefe de Reparaciones: Cumple la función de asignar y gestionar los trabajos del equipo mecánico (pulidores, mandrinadores, torneros, fresadores, operadores de puente grúa, operadores de grúa horquilla, operadores de desarme de componentes).

3.- Supervisor de Soldadura: Cumple la función de supervisar al equipo de soldadores en los trabajos de la reparación de componentes.

4.- Equipo de Trabajadores Mecánicos: Cumplen la función de llevar a cabo el proceso de reparación de componentes, dentro de sus funciones se encuentran: operar las máquinas-herramientas, pulir las piezas, desarmar los conjuntos, limpiar los componentes, realizar el marcaje y el embalaje, pintar los componentes, realizar el calaje de bujes, armado de los conjuntos, entre otras.

5.- Equipo de Soldadura: Cumplen la función de llevar a cabo el proceso de reparación de los componentes, dentro de sus funciones se encuentran: torchado de bujes, limpiar zonas a soldar, trazados de los componentes, precalentar la zona de trabajo, realizar los controles de temperaturas entre soldeos, aplicar soldadura a las zonas de desgaste del componente, soldar la unión de bujes, entre otras.

3.1.8.6 Equipo de Despacho

1.- Marcaje del Componente: En esta etapa del proceso, se procede al marcaje con número de golpes, los cuales incluyen S/N, fecha de reparación, Forjados S.A, N° correlativo (Minera escondida)/ SDR (Minera Anglo american).

2.- Pintura del Componente: En esta etapa del proceso se realiza la pintura del componente, en las cuales se presentan tres opciones, tales como: la primera reparación se utiliza color naranja, segunda reparación se utiliza color rojo y tercera reparación se utiliza color verde.

3.- Embalaje del Componente: En esta etapa del proceso se realiza el embalaje del componente, para luego ser enviado al cliente.

En el Anexo 14 se muestran algunas imágenes de las etapas del proceso de reparación.

3.2 Fase de Medición

3.2.1 Diagnóstico del Área de Reparaciones

Para el diagnóstico del área de reparaciones, se procede a realizar el levantamiento de información con respecto a los tiempos involucrados en reparar los componentes, para así contar con información certera, verídica y actualizada de las cantidades de los componentes que son ingresados al proceso.

3.2.2 Levantamiento de Información en Terreno.

El tipo de información que se recolecto para el estudio de esta memoria, es de tipo primaria según “Silvestrini &Vargas, 2008”, el cual define que las fuentes primarias o directas son datos que se obtienen de primera mano por el propio investigador.

La recolección de datos que se llevó a cabo tiene como propósito, saber el desempeño actual del proceso del área de reparaciones y en consecuencia determinar las fuentes de variación.

Para establecer la situación actual se realizará el seguimiento a cinco componentes que tienen mayor demanda según el año 2015, los cuales se medirán los tiempos de cada etapa del proceso de reparación.

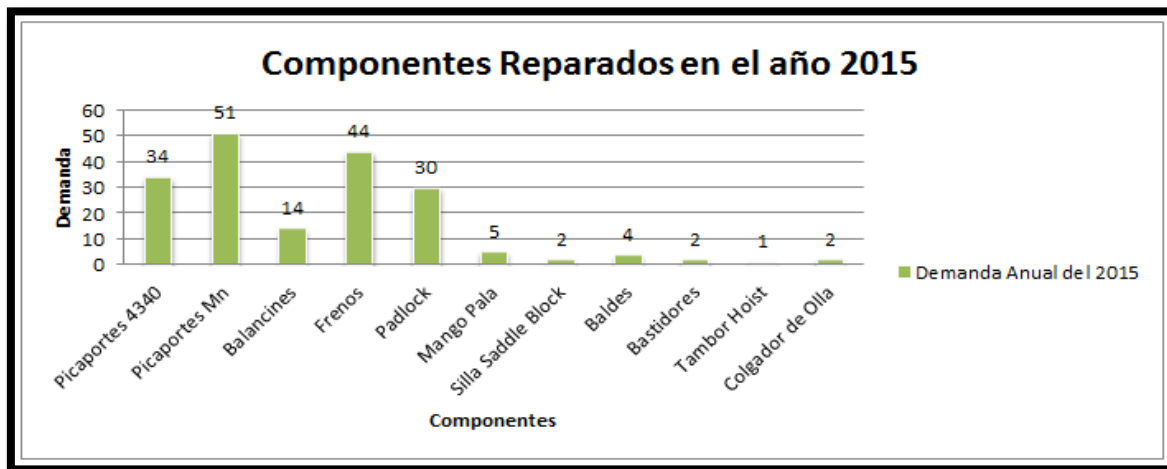


Gráfico 3: Componentes Reparados en el año 2015
Fuente: Elaboración Propia en base a la información de Forjados S.A

Los cinco componentes principales que se evaluarán, son: picaportes 4340, picaportes al manganeso, balancines, conjunto de frenos híbridos, conjunto de padlock. Además la Sub-Gerencia de Planificación y Producción nos solicitó evaluar a ese tipo de componentes. Estos componentes se describen en Anexo 3.

3.2.2.1 Entrevistas

Se realizaron entrevistas estratégicas al área de reparaciones y fabricación, con el objetivo de recopilar información del proceso y validar futuras propuestas de mejoras, entrevistando a los jefes, supervisores y trabajadores de cada área. Además se realizó una inducción de los procesos por los encargados del área.

El levantamiento de información de las entrevistas, tuvo por objetivo involucrarse más en el proceso, como también poder identificar y tener diferentes percepciones de la situación actual de la planta, para después realizar un análisis de las posibles causas que afectan al problema principal. En el Anexo 5 se muestra el formato de las entrevistas.

3.2.2.2 Diseño de Diagramas de Flujos de los Componentes

El procedimiento de la reparación de los componentes, se realizaron en terreno, de acuerdo a la información directa que nos entregaron los jefes y trabajadores del área de reparaciones, luego se diseñaron los diagramas de flujos en el programa Visio.

Es importante mencionar que no existían los procedimientos de la reparación de los componentes, es por esta razón que los diagramas de flujos serán parte del levantamiento de información y se consideraran como propuesta de mejora para la gestión de procesos de la empresa y así estandarizar sus procedimientos en relación a los componentes analizados. Estos flujogramas se detallan en el Anexo 6.

3.2.2.3 Medición de los tiempos

La medición de los tiempos consistió en realizar el seguimiento a cinco componentes, los cuales son: los picaportes 4340, picaportes al manganeso, balancines, conjunto frenos híbridos, conjunto padlock. Para estos componentes se midió el tiempo en cada etapa del proceso que está directamente involucrado con la reparación, para luego calcular un tiempo promedio, el cual lo utilizaremos como referencia para esta memoria.

Para la medición de los tiempos se tomó una cantidad determinada de componentes, comprendidos entre Diciembre del 2015 a Abril del 2016. Esta cantidad de componentes medidos fueron evaluados estadísticamente para así validar la muestra de este estudio. La validación de la muestra de los componentes medidos se detalla en Anexo 7.

Los resultados de la medición de los tiempos promedios de los componentes, sirvieron como referencia para que los jefes del área, tengan una noción de cuanto se están demorando en reparar un componente, ya que la empresa no había hecho antes un estudio de los tiempos y solo se basaba en estimaciones.

Para la simulación del estado actual de la planta, va hacer primordial contar con información de los tiempos de cada una de las etapas del proceso de reparación de los componentes.

3.2.3 Toma de Muestras

3.2.4 Desarrollo del Plan de Muestreo

Para la medición de los tiempos se elaboraron formularios, en los cuales se detalla los tiempos que están directamente involucrados en la reparación de un componente y también los tiempos que están indirectamente involucrados. El formato de estos formularios se muestra en Anexo 8.

3.2.5 Descripción de los Formularios para el Diagnóstico de la Empresa.

El objetivo de estos formularios, servirá para realizar la trazabilidad de los componentes con respecto a sus tiempos de reparación, los cuales están diseñados de acuerdo al diagrama de flujo de cada componente. Además se consideran los siguientes puntos: orden de servicio, hora de inicio (Donde se divide en un tiempo directamente involucrado en el proceso y otro tiempo que está indirectamente involucrado en el proceso), hora de término (Donde se divide en un tiempo directamente involucrado en el proceso y otro tiempo que está indirectamente involucrado en el proceso), también se describe el resultado de las horas destinadas en cada etapa de un componente en reparación.

Por otro lado es importante destacar, que según la información de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción, se realizará el diagnóstico actual de la planta y también la simulación del proceso, considerando días laborales de lunes a viernes en un horario de trabajo de las 8:00 Hrs hasta 18:00 Hrs, descontando una hora de colación, es decir, se tomará en consideración 9 horas destinadas diariamente en la reparación de un componente. Con lo anterior se concluye que 1 día laboral equivale a 9 horas.

De acuerdo a los resultados de la medición, se consideraron todas las horas medidas en cada etapa del proceso, para luego sumarlas y dividir las por 9 horas, en consecuencia se obtuvieron los días que se demoran en reparar un componente. Los resultados de la medición de los tiempos y el tipo de distribución utilizado en la simulación se muestran en Anexo 9.

A continuación se detallarán los procesos que serán medidos:

3.2.5.1 Recepción de Componentes y Generación de la Orden de Servicio

El tiempo medido será, el que transcurre de la recepción del componente hasta que se traslada el componente para la etapa de limpieza. Dentro de este proceso también se considera el tiempo de la generación de Orden de Servicio.

3.2.5.2 Instrucciones de Desarme y Limpieza del Componente

El tiempo medido será, el que transcurre desde que el jefe de reparaciones, da las instrucciones del desarme del componente hasta que termina la etapa de limpieza.

3.2.5.3 Inspección Inicial y Emisión de Informe

El tiempo medido será, el que transcurre desde la realización de la inspección inicial por control de calidad, hasta que termina la elaboración del informe de inspección del componente.

3.2.5.4 Proceso de Soldadura

Este tiempo medido será, el que transcurre desde el proceso de soldadura hasta que el componente está listo para la etapa de mecanizado, dentro de este proceso se consideran: tiempo de soldeo, tiempo de limpieza, tiempo de trazado, tiempo de precalentamiento y por último el tiempo de recuperación por soldadura.

3.2.5.5 Proceso de Mecanizado

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que entra el componente a la Mandrinadora o etapa de mecanizado, hasta que el componente está listo para entrar a la etapa de pulido.

3.2.5.6 Proceso de Pulido

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que el componente entra a la etapa de pulido, hasta que el componente está listo para iniciar la inspección final de control de calidad.

3.2.5.7 Inspección Final y Emisión de Informe:

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que el componente entra a la etapa de inspección final, hasta que está listo para entrar a la etapa de marcaje

3.2.5.8 Reprocesos por no Cumplir las Especificaciones:

Este tiempo medido será considerado, si es que hay reproceso según la decisión de la inspección final.

3.2.5.9 Marcaje del Componente

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que el componente entra a la etapa de marcaje, hasta que está listo para entrar a la etapa de pintura.

3.2.5.10 Pintura del Componente

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que el componente entra a la etapa de pintura, hasta que está listo para entrar a la etapa de embalaje.

3.2.5.11 Embalaje del Componente

Este tiempo medido será, el que transcurre desde que el componente entra a la etapa de embalaje, hasta que está listo para entrar a la etapa de despacho.

3.2.5.12 Despacho del Componente

Este tiempo medido será, el que se demora en realizar el despacho del componente.

3.2.6 Período de Recolección de la Información

El período considerado para realizar la trazabilidad y la medición de los tiempos de la reparación de componentes, se realizó entre Diciembre del 2015 y Abril del 2016.

COMPONENTES	DIC del 2015	ENE del 2016	FEB del 2016	MAR del 2016	ABR del 2016	Total Componentes
Picaportes 4340	1	0	0	3	0	4
Picaportes Mn	1	2	0	3	0	6
Balancines	0	2	0	3	0	5
Frenos Híbridos	6	2	2	2	0	12
Padlock	4	3	3	0	0	10
TOTAL	12	9	5	11	0	37

Tabla 4: Muestra de Componentes Analizados
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4, se puede observar que la cantidad total de componentes que se midieron fueron de 37, los cuales se dividen en 4 picaportes 4340, 6 picaportes al manganeso, 5 balancines, 12 conjuntos de frenos híbridos y 10 conjuntos padlock. Además se puede deducir que los meses con mayor demanda se detectaron en Diciembre del 2015 con 12 componentes, Marzo con 11 componentes y los meses con menor demanda fueron de 5 componentes en Febrero y 0 componentes para Abril.

3.2.6.1 Análisis de Picaportes 4340

Número de Orden de Servicio	Fecha de Ingreso de Picaporte 4340	Tiempo de Reparación (días)
20277	29-03-2016	3
20211	30-12-2015	5
20260	01-03-2016	6
20261	01-03-2016	9

Tabla 5: Resultados de Medición de los Picaportes 4340
Fuente: Elaboración Propia

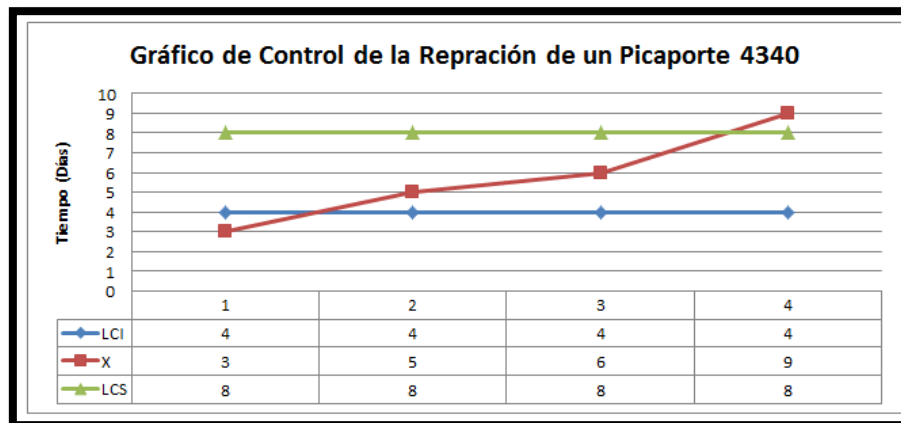


Gráfico 4: Gráfico de Control de Análisis de los Picaportes 4340
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 4, se puede observar la variabilidad del proceso de picaportes 4340, el cual determina que el proceso está fuera de control estadístico, debido a que el picaporte 4 se encuentra sobre el límite de control superior y el picaporte 1, se encuentra fuera del límite de control inferior. Además el picaporte 2 está cerca del límite inferior, lo que indica que hay que controlar estos síntomas para evitar que se presenten futuras causas especiales o asignables.

3.2.6.2 Análisis de los Picaportes al Manganeso:

Número de Orden de Servicio	Fecha de Ingreso de Picaporte Mn	Tiempo de Reparación (días)
20216	30-12-2015	4
20223	04-01-2016	3
20262	01-03-2016	2
20279	30-03-2016	2
20276	31-03-2016	5
20246	15-01-2016	4

Tabla 6: Resultados de Medición de los Picaportes al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia

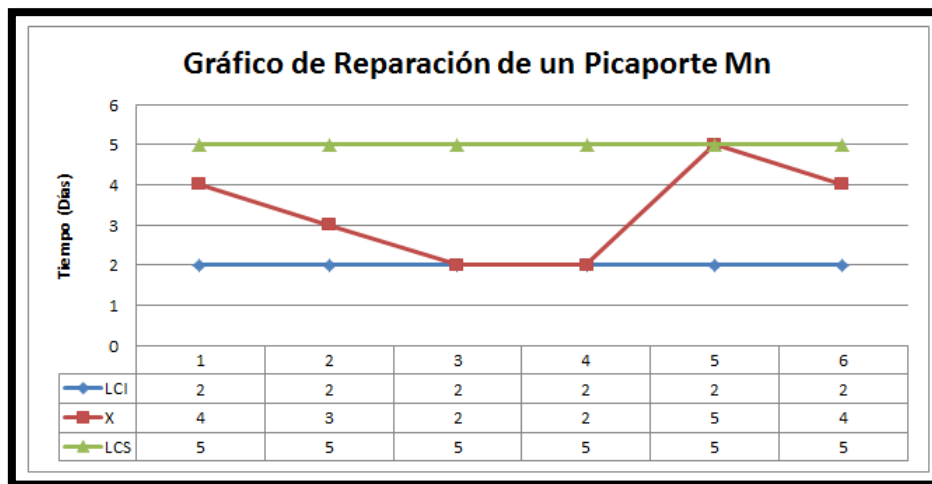


Gráfico 5: Gráfico de Control de Análisis de los Picaportes al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 5, se puede observar la variabilidad del proceso de reparación de los picaportes al manganeso, la diferencia que existe con los picaportes 4340, es que estos últimos pasan por un proceso de alivio de tensiones, después de pasar por inspección inicial, en consecuencia se tiene que la mayoría de la veces los picaportes al manganeso, se demoran menos en reparar que los picaportes 4340.

Con respecto al Gráfico 5, se puede deducir que el proceso está al límite de que este fuera de control, ya que los picaportes 3 y 4 están sobre la línea de límite de control inferior y el picaporte 5 está sobre la línea del límite de control superior, es decir, posiblemente se presenten causas especiales o asignables que provoquen que en un corto plazo el proceso de reparación de un picaporte al manganeso esté fuera de control, es por esta razón que se deben tomar acciones preventivas, para evitar futuros inconvenientes en el proceso.

3.2.6.3 Análisis de los Balancines

Número de Orden de Servicio	Fecha de Ingreso de Balancines	Tiempo de Reparación (días)
20097	31-03-2016	3
20166	15-03-2016	2
20224	04-01-2016	2
20227	04-01-2016	5
20231	28-03-2016	4

Tabla 7: Resultados de la Medición de los Balancines
Fuente: Elaboración Propia

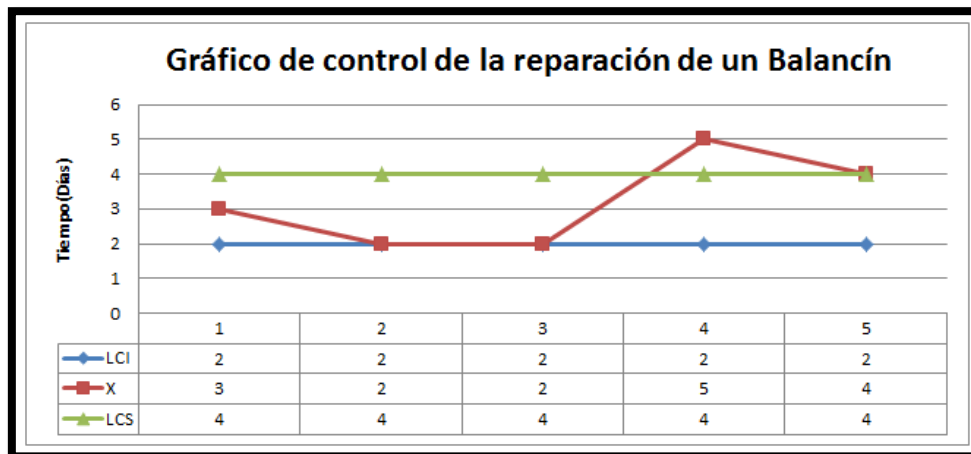


Gráfico 6: Gráfico de control del Análisis de los Balancines
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 6, se observa la variabilidad del proceso de reparación de los balancines, el cual se puede deducir que el proceso se encuentra fuera de control, debido a que presenta causas especiales o asignables, que provocan que el balancín 4 este fuera de los límites superiores, debido a que presentó un efecto preponderante.

Por otro lado los Balancines 2, 3 y 5 se encuentran muy cerca de los límites respectivos, debido a esto es importante verificar que es lo que está pasando, para así evitar cualquier inconveniente futuro en el proceso.

3.2.6.4 Análisis de los Conjuntos de Frenos Híbridos

Número de Orden de Servicio	Fecha de Ingreso de Frenos Híbridos	Tiempo de Reparación (días)
20201	17-12-2015	9
20202	17-12-2015	7
20203	21-12-2015	6
20204	21-12-2015	8
20205	23-12-2015	11
20206	23-12-2015	7
20270	05-01-2016	5
20271	05-01-2016	7
20272	24-02-2016	5
20273	24-02-2016	10
20274	07-03-2016	6
20275	07-03-2016	7

Tabla 8: Resultados de Medición de los Conjuntos de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia

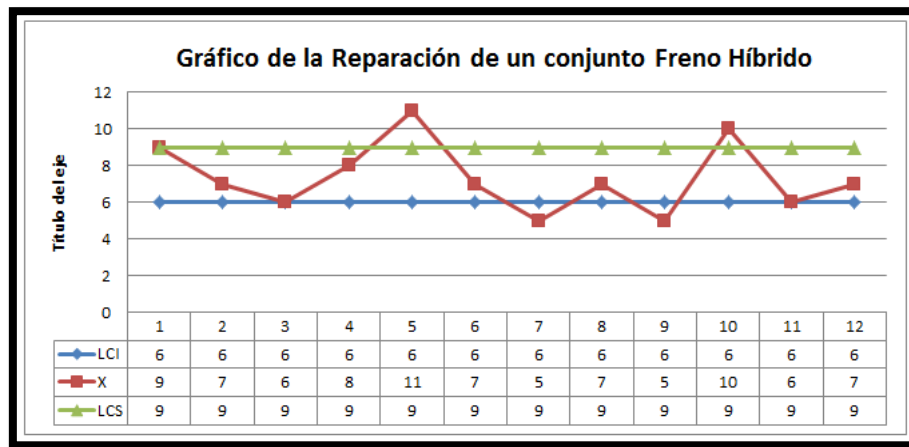


Gráfico 7: Gráfico de Control del Análisis de los Conjuntos de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 7, se observa la variabilidad del proceso de los conjuntos de frenos híbridos, el cual se puede deducir que el proceso se encuentra fuera de control, debido a que presenta causas especiales o asignables, lo que provoca que los conjuntos de frenos híbridos 5, 7, 9, 10 se encuentren fuera de los límites superiores e inferiores, ya que se establece un efecto preponderante que afecta al proceso. Además los conjuntos de frenos híbridos 1, 3, 11 están cerca de los límites de control.

Como recomendación se debe verificar las causas que provocan esta variabilidad, para así tener un proceso más estable en el tiempo.

3.2.6.5 Análisis de los Conjuntos Padlock

Número de Orden de Servicio	Fecha de Ingreso del conjunto Padlock	Tiempo de Reparación (días)
20217	18-12-2015	7
20218	18-12-2015	12
20219	30-12-2016	11
20220	30-12-2016	12
20221	04-01-2016	11
20222	04-01-2016	10
20225	19-01-2016	10
20228	09-02-2016	9
20229	09-02-2016	13
20258	16-02-2016	14

Tabla 9: Resultados de Medición de los Conjuntos Padlock
Fuente: Elaboración Propia

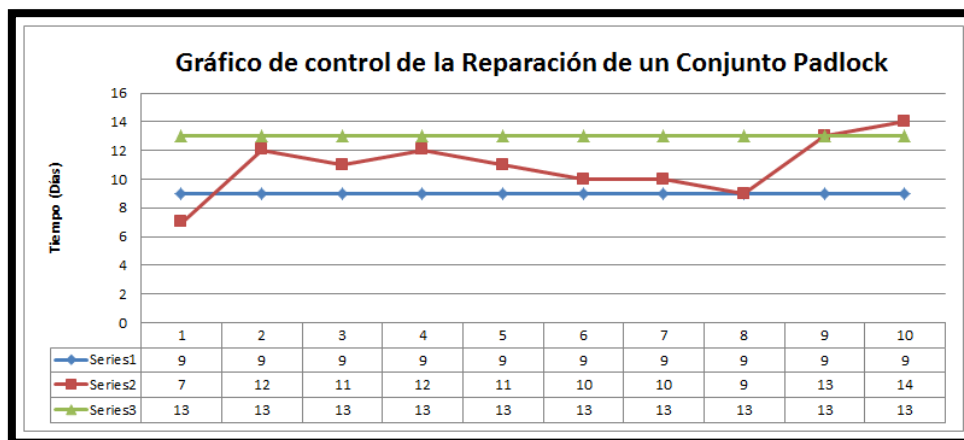


Gráfico 8: Gráfico de Control del Análisis de los Conjuntos Padlock
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 8, se observa la variabilidad del proceso de los conjuntos padlock, se deduce que el proceso está fuera de control estadístico, debido a que presentan causas especiales o asignables, lo que provoca que los conjuntos Padlock 1 y 10, se encuentren fuera de los límites inferiores y superiores. Es importante verificar lo que está pasando con el proceso, ya que los conjuntos de Padlock 2, 4, 6, 7, 8,9 se encuentran muy cerca de los límites de control, ya que si no se revisa lo que está ocurriendo habrá más componentes que salgan de los límites especificados.

Como conclusión, es importante destacar que los gráficos de control de los componentes evaluados, se encuentran todos los procesos fuera de control estadístico, esto posiblemente se deba a que principalmente no se establece un control de los tiempos del proceso y va hacer primordial localizar las causas que están provocando este efecto, para así aplicar las medidas correctoras y oportunas que ayuden a mejorar la gestión de procesos en el área de reparaciones.

Los Gráficos de control presentados anteriormente, sirvieron para saber la situación actual de la reparación de los componentes: picaportes 4340, picaportes al manganeso, balancines, conjunto de frenos híbridos, conjunto padlock. Además se puede observar que hay efectos preponderantes que provocan que la reparación de componentes, no cumpla con los tiempos pactados con los clientes, debido a que no se lleva un control previo de estos.

Las variaciones de tiempos que se presentan, se pueden producir por un gran número de factores sometidos a una variabilidad, ya sea por oscilaciones de las características de las herramientas utilizadas, variaciones de temperaturas, variabilidad introducida por el operario, máquina utilizada sea muy antigua, no se sigan los procedimientos estándar del proceso, falta de capacitación de algunos trabajadores, entre otras.

3.2.7 Determinación del Sigma de la Situación Actual del Proceso

El sigma, servirá para hacer la comparación entre la situación actual del proceso con la situación con propuestas de mejoras, y así saber la variabilidad del proceso que presenta en las dos situaciones.

Los beneficios de calcular los valores sigmas del proceso, es que sigma se relaciona con todos los otros medibles y se puede calcular para los datos de atributos y para los datos por variables. Al utilizar sigma como un medible se puede verificar el desempeño de cualquier proceso, y así comparar sin importar el tipo de información de atributos o variables.

El cálculo del valor sigma de la situación actual se realizó en base a los tiempos de esperas de cada etapa del proceso que arrojó la simulación en arena. Estos tiempos de espera se ingresaron al software estadístico Minitab 17, para calcular el sigma del proceso.

A continuación se detallan algunas variables utilizadas en Minitab 17:

- **LEI:** Límite de especificación Inferior
- **LES:** Límite de especificación Superior
- **Objetivo:** Es el límite donde debe encontrarse la media del Proceso
- **Curva de Color rojo:** Representa una predicción de la capacidad a corto plazo
- **Curva segmentada:** Representa una predicción de la capacidad del proceso a largo plazo.
- **Cp:** Capacidad del proceso
- **Cpm:** Capacidad del proceso con respecto al objetivo "T"
- **Nivel Z o Sigma:** Es un objetivo de solo 3, 4 defectos por millón de oportunidades
- **Cpk:** Se puede evaluar no solo si la capacidad es acorde con las tolerancias, sino si la media "natural" del proceso se encuentra o no centrada

De acuerdo a los tiempos de espera de cada etapa del proceso, se evaluaron los promedios con el Sub-Gerente de Planificación y Producción, el cual se llegó a la conclusión de que los límites de especificación inferior son de 0 días de esperas y límites de especificación superior son de 2 días de espera, según las exigencias del cliente.

SITUACION ACTUAL	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DIAS)
DESARME DE CONJUNTO	2,4750
LIMPIEZA DE COMPONENTE	2,0676
INSPECCIÓN INICIAL	2,044
ALIVIO DE TENSION	0,0000
TORCHADO DE BUJES	0,2472
PROCESO DE SOLDADURA	0,3717
MECANIZADO	2,5833
PULIDO INTERMEDIO	0,1608
INSPECCIÓN GENERAL	1,6218
CALAJE DE BUJES	0,3706
SOLDADURA DE UNION DE BUJE	0,4555
PULIDO FINAL	0,0771
INSPECCIÓN FINAL	1,2829
ARMADO DE CONJUNTO	0,3172
MARCAJE	0,4328
PINTURA	0,3666
EMBALAJE	0,3699
PROMEDIO	0,8967
LIMITE DE ESPECIFICACION INFERIOR	0
LIMITE DE ESPECIFICACION SUPERIOR	2

Tabla 10: Tiempos de Espera del Proceso de la Situación Actual
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10, se muestra los tiempos de espera del proceso de reparaciones de la situación actual, se puede observar un promedio de 0,8967 días

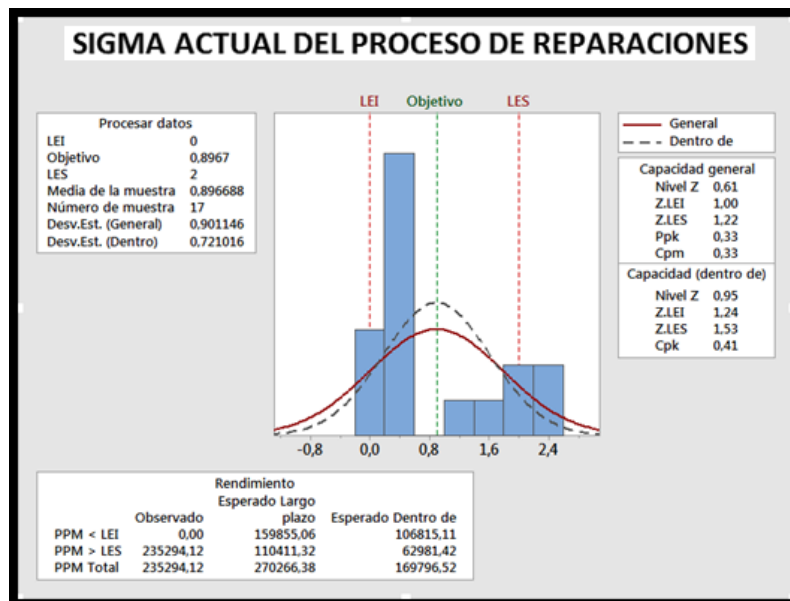


Ilustración 13: Sigma del Proceso Actual de Reparaciones
Fuente: Elaboración propia con Minitab 17

Según el informe que arroja el programa Minitab 17, el sigma del proceso de reparaciones de la situación actual es de 0,61, esto implica que van a existir 270.266,38 defectos por millón de oportunidades totales, el cual establece que a largo plazo por cada millón de tiempos de esperas medidos en la simulación del proceso, se van a tener 270.266,38 defectos que van a quedar fuera de los límites de especificación. Esto es una manera de pronosticar el comportamiento del proceso en base a la media y la desviación estándar frente a los límites de especificación.

Por otro lado con el sigma obtenido del Minitab 17, se calculó el rendimiento del proceso, para ello se interpola según el sigma obtenido y se verificó el rendimiento en la tabla que se muestran en el Anexo 13, en consecuencia con un sigma de 0,61 se obtuvo un rendimiento del proceso actual de reparaciones de 18,68%.

3.3 Fase de Análisis

A continuación se realizará el análisis de los datos obtenidos en el levantamiento de información.

3.3.1 Diagrama de Afinidad

Teniendo recopilada la información de las entrevistas y las mediciones de los tiempos de reparación de los componentes, se procede a sintetizar las causas principales sobre problema del “Retraso en los tiempos pactados con los clientes”.

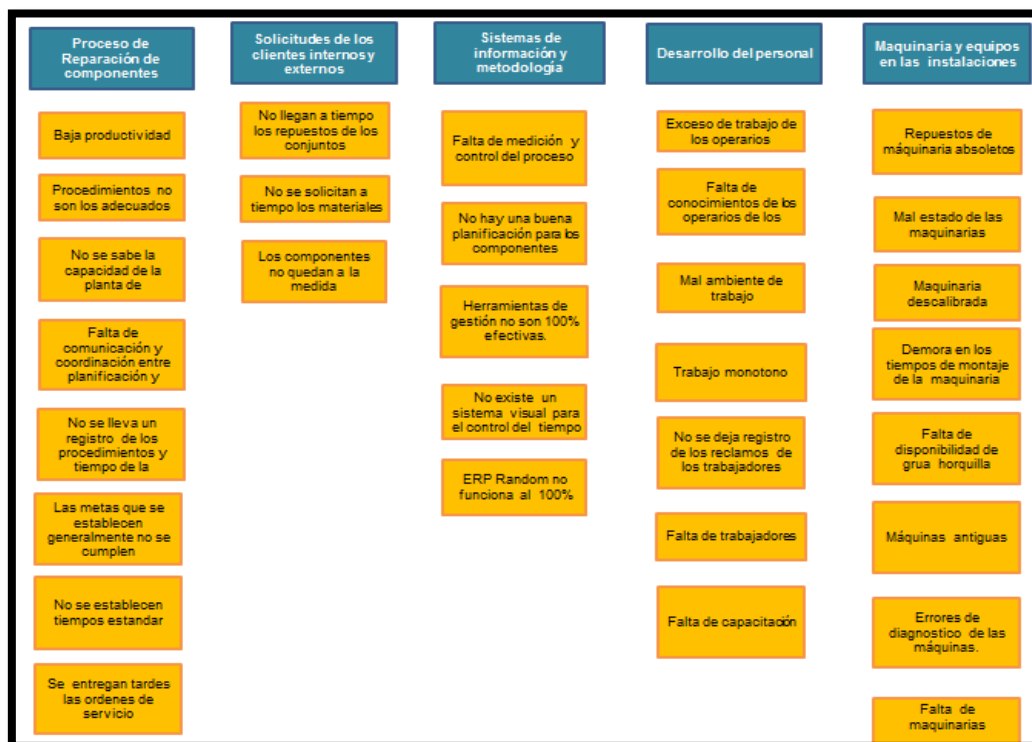


Figura 14: Diagrama de Afinidad
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Diagrama de Causa-Efecto

Esta herramienta nos ayudó a ordenar e identificar las causas raíces que presenta el área de reparaciones y así detectar oportunidades de mejora, que puedan ayudar a un mejor control en la gestión de procesos.

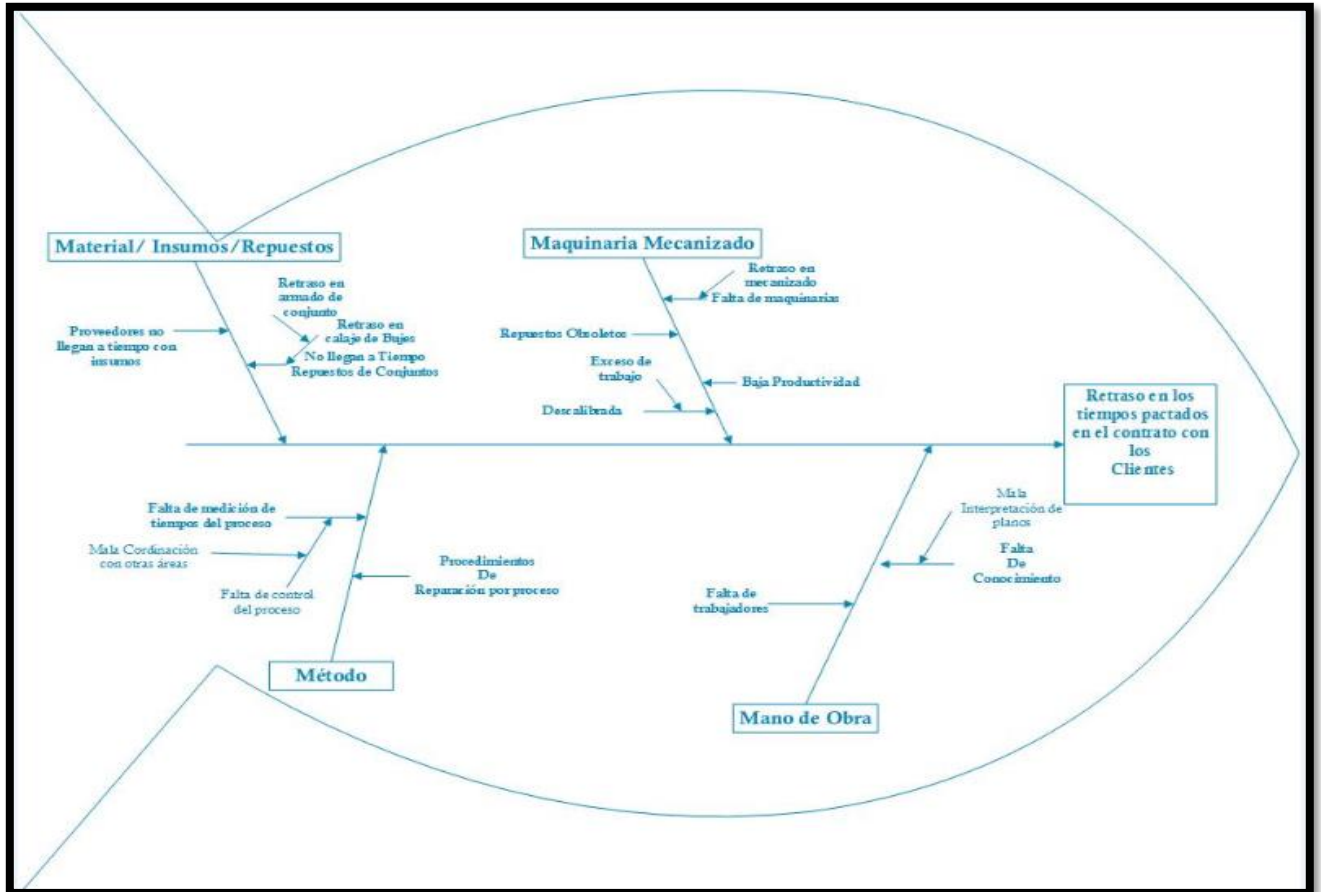


Figura 15: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Figura 15, se identifican las distintas variables involucradas en el problema de la empresa, donde se puede observar que las mayores causas se centran, en el método, material / insumo/ repuestos y maquinaria de mecanizado. Esto ayudará a poder enfocarse en estos puntos y tener una mejor orientación para proponer mejoras.

3.3.3 Histogramas

A continuación se procederá a la interpretación de los datos, de acuerdo a los tiempos obtenidos en la fase de medición.

3.3.3.1 Picaportes 4340

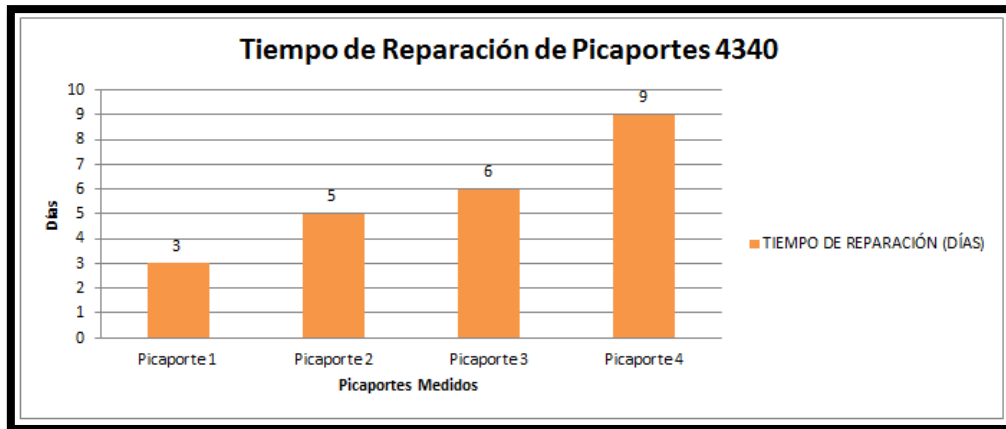


Gráfico 9: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Picaportes 4340

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 9, se puede observar los distintos tiempos que se demoran en reparar cuatro picaportes 4340. Estos picaportes, son pestillos que ayudan a cerrar la tapa del balde de una pala de carguío minero, los cuales presentan mayores zonas de desgaste, debido a la utilización y esfuerzo que tengan en su trabajo.

Con respecto al análisis de los tiempos en el Gráfico 9, el picaporte 4 fue el que tuvo mayor tiempo de reparación con 9 días, comparándolo con el picaporte 1 que solo tuvo 3 días de reparación, esta diferencia se debe a distintos factores, uno de ellos es el estado de reparación o desgastes que presenta un componente al llegar al taller de reparaciones, los cuales presentan distintos tiempos. Esta situación se refleja en que el picaporte 4 presenta más desgastes y grietas que el picaporte 1, que hicieron que el proceso de reparación sea más lento, en cambio para el picaporte 1 presenta menos desgastes y grietas que el picaporte 4, que hicieron que el proceso de reparación sea más rápido. Además se establece un promedio de 6 días, para los cuatro picaportes 4340 medidos.

3.3.3.2 Picaportes al Manganeso

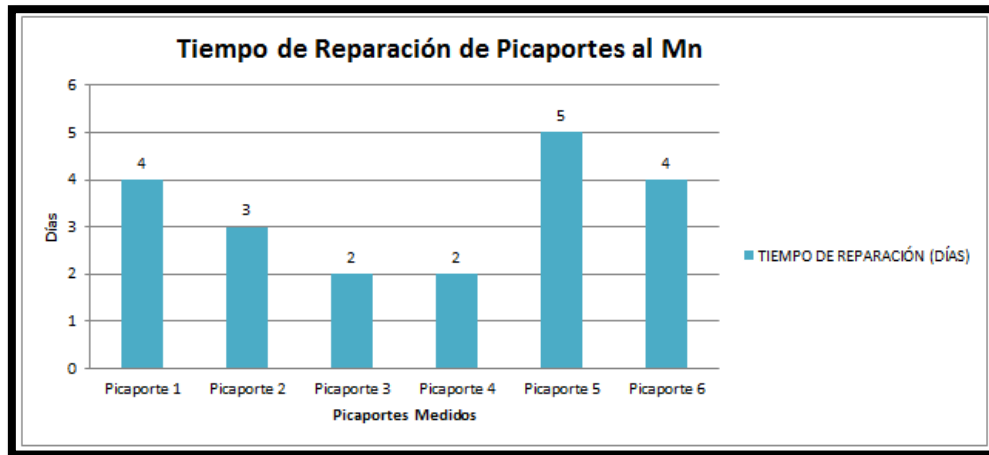


Gráfico 10: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Picaportes al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 10, se puede observar los distintos tiempos que se demoran en reparar 6 picaportes al manganeso. Para estos tipos de picaportes al manganeso casi siempre la recuperación por soldadura es menor en tiempo que los picaportes 4340, ya que la temperatura de precalentamiento es menor.

Para el picaporte 5 fue el que tuvo mayor tiempo de reparación con 5 días, comparándolo con el picaporte 3 y picaporte 4, que solo obtuvieron 2 días de reparación. Esta diferencia se debe a varios factores, debido a que los componentes llegan en distintos estados de deterioro, es decir, que para el picaporte 5 se presentan más desgaste y grietas que para los picaporte 3 y 4, el cual provocan que el proceso de reparación sea más lento, en cambio el picaporte 3 y 4 presentan menos desgastes que el picaporte 5, lo que provoca que el proceso de reparación sea más rápido.

Dentro de los factores que perturban los tiempos de reparación se encuentran: falta de experiencia de los trabajadores nuevos, reprocesos, desperdicio de tiempos, entre otras

El promedio de los 6 picaportes al manganeso medidos es de 3 días.

3.3.3.3 Balancines

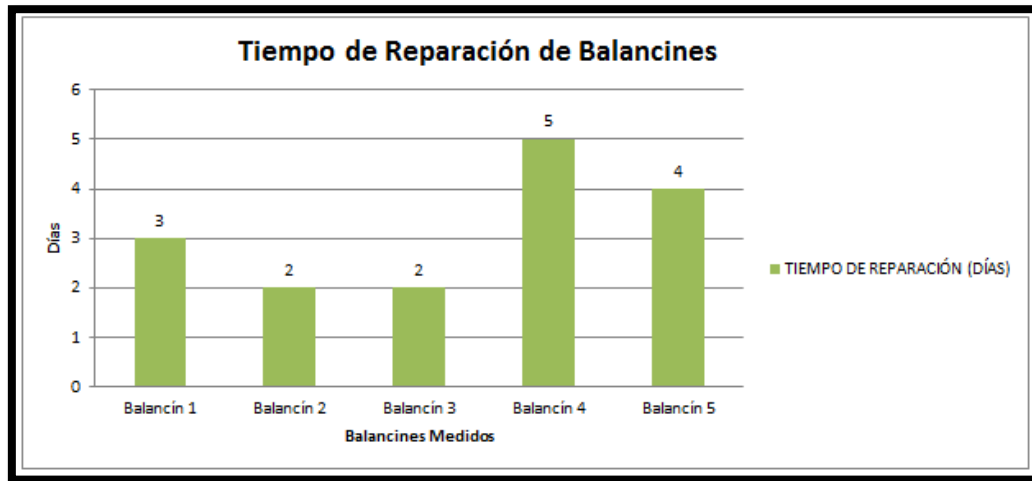


Gráfico 11: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Balancines
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 11, se puede observar los distintos tiempos que se demoran en reparar 5 Balancines. Los Balancines son componentes, cuya función principal es ser una pieza que ayuda o empujar al picaporte 4340 o picaporte al manganoso y así este pueda salir del Kiperlach (caja donde se conecta el pestillo para que no salga) y pueda abrir la tapa del balde y en consecuencia descargar el mineral que trae la pala al camión minero.

Este tipo de componente tiene una demanda parecida a los picaportes, siendo los balancines los que generalmente sufren menores desgastes que los picaportes. Además para los balancines casi siempre se repara la parte del lomo o cuerpo y la zona de alojamiento del buje.

De acuerdo al Gráfico 11, el balancín 4 fue el que tuvo mayor tiempo de reparación con 5 días, comparándolo con el balancín 2 y el balancín 3 que solo tuvieron 2 días de reparación. Esta diferencia de tiempos se debe a varios factores, debido a que los componentes llegan en diferentes estados de deterioro, es decir, el balancín 4 presentó más desgastes y grietas que los balancines 2 y 3, el cual provocaron que el proceso de reparación sea más lento, en cambio para los balancines 2 y 3, presentaron menores desgastes y grietas que el balancín 4, el cual provocaron que el proceso de reparación sea más rápido. El promedio de los 5 Balancines medidos es de 3 días.

3.3.3.4 Conjunto de Frenos Híbridos

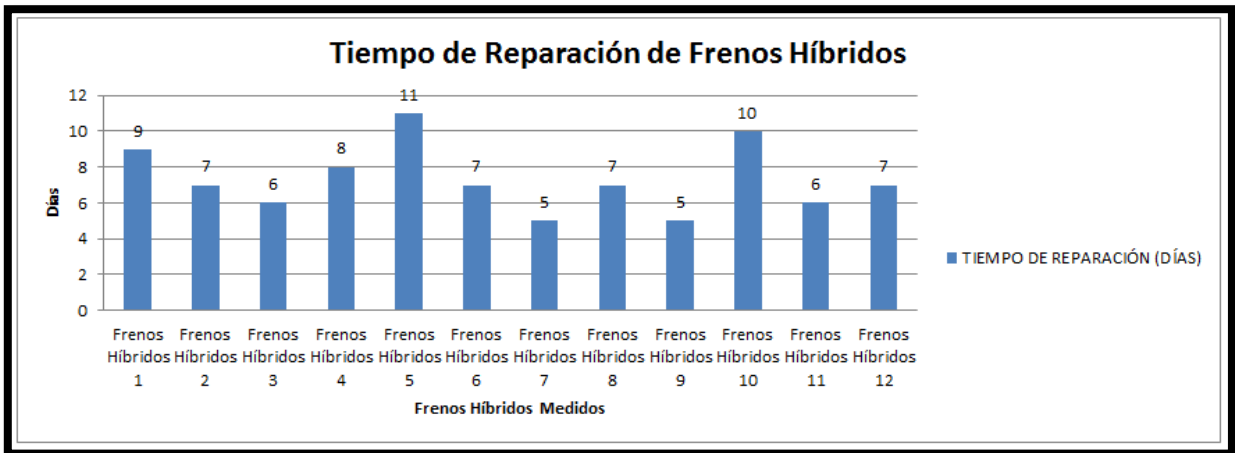


Gráfico 12: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Conjuntos de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Con respecto al Gráfico 12, se puede observar los diferentes tiempos de reparación para 12 conjuntos de frenos híbridos. Este tipo de componente es de vital importancia para el funcionamiento de la pala de carguío minero, debido a que ayudan a que la tapa balde se pueda cerrar y abrir progresivamente. Además estos componentes están sometidos a grandes esfuerzos y también son conjuntos de piezas, en los cuales presentan repuestos que se reparan, otros que se mandan a fabricar y otros que se comercializan.

Los conjuntos de frenos híbridos 5 y 10, fueron los que presentaron mayor tiempo de reparación con 11 días y 10 días, comparándolos con los conjuntos de frenos híbridos 7 y 9 que solo presentaron 5 días de reparación. Esta diferencia de tiempo se debe a varios factores, uno de ellos es que los componentes llegan en distintos estados de deterioro, es decir, que para el conjunto frenos híbridos 5 y 10 presentaron más desgastes y grietas que los componentes 7 y 9, los que tuvieron un proceso de reparación más extensos en ciertos procesos, en cambio para los conjuntos de frenos híbridos 7 y 9, presentaron menos desgastes y grietas que los componentes 5 y 10, los que presentaron un proceso de reparación en menos tiempo. Además se pueden considerar factores que afectan al tiempo de reparación, como: la falta de experiencia de trabajadores nuevos, reprocesos, desperdicios de tiempos, entre otros. El promedio de los 12 conjuntos de Frenos Híbridos medidos son de 7 días.

3.3.3.5 Conjuntos Padlock

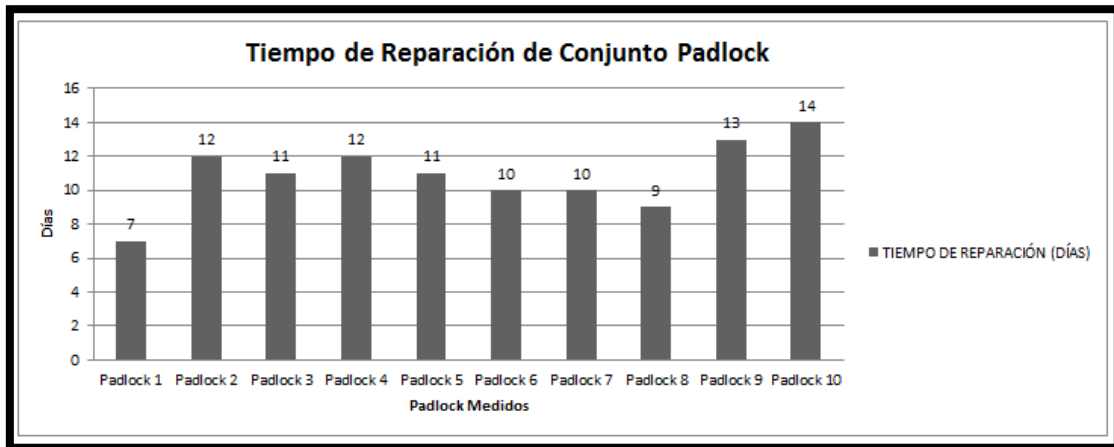


Gráfico 13: Análisis de los Tiempos Obtenidos de los Conjuntos Padlock
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Con respecto al Gráfico 13, se puede observar los distintos tiempos de reparación de 10 conjuntos padlock. Para el caso de este tipo de componente también son de vital importancia para el funcionamiento de la pala de carguío minero y especialmente para el balde que transporta el mineral, debido a que estos conjuntos padlock tienen como propósito funcionar como un candado que se ubica en las orejas del balde, agarrando los cables que llegan a la polea punta pluma, de esta forma se multiplica la fuerza a través de sistemas de poleas para levantar la carga de mineral. Los padlock pertenecen a un conjunto, que tienen repuestos que se compran a proveedores externos, repuestos que se mandan a fabricar al taller de fabricación y repuestos que se reparan en el taller.

Los conjuntos de padlock 9 y 10, fueron los que presentaron mayor tiempo de reparación con 13 y 14 días, comparándolos con los conjuntos de padlock 1 y 8, que solo tuvieron 7 y 9 días de reparación. Esta diferencia de tiempos se debe a varios factores, uno de ellos es que los componentes llegan en distintos estado de deterioro, es decir, que para el conjunto padlock 9 y 10 se presentaron mayores desgastes y grietas, que los conjuntos 1 y 8, lo que provoca que la reparación sea más extensa, en cambio para los componentes 1 y 8 presentan menores desgastes y grietas en sus geometría inicial, que los conjuntos padlock 9 y 10, lo que provoca que la reparación sea en menos tiempo. Además se consideran factores como: la falta de experiencia de los trabajadores nuevos, reprocesos, desperdicios de tiempos, entre otros. El promedio de los 10 conjuntos padlock medidos son de 11 días.

3.3.4 Gráficos de Dispersión

Los gráficos de dispersión que se analizarán, nos indican la relación que existe entre un componente que se demora más en reparar y un componente que se demora menos en la reparar con respecto a cada etapa del proceso, para así analizar las diferencias que existan y las causas principales de su distribución. Este estudio es un análisis estático, debido a que solo se considera el tiempo de cada etapa del proceso de los componentes, no se consideran tiempos de espera o tiempos ociosos, los cuales se analizarán en la simulación del proceso. Para el análisis de los gráficos de dispersión se considera lo siguiente:

- Si el coeficiente de correlación es >0 , existe un relación directa entre estas dos variables.
- Si el coeficiente de correlación es <0 , no existe una relación directa entre estas dos variables.

A continuación se analizarán los distintos componentes estudiados de acuerdo al diagnóstico de los tiempos que se realizó en el área de reparaciones, donde se tomarán los tiempos en minutos de cada etapa del proceso.

3.3.5.1 Picaportes 4340

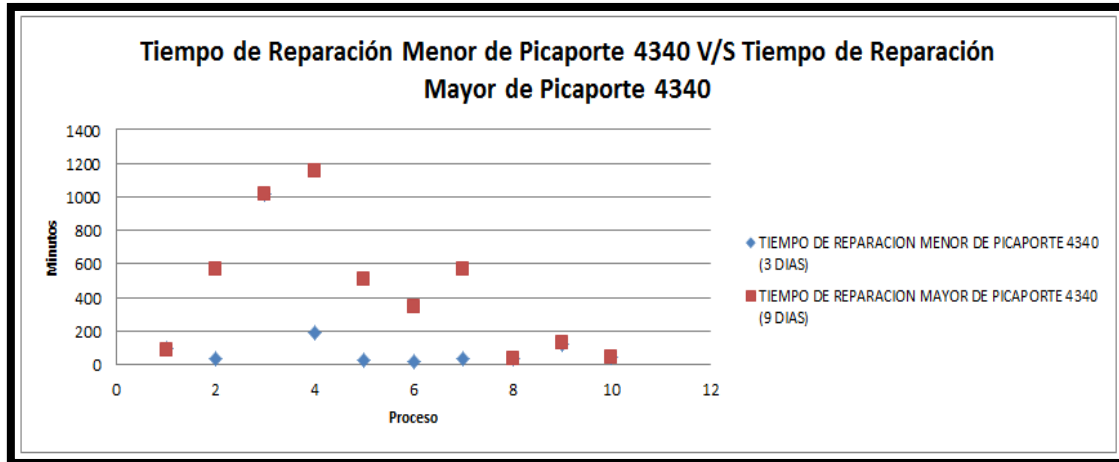


Gráfico 14: Diagrama de Dispersión de Picaportes 4340
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 14, existe un coeficiente de correlación del 57%, esto nos indica que hay una relación directa entre estas dos variables. Además se puede deducir que los tiempos que se muestran en el gráfico se deben a que hay componentes que tienen mucho estado de deterioro, que presentan mayores desgastes y grietas, los cuales requieren de mayor tiempo de reparación. Estos tiempos se ven reflejados en la inspección inicial y final, en el proceso de recuperación por soldadura, en mecanizado y pulido.

Por otro lado se deduce que hay picaportes 4340 que no presentan mayores desgastes, lo cuales requieren menor tiempo de reparación.

3.3.5.2 Picaportes al Manganeso

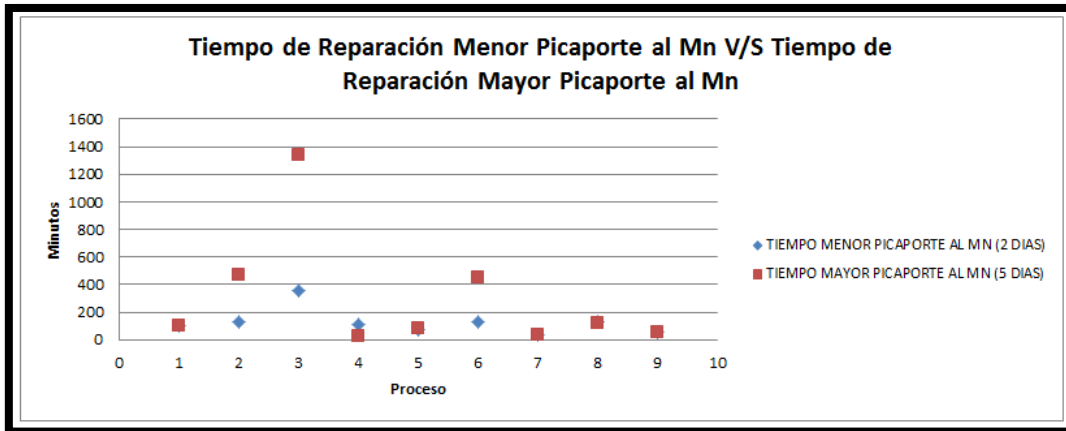


Gráfico 15: Diagrama de Dispersión de Picaportes al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 15, existe un coeficiente de correlación del 93%, esto nos indica que hay una relación directa entre estas dos variables. Además se puede deducir que la diferencia entre estos dos picaportes al manganeso, se debe a que llegan en distinto estado de deterioro, al comparar las etapas del proceso las mayores diferencias que se registraron fueron en las inspecciones iniciales y finales, en el proceso de recuperación por soldadura y en mecanizado.

3.3.5.3 Balancines

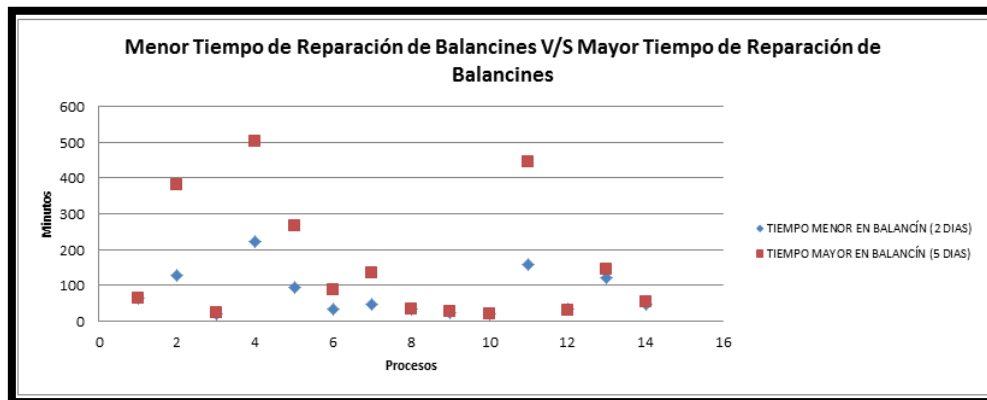


Gráfico 16: Diagrama de Dispersión de Balancines
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 16, existe un coeficiente de correlación del 94%, esto nos indica que hay una relación directa entre estas dos variables. Además se puede concluir que la diferencia de tiempos de reparación de estos dos componentes, se debe a que llegan en distinto estado de deterioro, al comparar los tiempos en la etapa del proceso las mayores diferencias se registraron en la inspección inicial y final, en el proceso por recuperación por soldadura y en mecanizado.

3.3.5.4 Conjunto Padlock

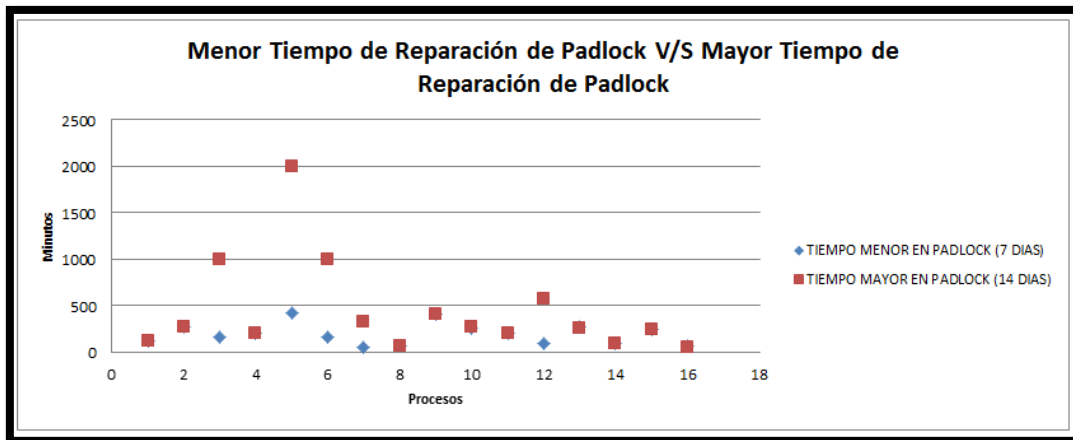


Gráfico 17: Diagrama de Dispersión del Conjunto Padlock
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 17, existe un coeficiente de correlación del 49%, esto nos indica que hay una relación directa entre estas dos variables. Además se puede concluir que la diferencia entre los tiempos de los componentes, se debe a que llegan en distinto estado de deterioro. Además se puede observar que las mayores diferencias de tiempos entre cada etapa del proceso de los componentes se encuentran en inspección inicial y final, proceso de recuperación por soldadura, mecanizado y pulido.

3.3.5.5 Conjunto de Frenos Híbridos

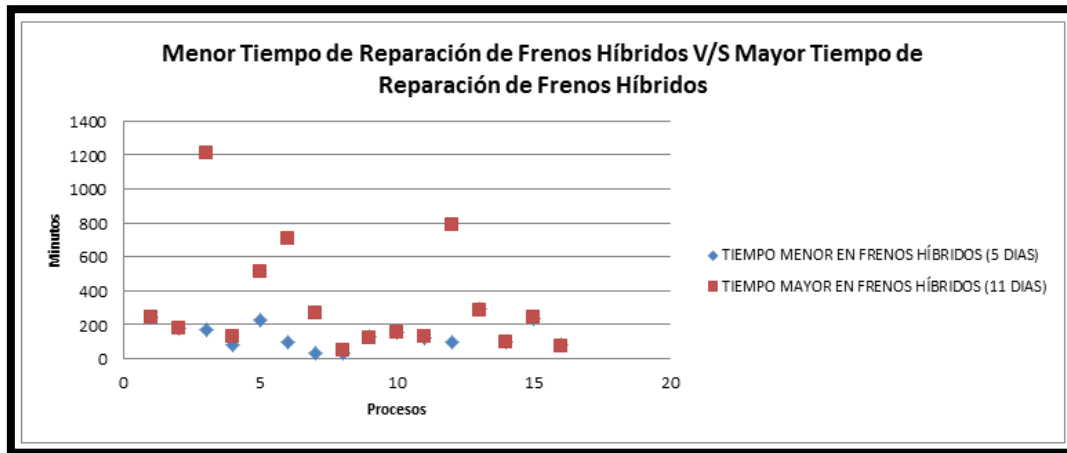


Gráfico 18: Diagrama de Dispersión del Conjunto de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De acuerdo al Gráfico 18, existe un coeficiente de correlación del 16%, esto nos indica que hay una relación directa entre estas dos variables. Además se puede concluir que la diferencia entre los tiempos de estos dos componentes, se debe a que llegan en distinto estado de deterioro.

Por otro lado se deduce que las mayores diferencias de tiempos de cada etapa del proceso se presentan en la inspección inicial y final, en el proceso de recuperación por soldadura, mecanizado y pulido.

3.3 5 Diagrama de Pareto

Con respecto al diagrama de Pareto, se procedió a cuantificar las causas principales mediante una hoja de recogida de datos, el cual indica el número de veces que afecta dicha causa principal al problema del “Retraso en los tiempos de la reparación de los componentes pactados en el contrato con los clientes”.

Para establecer un mejor análisis de estas causas principales, se procedió de forma de ver en cuanto afecta el tiempo en cada una de las causas.

En primer lugar se establecerá un factor de ponderación, los cuales se detallan a continuación:

- Fuerza Menor de Tiempo= 1
- Fuerza Media de Tiempo= 2
- Fuerza Mayor de Tiempo= 3

Por otro lado se establecerá un peso de atributo (que ira desde 0,1 hasta 1,5), el cual se le asignará a cada causa principal. Este peso dependerá, en cuanto tiempo se ve afectada la causa principal con respecto al tiempo, es decir, a mayor tiempo que afecte a la causa principal se le asignará un mayor peso, en cambio para un menor tiempo que afecte a la causa principal se le asignará un menor peso.

A continuación, se procederá a multiplicar el factor de ponderación por el peso del atributo y este resultado multiplicarlo por la frecuencia relativa obtenida de la hoja de recogida de datos, con esta técnica se establecerá a un mejor análisis de los tiempos con respecto a cuanto afecta el tiempo en las causas principales.

Causas	Causas	Peso del Atributo	Factor de ponderación	Resultado	Frecuencia de Eventos	Total de Frecuencia	% Frec.	Frec. Acom.	% Acom.
C1	No se sabe la capacidad del proceso de reparación frente a una determinada llegada de componentes	1,5	3	4,5	16	72	32%	72	32%
C4	No existe un sistema visual para el establecimiento de metas	1,5	3	4,5	8	36	16%	108	48%
C3	Falta de control en la etapa de reparación	1,0	3	3,0	10	30	13%	138	61%
C5	Falta de medición de registro de procesos	1,5	3	4,5	6	27	12%	165	73%
C7	Falta de información del proceso de reparación	1,5	3	4,5	5	23	10%	188	84%
C8	No llegan a tiempos los repuestos de los conjuntos	1,5	2	3,0	4	12	5%	200	89%
C2	Falta de información del proceso de reparación por soldadura	0,5	2	1,0	7	7	3%	207	92%
C9	No se solicitan a tiempo los materiales	0,8	2	1,6	4	6	3%	213	95%
C6	Exceso de carga de trabajo en los operarios	0,5	2	1,0	5	5	2%	218	97%
C11	Procedimiento de reparación de componentes, no son los adecuados (Reprocesos)	0,7	3	2,1	2	4	2%	222	99%
C10	Mal estado de la maquinaria	1,2	1	1,2	2	2	1%	225	100%
TOTAL									
						225	100%		

Tabla 11: Diagrama de Pareto
Fuente: Elaboración Propia

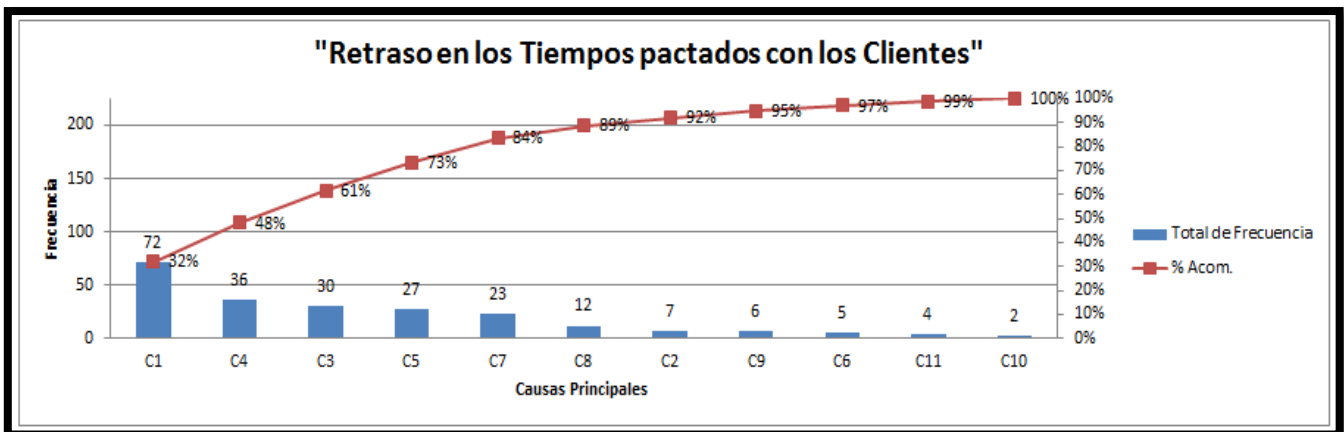


Gráfico 19: Diagrama de Pareto
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Del Gráfico 19, se puede deducir que de acuerdo al principio de Pareto que el 80% de los retrasos de los clientes de la empresa, son producto del 20% de los defectos que se consideran dentro de esta, es decir, que no se resolverán estos 11 problemas que se detallan en la tabla 11, ya que resolver todos estos problemas requerirá de una gran cantidad de tiempo, dinero y esfuerzo.

El Diagrama de Pareto, ayudará a enfocarnos en las causas principales para proponer mejoras y así resolver los problemas que están generando el 80% de los retrasos en los tiempos de reparación.

Los problemas que generan el 80% de los retrasos en este estudio, son:

- No se sabe la capacidad del proceso de reparación, frente a una determinada llegada de componentes.
- No existe un sistema visual para el establecimiento de metas.
- Falta de control en la etapa de reparación.
- Falta de medición de registro de procesos.
- Falta de información del proceso de reparación.

3.3.6 Validación de la Simulación del Proceso de Reparación.

Para verificar si el modelo de simulación realizado refleja lo que ocurre realmente en los procesos de reparaciones, es necesario llevar a cabo la validación de los datos que arroja el software Arena y comparar con los componentes reparados en el mes de Abril.

En la Tabla 12, se muestra la tasa de llegada de componentes en el mes de Abril y los componentes reparados según los resultados de la simulación.

Se establece para efectos de este estudio, que la simulación debe tener un margen de error en las salidas de 0% en los conjuntos padlock y conjuntos frenos híbridos y un 5% de margen de error para los picaportes 4340, picaportes al manganeso y balancines.

COMPONENTE	PRECIOS POR REPARACIÓN	TASA DE LLEGADA REAL ABRIL 2016	REPARACIÓN REAL DE ABRIL 2016	REPARACIÓN SEGÚN SIMULACIÓN ABRIL 2016	FACTURACIÓN REAL MES DE ABRIL 2016	FACTURACIÓN SEGÚN SIMULACIÓN	DIFERENCIA SIMULACIÓN V/S REAL
PADLOCK	\$ 17.000.000	15	5	5	\$ 85.000.000	\$ 85.000.000	\$ -
PICAPORTE 4340	\$ 1.290.000	3	2	3	\$ 2.580.000	\$ 3.870.000	\$ 1.290.000
PICAPORTE AL MN	\$ 1.290.000	5	5	5	\$ 6.450.000	\$ 6.450.000	\$ -
BALANCINES	\$ 1.200.000	3	2	3	\$ 2.400.000	\$ 3.600.000	\$ 1.200.000
FRENOS HÍBRIDOS	\$ 15.000.000	6	4	4	\$ 60.000.000	\$ 60.000.000	\$ -
TOTAL	\$ 35.780.000	32	18	20	\$ 156.430.000	\$ 158.920.000	\$ 2.490.000

ERROR DE SIMULACIÓN ENTRE PICAPORTES Y BALANCINES	1,59%
DIFERENCIA DE REP. REAL V/S SIMULACIÓN	2

Tabla 12: Reparación Real de Abril 2016 V/S Reparación según Simulación
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a datos obtenidos del modelo de simulación, el porcentaje de error de reparación en picaportes y balancines fue de 1,59%, con este resultado el modelo de simulación se válida, ya que no supera el 5% que se estableció como aceptable.

3.3.7 Módulos del Modelo de Reparaciones de Forjados S.A

3.3.7.1 Módulo Create / Llegada de Componentes

El ingreso de componentes a la empresa es de forma independiente y de acuerdo a la demanda del mes de abril, se realiza una simulación de la demanda del servicio de reparación, por lo que se establece que la distribución de llegada será constante y se limitará el máximo de llegadas, como se muestra en la Tabla 13.

COMPONENTES	# LLEGADAS CONSTANTE	CADA (Minutos)	MÁX. DE LLEGADAS	TOTAL DE LLEGADAS POR COMPONENTE
PICAPORTES 4340	1	10	3	3
PICAPORTES AL MN	1	6	5	5
PADLOCK	1	3	15	15
BALANCINES	1	10	3	3
FRENOS HÍBRIDOS	1	6	6	6
LLEGADAS EN GENERAL				32

Tabla 13: Llegadas Constantes de los Componentes
Fuente: Elaboración Propia

Para efectos de simplicidad de entender el proceso de reparación, se considerará como ejemplo los módulos del modelo en general, las ilustraciones del proceso de reparación de un freno, ya que contempla la mayor cantidad de los procesos de los demás componentes.

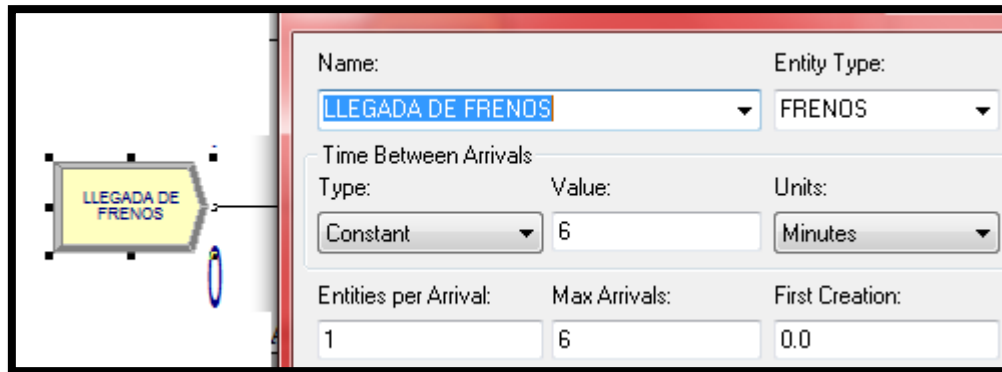


Ilustración 14: Módulo Create / Llegada de Conjunto Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.2 Módulo Assign/ Por cada Componente

En este módulo se configuran los tiempos que tardarán los componentes en pasar por cada proceso con una distribución de probabilidad. El tipo de distribución de probabilidad se escogerá de acuerdo al menor porcentaje de error que presente la distribución de los tiempos en cada etapa de la reparación de un componente, el cual los arrojó el analizador de datos de entradas (Input Analyzer), que es una herramienta que contiene software Arena. Este analizador de datos tiene todas las herramientas necesarias para distinguir el tipo de distribución, además los datos a utilizar se presentan de mejor manera y es de fácil uso.

El Input Analyzer, se utilizó debido a que los componentes están expuestos a horas de campaña en la producción, notándose visualmente, ya que si sobrepasa las horas de campaña el estado de deterioro o desgaste es mayor; es por ello que el tiempo en ciertos procesos se dispara y no serán los mismos tiempos de reparación para cada componente, es por ello que se establecerá un tipo de distribución que arroja el Input Analyzer. De acuerdo a los resultados de medición de los tiempos, se pudo observar que existió más variación en las etapas de soldadura, inspecciones, pulido y mecanizado. En las siguientes Ilustraciones se muestra un ejemplo de las distintas distribuciones de tiempos por proceso que va pasando los Conjuntos de Frenos Híbridos. Además en el Anexo 15 se detalla la validación de la distribución de probabilidades para la simulación en un conjunto de frenos híbridos a modo de ejemplo.

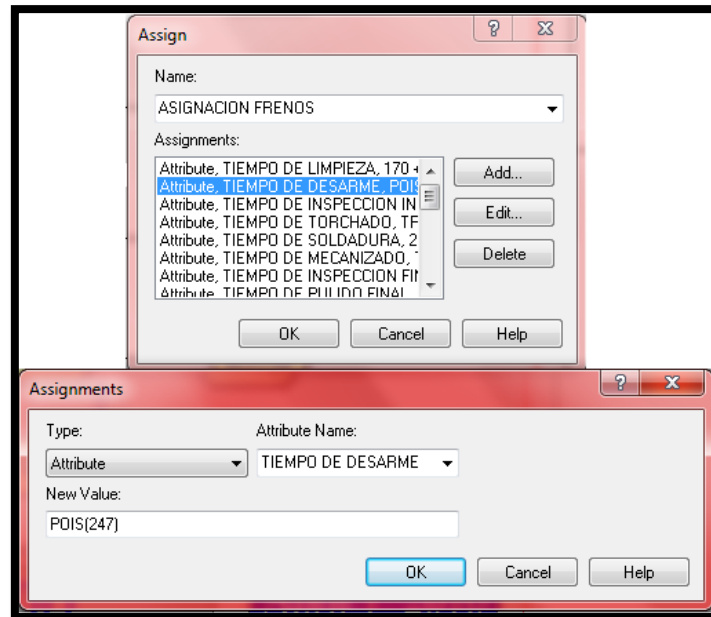


Ilustración 15: Módulo Assign Frenos/Tiempo de Desarme/Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

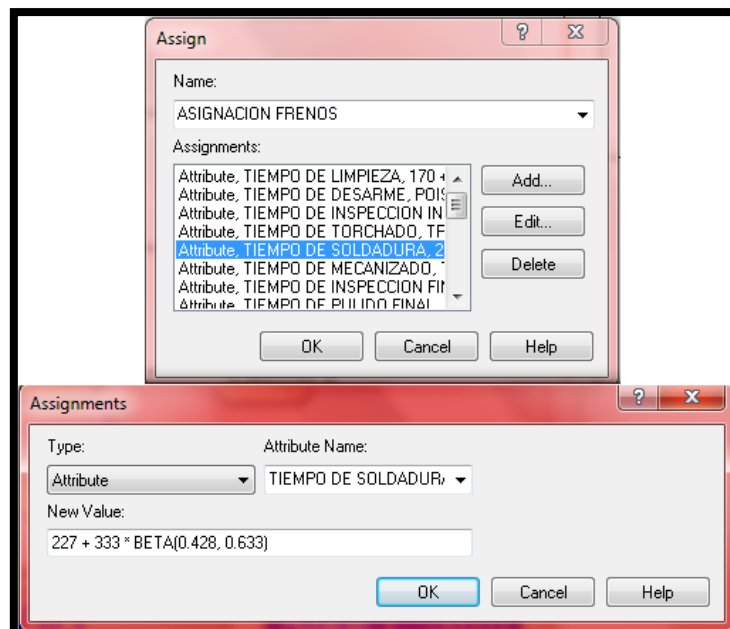


Ilustración 16: Módulo Assign Frenos/Tiempo de Soldadura/Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.3 Módulo Process / Desarme de Conjunto

Este módulo específicamente es en donde intervienen 2 recursos, Mecánicos de Desarme, los cuales a través del método de oxicorte, cortan los pasadores de amarre y proceden a desarmar. Debido al tamaño y peso de los componentes, se requiere que estén los 2 mecánicos para desarmar el conjunto con ayuda de una grúa horquilla.

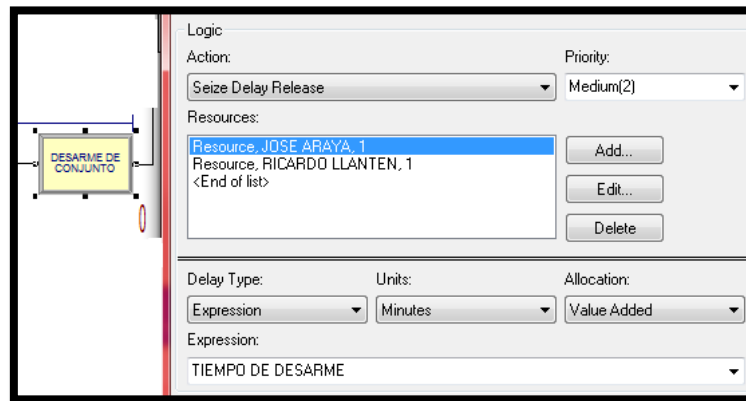


Ilustración 17: Módulo Process, Desarme de Conjunto
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.4 Módulo Process / Limpieza de Componente

Luego de ser desarmado el componente el recurso de limpieza (Simón Zambrano), monta en un atril y empieza a granallar, con una pistola que impulsa bolitas de acero a alta presión, con la finalidad de sacar la pintura del componente y esté listo para inspección inicial.

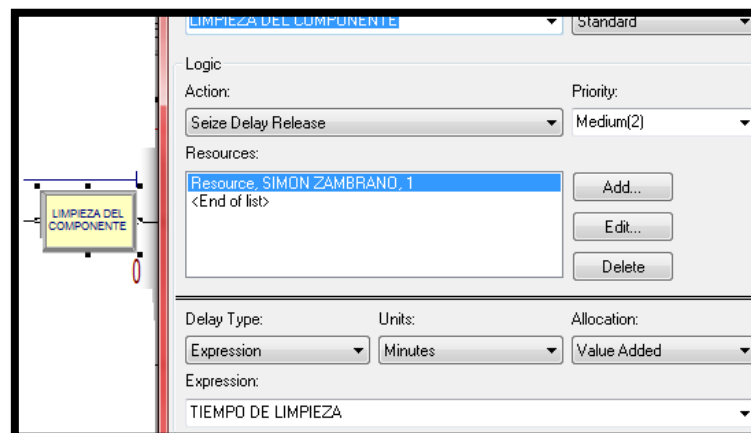


Ilustración 18: Módulo Process, Limpieza del Componente
Fuente: Elaboración propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.5 Módulo Decide / ¿Qué inspector está desocupado?

Este módulo está programado lógicamente, para que cuando llegue un componente el software lo distribuirá al inspector que esté desocupado o que tenga menor cantidad de componentes en inspección (Se aplica en todos los procesos que posean 2 o más recursos para procesar el componente). Luego en el módulo Process de Inspección inicial, los recursos se distribuyen de la siguiente manera: INSPECCION_INICIAL1, se encuentra Ariel Salinas y en INSPECCION_INICIAL2, se encuentra David Sáez. Los inspectores son los encargados de realizar todos los controles de calidad que requiera el componente según lo que indique la Norma AWS. El tiempo de inspección dependerá del estado de deterioro del componente, por lo que la distribución también será triangular. En esta etapa se determina si el componente se da de baja o puede ser reparado o si necesita reproceso, por lo que se debe respaldar todo con fotografías e informes emitidos por los inspectores.

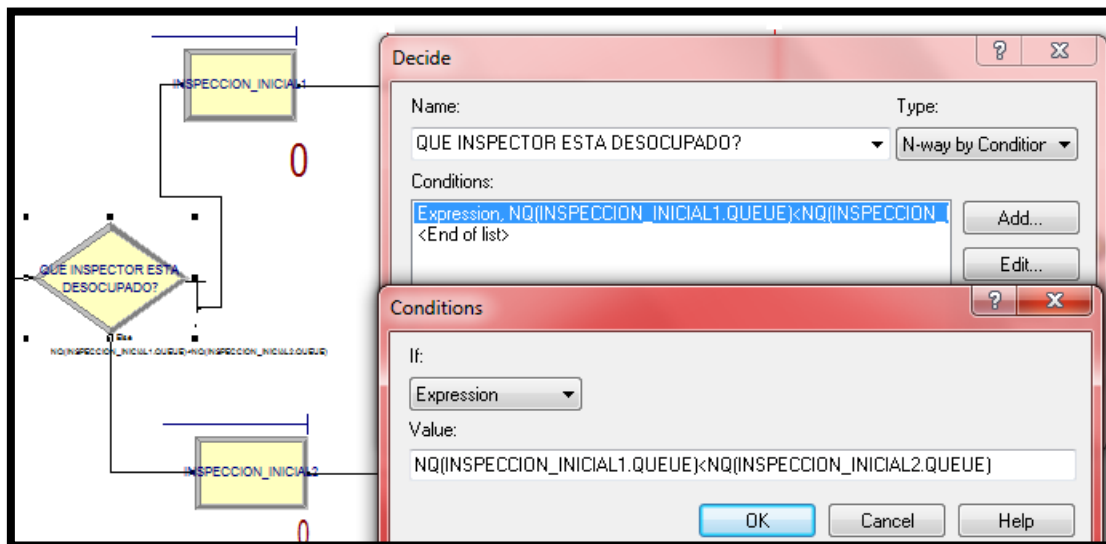


Ilustración 19: Módulo Process Qué inspector está desocupado?
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.6 Módulo Decide y Process /Torchado Y Alivio de Tensión Y Soldadura

Este proceso consiste en que los recursos soldadores, con una varilla de grafito y aire comprimido, saquen la soldadura de los bujes unidos al cuerpo del conjunto y luego comiencen a recuperar la geometría del cuerpo del componente, en base al plano adjunto a la Orden de Servicio. Los picaportes de acero 4340, antes de recuperar su geometría pasan por un proceso de alivio de tensión que se extiende por 17 horas aproximadamente, para el cual se dispone de 2 hornos de capacidad 10 y 6. El tiempo de torchado de bujes se distribuye según el Input Analyzer de Software Arena. Finalmente el tiempo de duración de aplicación de soldadura dependerá exclusivamente del desgaste volumétrico del componente, es por ello que los tiempos medidos fueron muy variados.

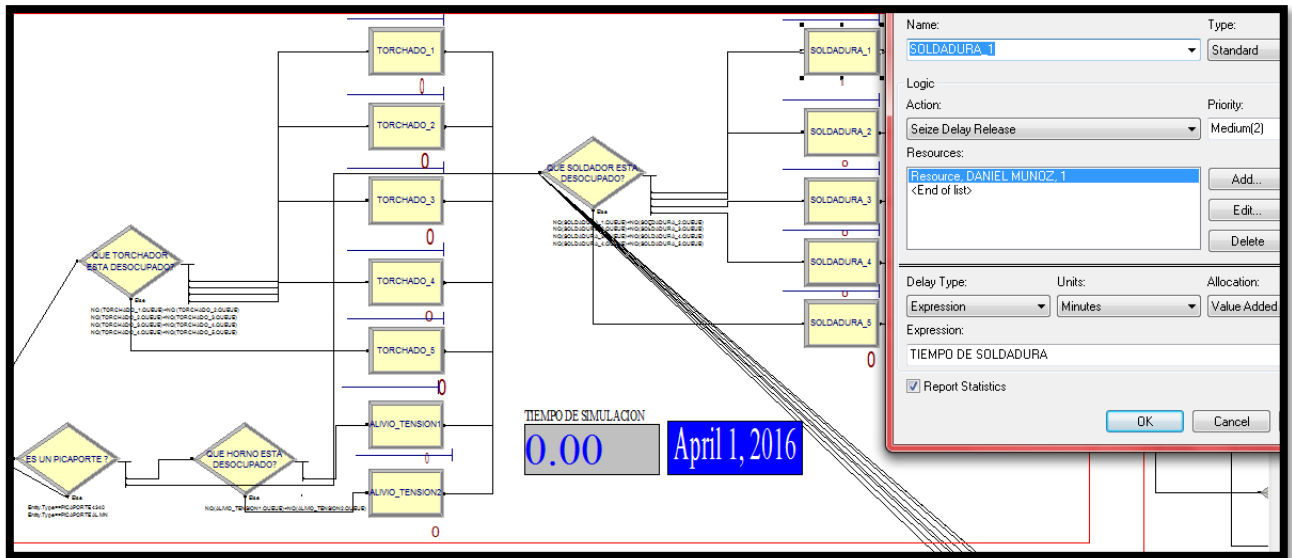


Ilustración 20: Módulo Process y Decide
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.7 Módulo Process / Mecanizado:

El mecanizado es un proceso de arranque de viruta que viene posterior a soldadura, el cual tiene por objetivo dejar una superficie plana y con un buen acabado superficial. Este es un proceso por el cual todo componente debe pasar y el tiempo se comporta con una distribución de probabilidad según los datos medidos de cada componente, ya que el componente si viene con mayor deterioro tendrá más soldadura y por ende mayor superficie que mecanizar.

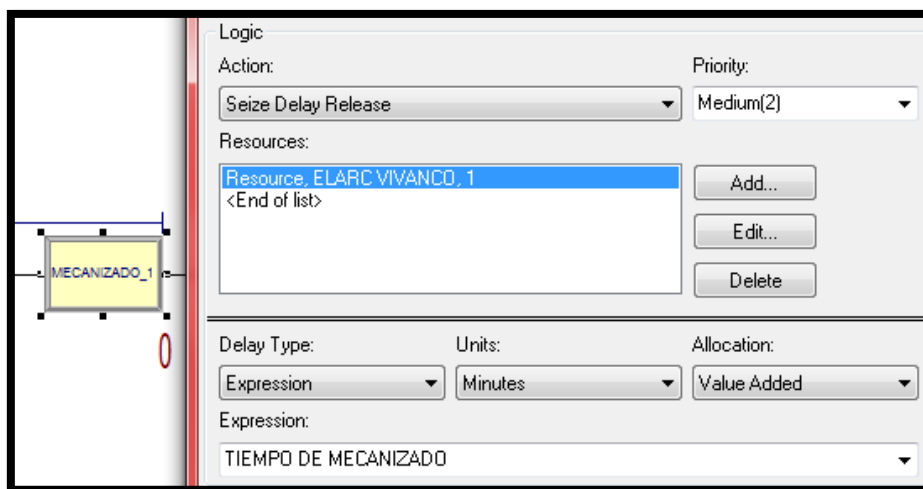


Ilustración 21: Módulo Process, Mecanizado de Frenos
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.8 Módulo Process/ Pulido Intermedio y Final

El proceso de pulido consiste en que los ayudantes mecánicos (3) realicen un acabo superficial al acero, con ayuda del esmeril angular y recto; con distintos discos para dejar cada vez un mejor acabado. Se puede observar que los picaportes no poseen un pulido intermedio y por ende pasan de inmediato al final. Los tiempos dependen del deterioro del componente, los cuales ya fueron definidos en el módulo Assign de acuerdo a la expresión del tipo de distribución de los datos. El software diferenciará y distribuirá los componentes al pulidor que esté más desocupado o que tenga menos componentes en cola.

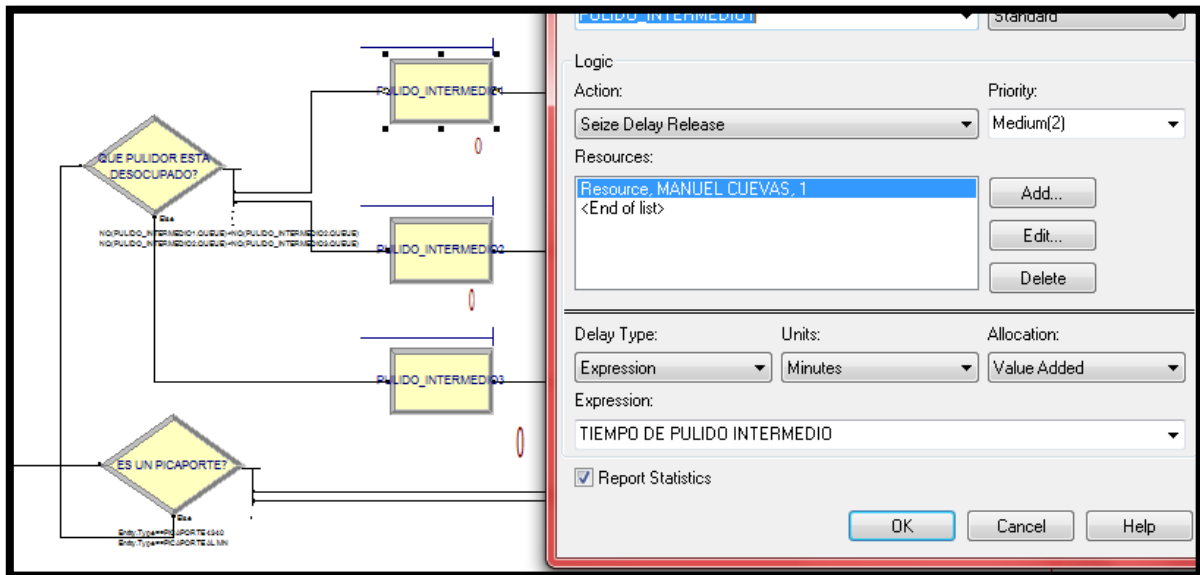


Ilustración 22: Módulo Process, Pulido Intermedio y Final
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.9 Módulo Process y Design /Calaje y Soldadura de Buje, Pulido Final e Inspección Final

Este es un proceso en el cual los ayudantes mecánicos con ayuda de una grúa horquilla, ensamblan todas las piezas reparadas y fabricadas, para finalmente tener un conjunto completo reparado.

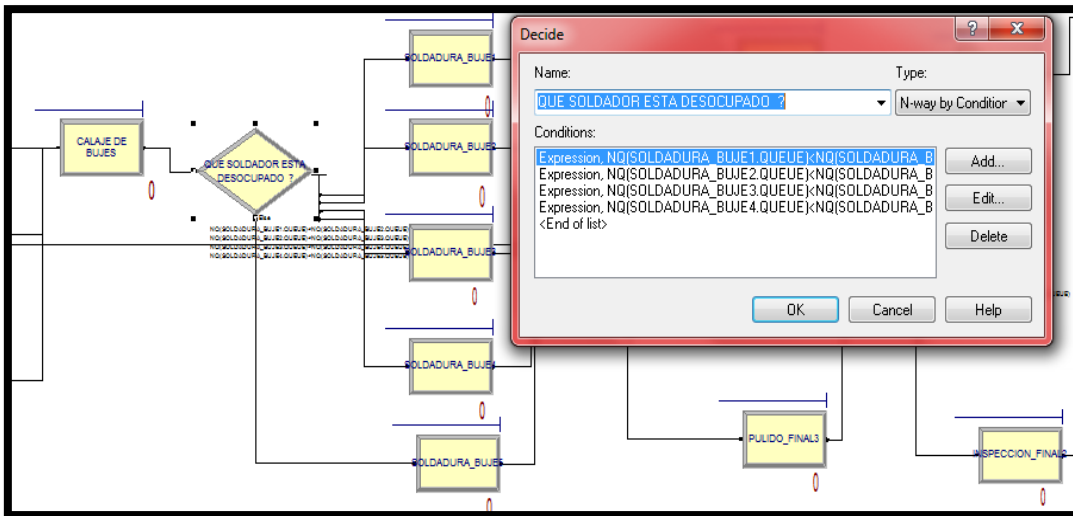


Ilustración 23: Módulos Design y Process / Calaje, Soldadura, Pulido e Inspección.
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.10 Marcaje y Pintura

Los ayudantes mecánicos, marcan con número de golpe al componente, indicando la fecha y número de reparación que lleva el componente, tanto escrito como en el color de la pintura.

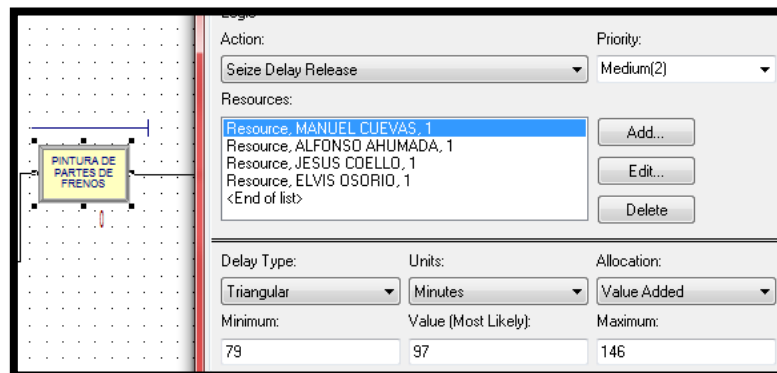


Ilustración 24: Módulo Process, Marcaje y Pintura
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.7.11 Módulo Dispose /Salidas de Componentes Independientes

Como su nombre lo indica este módulo marca el fin o la salida del componente de reparaciones y además el final de la entidad al interior del modelo.

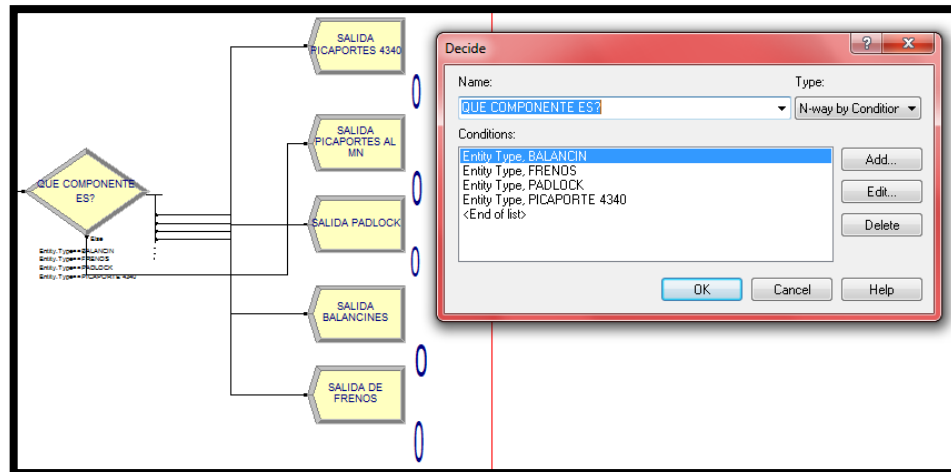


Ilustración 25: Módulo Decide y Dispose/ Salida de Cada Componente
Fuente: Elaboración propia con Arena Rockwell Automation

3.3.8 Simulación del Proceso Actual

En el presente apartado, se llevará a cabo la explicación del proceso de simulación de reparaciones a los componentes que presentan mayor demanda históricamente, los cuales son: picaportes 4340, picaportes al manganeso, balancines, conjuntos de frenos híbridos y conjuntos de padlock. Ésta simulación se realizará con la información que se obtuvo en terreno durante el tiempo de evaluación.

Los tiempos recogidos en el área de reparaciones son tomados en pleno funcionamiento de esta, es decir; contando con la disponibilidad de todos los recursos necesarios disponibles y exceptuando eventualidades que pudieran afectar al pleno funcionamiento de: soldadores, mecánicos, pulidores, ayudantes mecánicos, inspectores de calidad, entre otros.

Es fundamental para la Subgerencia de Planificación y Producción, determinar los tiempos de cada uno de los procesos que se realizan al reparar un componente, para así obtener la capacidad de producción de reparación de estos y dónde se encuentra el cuello de botella del proceso o el proceso que tenga mayor tiempo de espera.

Al momento de levantar los tiempos que tardan en cada proceso los trabajadores, surgió la interrogante de, cuántos componentes de cada tipo se van a tomar en consideración, para establecer un tiempo promedio representativo, en relación al total que se reparan. Es por ello que con la ayuda de la estadística, los componentes medidos entre Diciembre 2015 y Abril del 2016, serán validados con T- Student; el cual se aplica cuando se tienen demandas pequeñas, a través de la comparación de intervalos muestrales e intervalos de confianza.

En la Ilustración 26, se muestra el cuadro Run Setup del programa de simulación, en donde, se especifica que el tiempo máximo de funcionamiento de Reparaciones se programará para 22 días hábiles lo que equivale a 1 mes. Debido a que el tiempo que se requiere para cada componente es extenso, no se establecerá un período crítico de funcionamiento en la simulación.

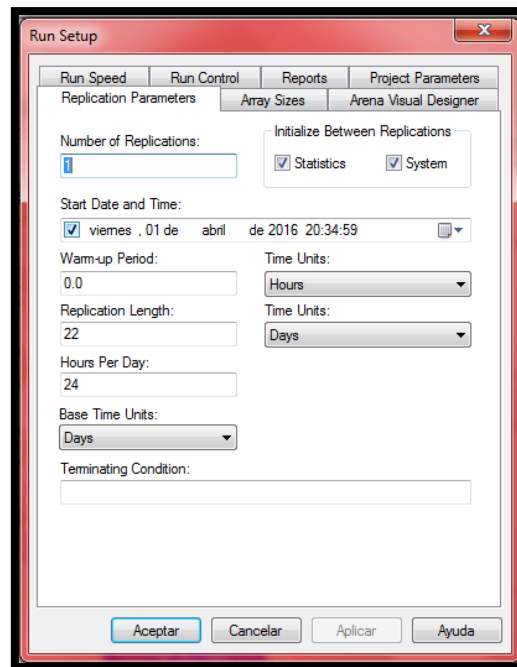


Ilustración 26: Menú de Programación de Características del Modelo

Fuente: Diseño Propio con Arena Rockwell Automation

Warm-up Period: Es el tiempo de calentamiento o preparación del modelo, es necesario cuando el sistema a simular no está vacío al comenzar a operar; como en este caso los períodos de llegada de componentes son muy variables y dependen del período de campaña que le requiera dar el cliente al componente, no se establecerá un período crítico o de alta demanda y de esta forma sería lo más representativo.

Replication Length: Corresponde a la extensión de la replicación en la simulación, equivalente a 22 días (1 meses).

3.3.8.1 Descripción del Modelo de Reparación de Componentes en Evaluación

A continuación en la Ilustración 27, se presenta el modelo de simulación realizado al área de Reparaciones, el cual es extenso, lo que implica una difícil visualización del diagrama general del proceso de reparación, es por ello que se dividirán en 6 etapas, para su fácil entendimiento y comprensión, con su respectiva explicación de la programación.

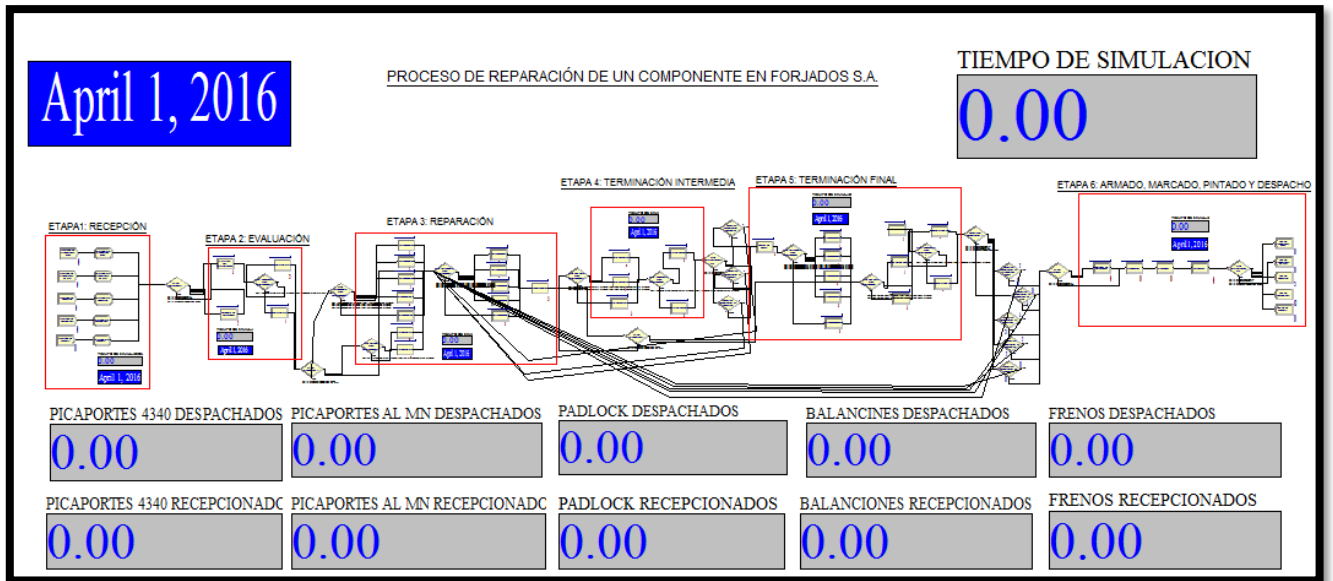


Ilustración 27: Modelo de Simulación de Reparaciones de Forjados S.A.
Fuente: Diseño Propio con Arena Rockwell Automation

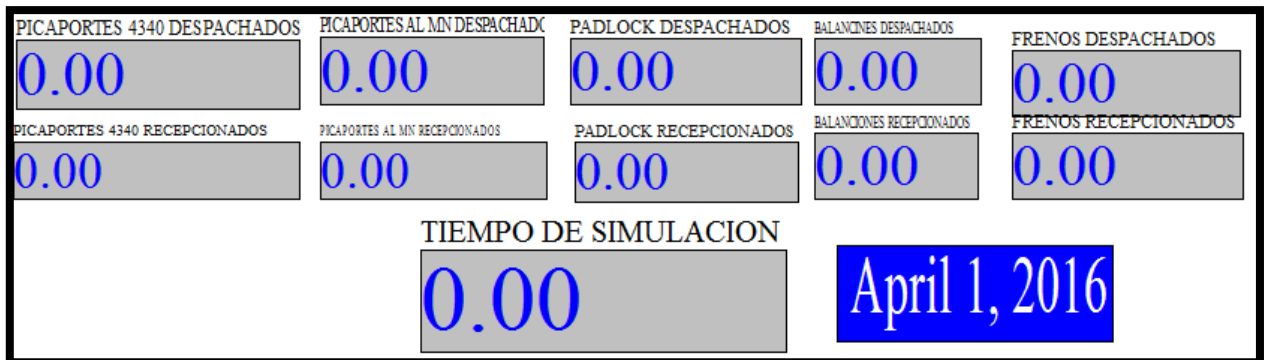


Ilustración 28: Tiempo de Simulación/ N° de Despachos/ Fecha de Comienzo
Fuente: Diseño Propio con Arena Rockwell Automation.

3.3.8.2 Etapa 1: Llegada de Componentes

El objetivo que cumple este conjunto de módulos Design independientes es, definir las tasas y distribuciones estadísticas de llegada de cada uno de los componentes, que solicitan reparar los clientes a Forjados S.A., junto con precisar los tiempos de proceso que tendrán los componentes. Además se asigna una caricatura a cada entidad.

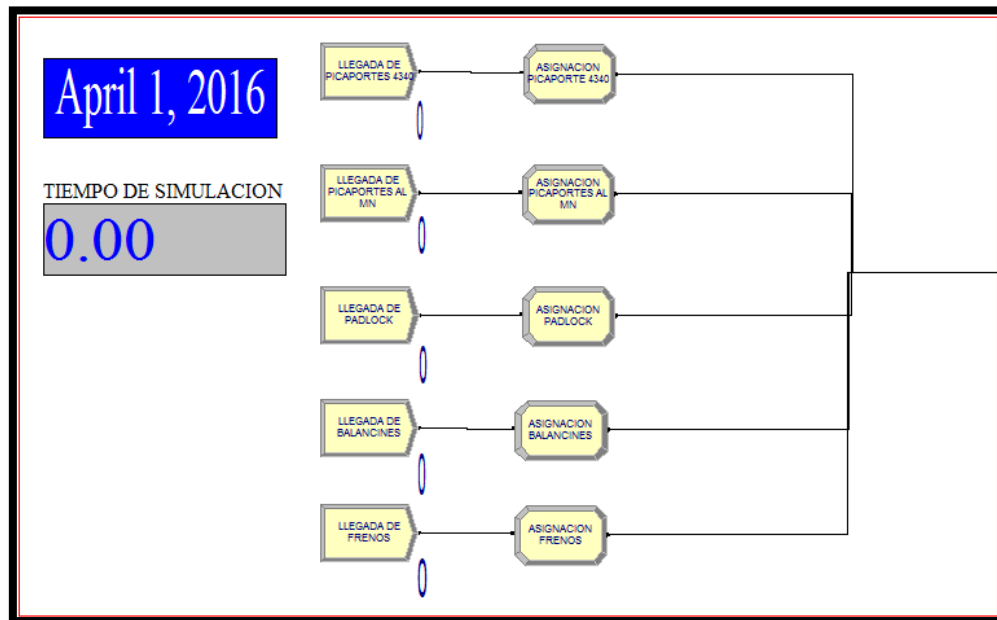


Ilustración 29: Llegada de Componentes a Forjados S.A
Fuente: Diseño Propio con Arena Rockwell Automation.

3.3.8.3 Etapa 2: Evaluación

Esta etapa de evaluación es crucial, porque cuando el componente llega al proceso de inspección de calidad inicial, realizado por el área de control de calidad, éstos envían un informe de inspección, indicando los controles de calidad que se le realizaron, respaldado con fotos, entre los controles se destacan: partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonido, dureza, dimensional (ver Tabla 14, control de calidad al acero e instrumentos). Con estos controles de calidad al acero se puede determinar el nivel de desgaste. Este informe es recepcionado y analizado por el gerente comercial y su asistente, para luego confeccionar y enviar la cotización de reparación del componente al cliente. Este proceso consiste en desarmar y limpiar los conjuntos, padlock y frenos, porque los balancines y picaportes se limpian directamente, debido a que son una sola pieza.





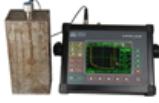
CONTROL DE CALIDAD AL ACERO	INSUMOS, EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	UTILIDAD	TIPO DE ENSAYO	IMAGEN DE ENSAYO
LIQUIDOS PENETRANTES	PAÑOS O HUAÍPE	SACAR POLVO	NO DESTRUCTIVO	
	BENCINA	SACAR GRASA		
	SPRAY ROJO	PENETRAR EN GRIETAS		
	SPRAY BLANCO	REVELADOR		
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	PAÑOS O HUAÍPE	SACAR POLVO DE SUPERFICIE	NO DESTRUCTIVO	
	BENCINA	SACAR GRASA		
	POLVO MAGNÉTICO	VISUALIZAR GRIETAS		
	YUGO MAGNÉTICO	GENERAR CAMPO MAGNETICO		
DIMENSIONAL	FLEXÓMETRO	MEDIR COMPONENTES GRANDES	NO DESTRUCTIVO	
	PIE DE METRO	MEDIR EXTERIORES INTERIORES Y PROFUNDIDAD, CON UNA PRECISIÓN.		
	MICRÓMETRO	MEDIR DIÁMETROS EXTERIORES		
	GONIÓMETRO	MEDIR ÁNGULOS		
DUREZA	DURÓMETRO DIGITAL	COMPARAR CON LA SOLICITADA	DESTRUCTIVO	
VOLUMÉTRICO	ACEITE	NO OCURRAN INTERFERENCIAS DE SEÑAL	NO DESTRUCTIVO	
	EQUIPO DE ULTRASONIDO	MEDIR ESPESOR DE ACERO Y DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DE LA GRIETA INTERNA		

Tabla 14: Ensayos de Control de Calidad a Aceros e Instrumentos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

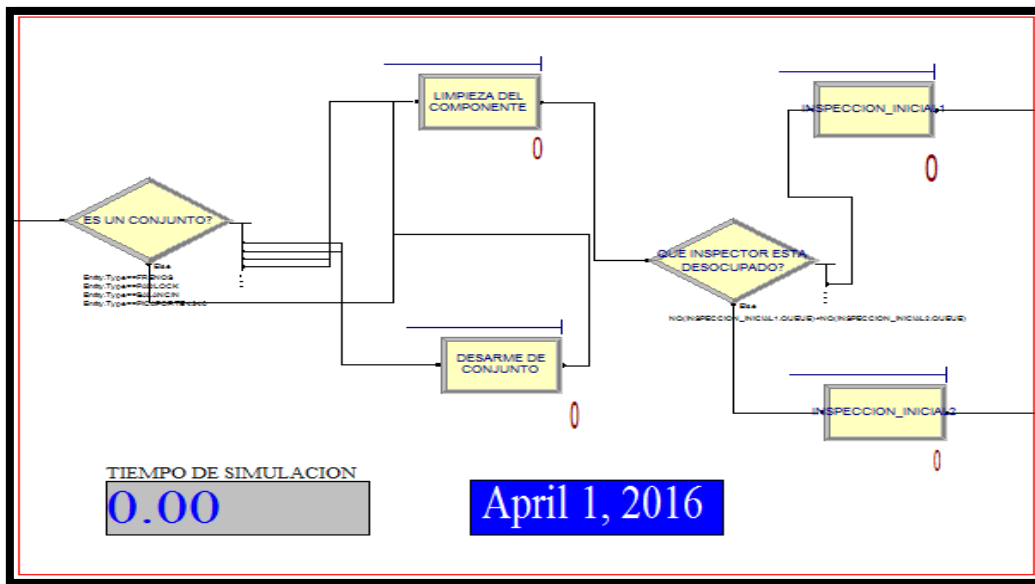


Ilustración 30: Proceso de Evaluación de cada Componente
Fuente: Diseño Propio con Arena Rockwell Automation

3.3.8.4 Etapa 3: Reparación

La reparación de cada componente es un proceso de larga duración y dependerá del estado de deterioro u horas de campaña que le haya dado el cliente al componente. Este proceso comienza y termina una vez que el área de control de calidad, da el visto bueno para que pase a la siguiente etapa. Destacar que la calidad en Forjados S.A. no se transa, por lo que estos procesos no se pueden saltar u omitir para apresurar el proceso; es por ello que se dará enfoque en el uso de éstos recursos en esta etapa de reparación, según resultados de simulación actual.

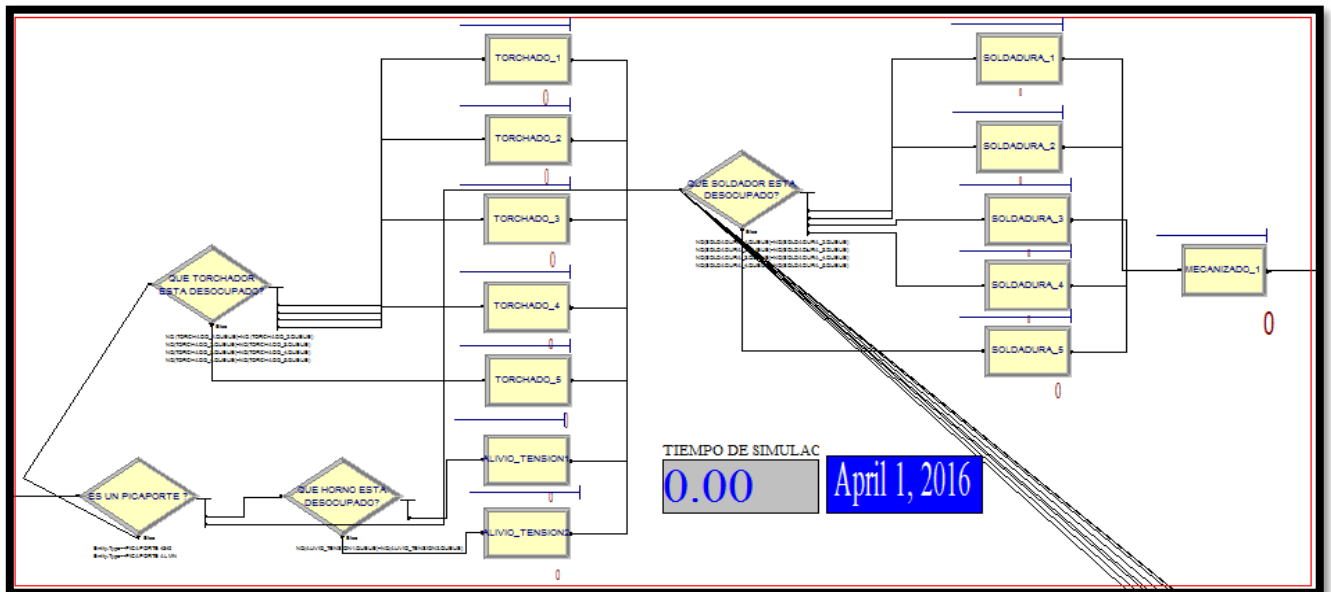


Ilustración 31: Etapa de Reparación
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.8.5 Etapa 4: Terminación Intermedia

Esta es una etapa por la cual no pasan los picaportes, ya que no es necesario realizar un pulido ni una inspección intermedia, debido a la experiencia que se tiene al trabajar con picaportes.

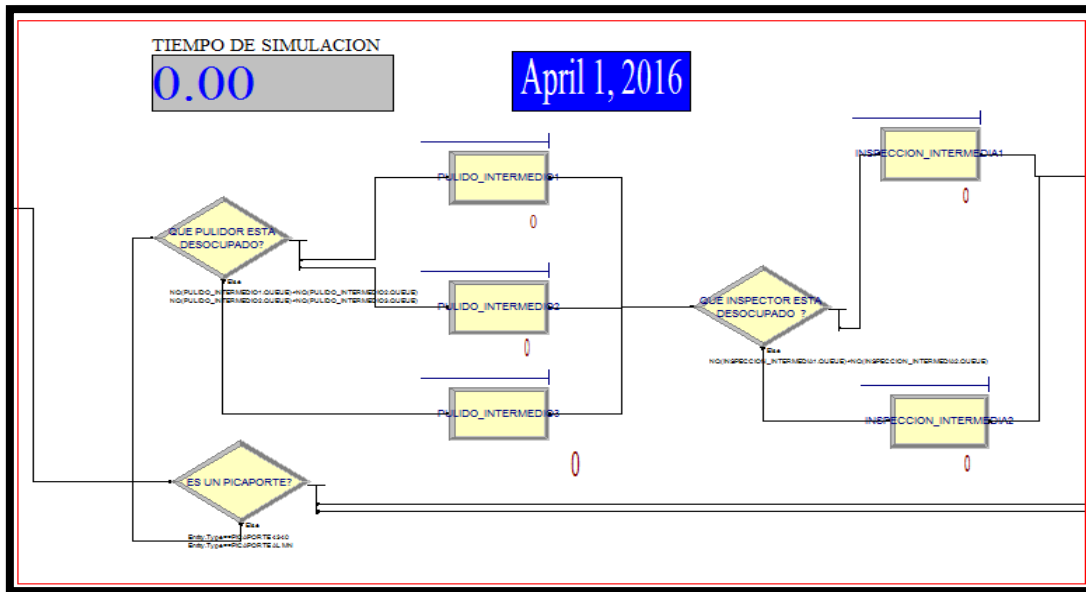


Ilustración 32: Etapa de Terminación Intermedia
 Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.8.6 Etapa 5: Terminación Final

Esta es una etapa en la cual todos los componentes deben pasar, ya que una vez que se calan los bujes y se aplica la soldadura en los padlock, balancines, frenos; es necesario pulir nuevamente para sacar restos de soldadura y quede con un acabado perfecto, pero con la aprobación de control de calidad.

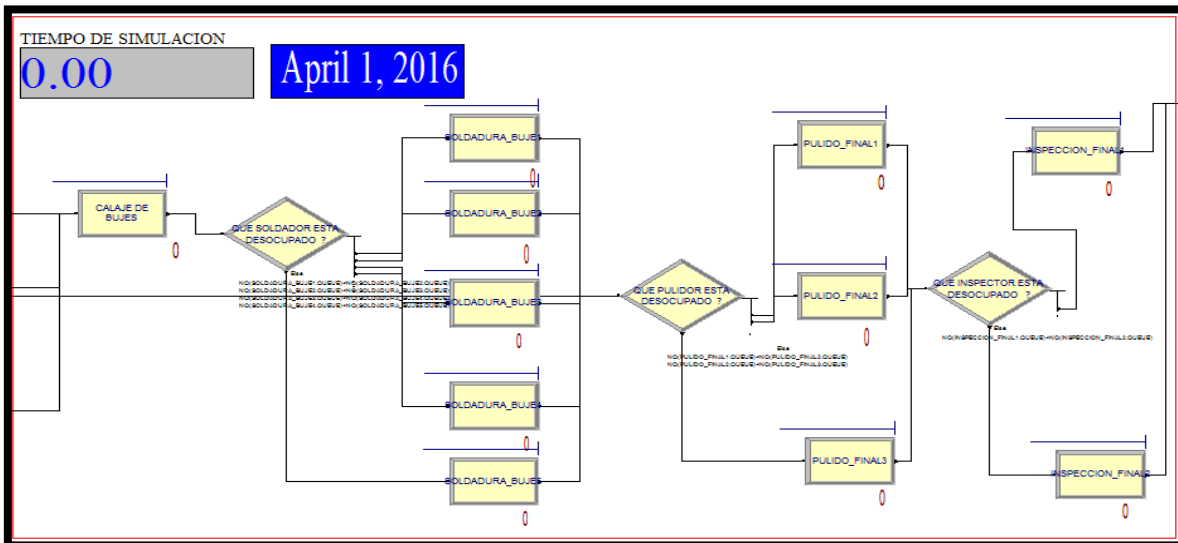


Ilustración 33: Terminación Final
 Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.8.7 Etapa 6: Armado, Marcaje, Pintura y Embalaje

Esta etapa comienza una vez que control de calidad libera del último proceso de inspección a cada componente. Los conjuntos de frenos y padlock se arman, marcan, pintan, embalan y despachan. Por otro lado los picaportes, ya sea de acero SAE 4340 o al manganeso (Hadfield) y los balancines, sólo se marcan, pintan, embalan y despachan (ver Ilustración 34, Etapa de Armado y Despacho)

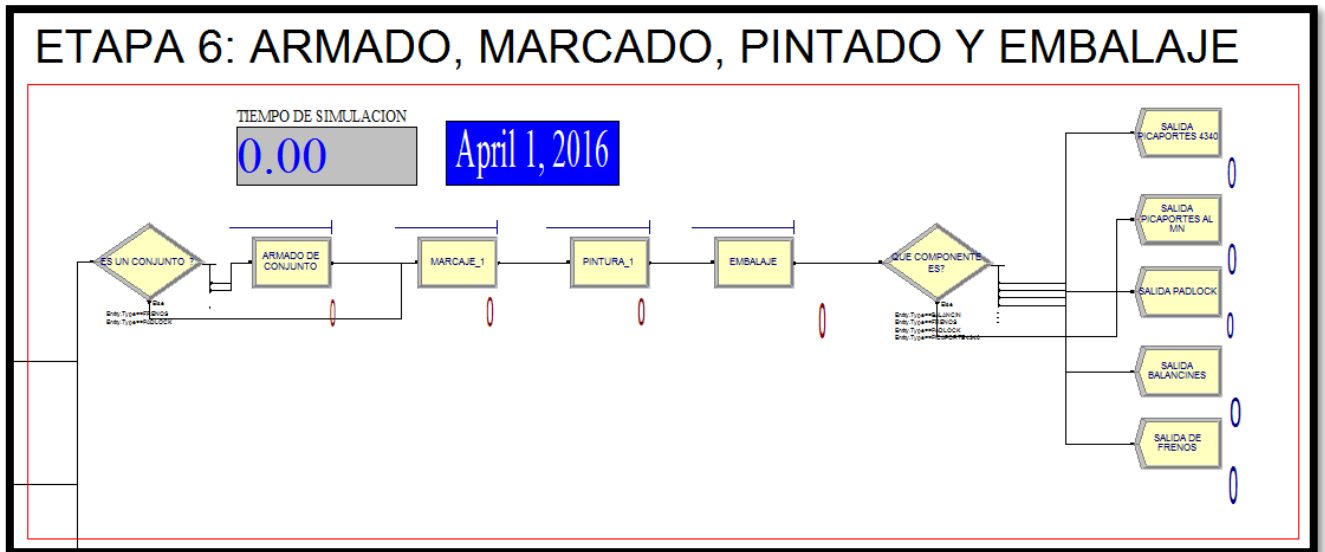


Ilustración 34: Etapa de Armado y Despacho
Fuente: Elaboración Propia con Arena Rockwell Automation

3.3.9 Resultados de la Simulación

En el siguiente apartado, se presenta el análisis de los resultados de la simulación, para luego comparar la situación actual de la empresa, con respecto a los cuatro escenarios como posible propuesta de solución.

3.3.9.1 Resultados de la Situación Actual e Identificación de los procesos críticos

En este apartado se detallan los estudios efectuados usando el software de simulación Arena Rockwell Automation, determinando los resultados del proceso de reparaciones de la empresa. Además al momento de analizar el estudio de tiempos de los componentes de distintos clientes, la empresa Forjados S.A hace hincapié a la calidad, es por esto que aplica distintos métodos para las inspecciones iniciales y finales, para nuestro estudio se detalla en el Anexo 12, un ejemplo del informe de la inspección de un picaporte. Estos informes detallan las inspecciones de los componentes, de acuerdo al estado en que llegan al área de reparaciones, asegurando que se entregue un componente con la calidad adecuada.

El primer análisis de resultados es en relación a las cantidades despachadas bajo una distribución de llegada independiente de componentes para ser reparados y utilizando como base de la simulación, los tiempos obtenidos del levantamiento de información en terreno de cada componente se presentan en la Tabla 15, Bases del Modelo de Simulación.

VARIABLES	CANTIDAD	UNIDAD
HORARIO DE TRABAJO	9	HRS/DIA
SIMULACION	22	DIAS
DIA	24	HORAS
TIEMPO	PROCESO	MINUTOS
COSTOS	RECURSO	\$/HORA

COMPONENTE	TASA DE LLEGADA	UNIDAD
PADLOCK	15	COMP/MES
PICAPORTE 4340	3	COMP/MES
PICAPORTE AL MN	5	COMP/MES
BALANCINES	3	COMP/MES
FRENOS HÍBRIDOS	6	COMP/MES

RECURSOS	CANTIDAD RECURSOS	CAPACIDAD DE RECURSO PROCESAR POR VEZ	CAPACIDAD DEL PROCESO DE PROCESAR POR VEZ	UNIDAD
SOLDADORES	5	1	5	COMPONENTES
INSPECTORES	2	1	2	COMPONENTES
GRANALLADO	1	1	1	COMPONENTES
MECANICO	1	1	1	COMPONENTES
PULIDORES	3	1	3	COMPONENTES
AYUDANTE MECANICO	2	1	2	COMPONENTES
HORNO F2	1	10	10	COMPONENTES
HORNO 2	1	6	6	COMPONENTES

Tabla 15: Bases del Modelo de Simulación
Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel

Es importante destacar que la tasa de llegada se escogió de acuerdo a la demanda real de reparaciones que tuvo la empresa Forjados S.A, dentro del mes de Abril del año 2016, la cual fue base para la simulación y también sirvió para validar el modelo en terreno.

Una vez realizada las mediciones de los tiempos del estado actual del área de reparaciones, y simulando el proceso, se puede determinar el cuello o los cuellos de botellas. A través de la simulación se obtuvo el uso de los recursos utilizados en la reparación de los componentes.

Es importante destacar que se tomarán dos parámetros de decisión para la elección del mejor escenario, el cual se detallarán más adelante. Estos parámetros son la capacidad de reparación de componentes y los tiempos de espera en cada etapa del proceso.

Las mejoras que se propondrán serán en base a los recursos que presenten sobre un 100% de utilización durante la jornada de trabajo. Además con los datos obtenidos de la simulación actual, la utilización de los recursos se distribuye de la siguiente manera:

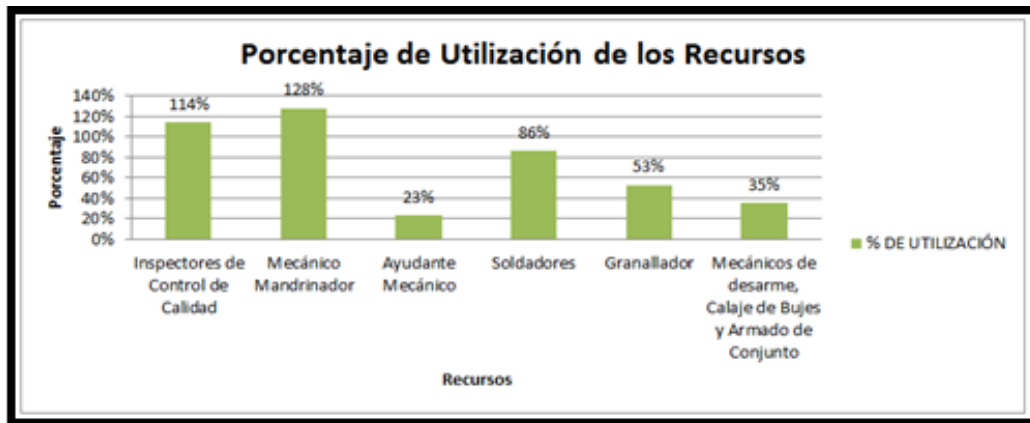


Gráfico 20: Porcentaje de Utilización de los Recursos
Fuente: Elaboración Propia

Escenario 1: Situación Actual del Área de Reparaciones

A continuación se realizará un análisis de la simulación al término de los 22 días.

Análisis (22 días): Mediante la simulación, se puede observar visualmente que los componentes que están en proceso son: 3 conjuntos padlock en Mecanizado, 1 conjunto padlock en pulido intermedio, 1 conjunto de padlock en calaje de bujes, 2 conjunto de frenos híbrido en armado de conjunto, 2 conjuntos de padlock en marcaje, 1 conjunto padlock en pintura y finalmente 2 conjuntos de padlock en Embajale. En consecuencia se tienen 12 componentes en proceso.

La mayor cantidad de componentes se encuentra en el área de mecanizado, es decir, que esta área es el cuello de botella o área que presenta mayores tiempos de espera dentro del proceso.

El Gráfico 21, muestra la comparación de la tasa de llegada de componentes del mes de Abril del 2016 con la cantidad de componentes que son realmente despachados de acuerdo a la situación actual de la empresa mediante la simulación.

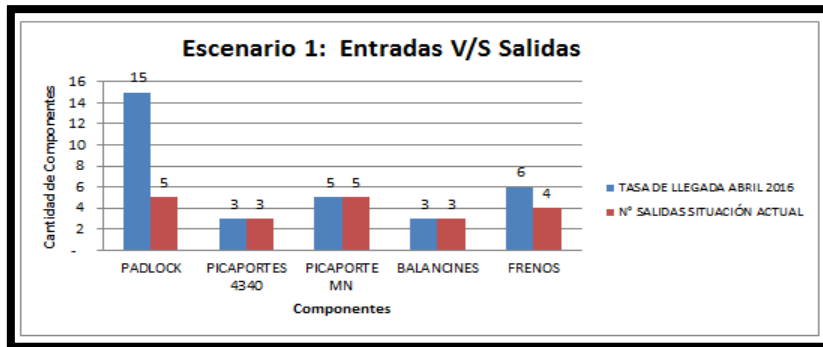


Gráfico 21: Entrada V/S Salidas mensuales
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 21, se puede observar que con los recursos disponibles que posee el taller de reparaciones se reparan: 5 conjuntos padlock, 3 picaportes 4340, 5 picaportes al manganeso, 3 balancines, 4 conjuntos de frenos híbridos.

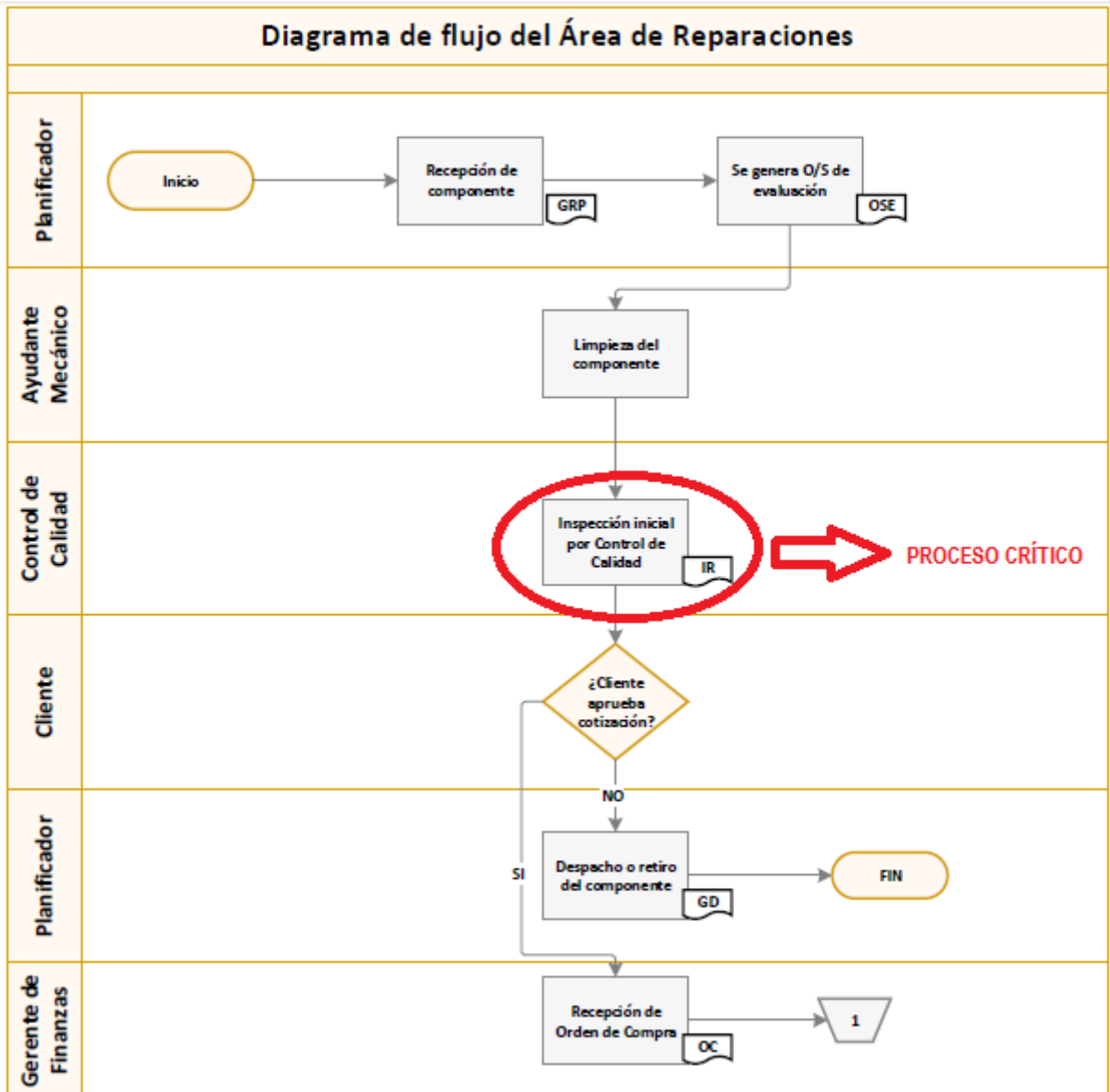
Por otro lado se evaluará el segundo parámetro de decisión, sobre el tiempo de espera de los componentes en cada etapa del proceso, para la situación actual los resultados se observan en la Tabla 16.

ESCENARIO 1: SITUACIÓN ACTUAL	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
Inspección Inicial 1	1,8641
Inspección Inicial 2	2,2233
Mecanizado 1	2,5833
Inspección Intermedia 1	1,8946
Inspección Intermedia 2	1,3489
Inspección Final 1	1,4874
Inspección Final 2	1,0784
TOTAL TIEMPO DE ESPERA	12,48

Tabla 16: Tiempos de Espera de la Situación Actual
Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 16, el tiempo total de espera de los componentes en cada etapa del proceso para la situación actual, es de 12,48 días. Este tiempo ayudará para compararlos con los demás escenarios y así poder verificar el escenario más adecuado que ayude a la empresa y permita disminuir los tiempos de espera.

Identificación de los procesos críticos del Área de reparaciones



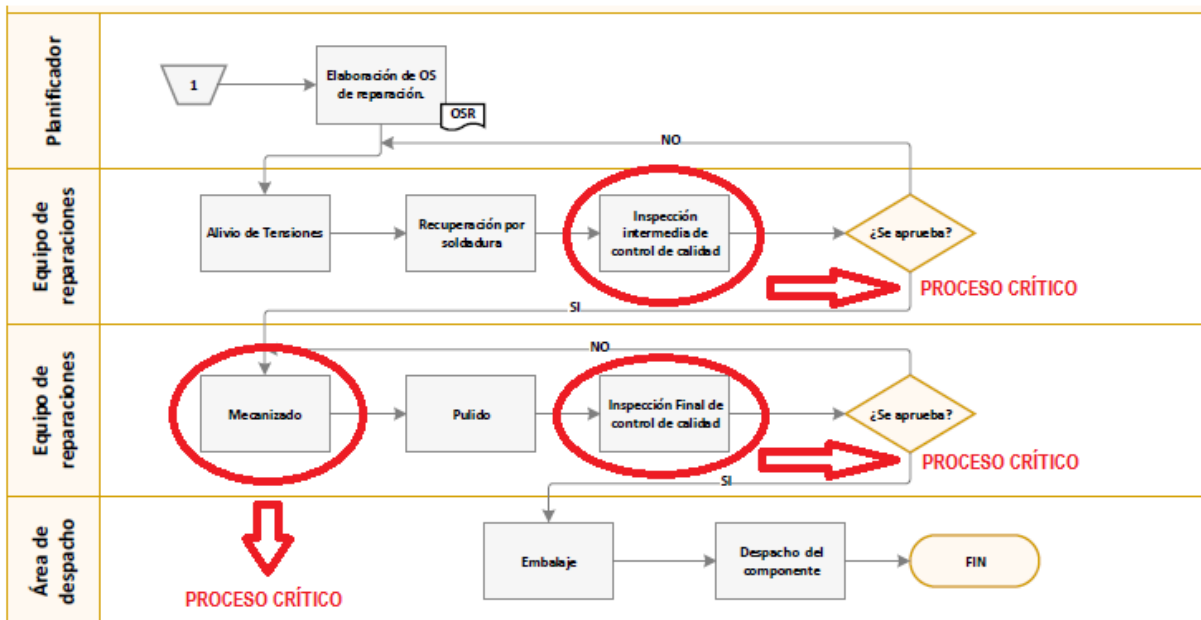


Figura 16: Identificación de Procesos Críticos del Área de Reparaciones
Fuente: Elaboración Propia en base a Software Visio

De acuerdo a la Figura 16, se puede identificar que los procesos críticos del área de reparaciones son: Inspección inicial de control de calidad, Mecanizado, Inspección Intermedia e Inspección final de control de calidad. Se consideran procesos críticos debido a que las etapas identificadas de acuerdo a la situación actual simulada, presentan mayores tiempos de esperas logrando un total promedio de 12,48 días y también presentan mayor utilización de los recursos: área de control de calidad se establece un 114% y para el área de mecanizado se establece un 128% que las otras etapas del proceso. Es importante destacar que se propondrán mejoras sobre el 100% de la utilización de los recursos.

3.3.9.2 Resultados de los Distintos Escenarios

En este apartado, se analizarán los resultados de los distintos escenarios que fueron simulados a través del software Arena, para luego seleccionar el mejor escenario, bajo parámetros de decisión. Además con respecto a la situación actual, se elaboran cuatro escenarios distintos, como posibles propuestas de mejoras para la empresa, para luego seleccionar el mejor escenario.

Mediante la simulación en software Arena, se pudo verificar el proceso cuello de botella o proceso con menor productividad y también saber cuáles son las áreas dentro de reparaciones, que presentan mayor demanda de recursos o porcentaje de utilización.

Para los cuatro escenarios como posibles propuestas, se tomaron en cuenta 2 parámetros de decisión, que ayudarán a seleccionar el mejor escenario de acuerdo a sus características, estos parámetros son:

- La capacidad de respuesta frente a una tasa de llegada de componentes: Entradas V/S Salidas.
- Tiempos de espera en las etapas del proceso.

Es importante destacar que para la evaluación de los tiempos de espera, se considerarán las etapas del proceso de las inspecciones iniciales, intermedias, finales y también el proceso de mecanizado. Estos procesos son los que tienen mayor incidencia y utilización de sus recursos (sobre un 100%), los cuales nos servirán para proponer mejoras. Además de acuerdo a los resultados y comparándolo con las otras etapas de reparación, son los que presentan mayores tiempos de espera, considerándolos como procesos críticos.

Escenario 2

Consiste en agregar un turno extra en mecanizado, es decir, tener doble turno en el área de mecanizado, teniendo un mecánico adicional para operar la maquinaria.

Análisis (22 días): Mediante la simulación se puede observar visualmente que los componentes que están en proceso son: 1 conjunto de padlock en calaje de bujes, 1 conjunto padlock en soldadura de unión de bujes, 1 conjunto de padlock en inspección final, 2 conjuntos de frenos híbridos en armado de conjunto, 4 conjuntos de padlock en marcaje, 1 conjunto de padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en pintura, 1 conjunto de padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en embalaje, en consecuencia se tienen 13 componentes que aún están en proceso, al comparar este escenario 2 con la situación actual, se establece que aumenta un 8% de los componentes que están en proceso.

La situación anterior, es debido a que si bien se mejora la utilización de los recursos con respecto a mecanizado y se logra mecanizar más componentes, estos van hacer acumulados en inspección final debido a la cantidad de recursos que posee el área.

El Gráfico 22, muestra la comparación de la tasa de llegada de componentes en el mes de Abril del 2016, con respecto a la cantidad de componentes que realmente son despachados según el Escenario 2.

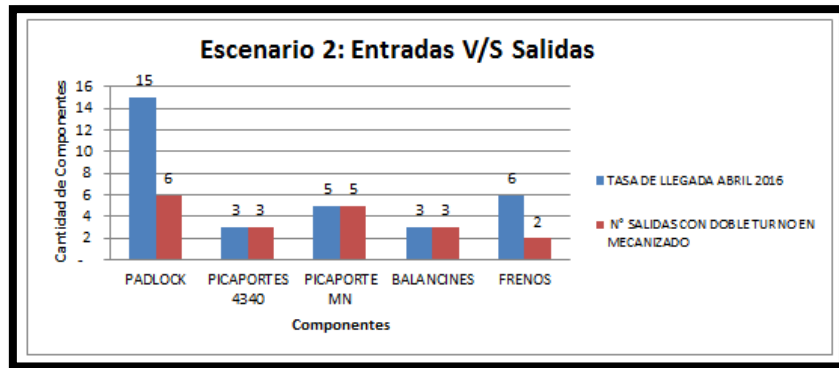


Gráfico 22: Entradas V/S Salidas mensuales
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 22, se puede observar que con agregar un doble turno en mecanizado en el área de reparaciones se obtienen los siguientes componentes despachados; 6 conjuntos padlock, 3 picaportes 4340, 5 picaportes al manganeso, 3 balancines, 2 conjuntos frenos híbridos.

Finalmente se tiene que el período de simulación del Escenario 2 fueron 22 días, en el cual no se logró sacar todos los componentes que llegaron, quedando gran parte de ellos en proceso.

Por otro lado se evaluará el segundo parámetro de decisión, con respecto al tiempo de espera de las etapas del proceso que presentan los componentes.

ESCENARIO 2: CON DOBLE TURNO EN MECANIZADO	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
Inspección Inicial 1	2,1369
Inspección Inicial 2	2,234
Mecanizado 1	0,2138
Inspección Intermedia 1	3,4406
Inspección Intermedia 2	1,866
Inspección Final 1	1,446
Inspección Final 2	1,4627
TOTAL TIEMPOS DE ESPERA	12,80
AUMENTO DE LOS TIEMPOS DE ESPERA	2,56%

Tabla 17: Tiempos de Espera con Doble Turno en Mecanizado
Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 17, el tiempo total de espera para el escenario 2 es de 12,80 días, comparándolo con la situación actual, este escenario presenta un aumento en los tiempos de espera de 2,56%, debido a que si bien se mejora el tiempo de espera de mecanizado, los tiempos de la inspecciones de control de calidad se mantienen altos, ya que se acumulan más componentes en esta etapa del proceso.

Escenario 3

Consiste en agregar un turno extra en mecanizado, es decir, tener doble turno en el área de mecanizado, teniendo un mecánico más para operar la maquinaria y también se agregará un Inspector más para el control de calidad.

Análisis (22 días): Mediante la simulación se puede observar visualmente que los componentes que están en proceso son: 1 conjunto de padlock en marcaje, 2 conjuntos de padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en pintura, 2 conjuntos de padlock en embalaje, en consecuencia se tienen 6 componentes en proceso, comparándolo con la situación actual, se reduce al 50% de los componentes que están en proceso.

La situación anterior, es debido a que se está mejorando las dos áreas (inspección de control de calidad y mecanizado), lo cual implica que se tenga una mejor distribución de la utilización de los recursos dentro del proceso.

El Gráfico 23, muestra la comparación de la tasa de llegada de los componentes del mes de Abril del 2016, con respecto a la cantidad de componentes que realmente son despachados según el Escenario 3.

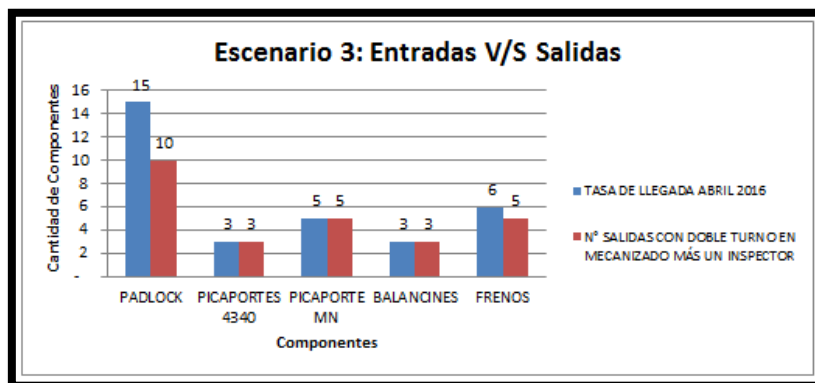


Gráfico 23: Entradas V/S Salidas Mensuales
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 23, se puede observar que con agregar un doble turno en mecanizado y al agregar un inspector más, se tienen los siguientes componentes despachados: 10 conjuntos de padlock, 3 picaportes 4340, 5 picaportes al manganeso, 3 balancines y 5 conjuntos de frenos híbridos.

Finalmente se tiene que el período de simulación del Escenario 3 fueron 22 días, en el cual se logró sacar la mayor cantidad de componentes, solo quedando en proceso 6 componentes.

Por otro lado se evaluará el segundo parámetro de decisión, con respecto al tiempo de espera de las etapas del proceso que tienen los componentes.

ESCENARIO 3: CON DOBLE TURNO DE MECANIZADO MÁS UN INSPECTOR	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
Inspección Inicial 1	1,9954
Inspección Inicial 2	0
Inspección Inicial 3	0,8243
Mecanizado 1	0,236
Inspección Intermedia 1	0,2977
Inspección Intermedia 2	0
Inspección Intermedia 3	0,8021
Inspección Final 1	2,5202
Inspección Final 2	0,2035
Inspección Final 3	0,8037
TOTAL TIEMPOS DE ESPERA	7,68
DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA	38,44%

Tabla 18: Tiempos de Espera con Doble turno en Mecanizado más un Inspector
Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 18, el tiempo total de espera para el Escenario 3 es de 7,68 días, con respecto a la situación actual, este escenario presenta una disminución de los tiempos de espera de 38,44%, esto se debe a que se está mejorando las dos áreas con mayor utilización de recursos (área de mecanizado y área de control de calidad).

Escenario 4

Consiste en agregar una máquina Mandrinadora que trabaje en paralelo dentro de la planta y también se contratará otro mecánico para que opere la nueva maquinaria.

Análisis (22 días): Mediante la simulación se puede observar visualmente que los componentes que están en proceso son: 1 conjunto padlock en soldadura de unión de bujes, 3 conjuntos de padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en armado de conjunto, 2 conjuntos padlock en marcaje, 2 conjuntos padlock y 1 conjunto de freno híbrido en pintura, 2 conjuntos padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en embalaje, en consecuencia se tienen 13 componentes en proceso, haciendo una pequeña comparación con la situación actual, aumenta un 8% de los componentes en proceso.

El Gráfico 24, muestra la comparación de la tasa de llegada de componentes del mes de Abril del 2016, con respecto a la cantidad de componentes que realmente son despachados según el Escenario 4.

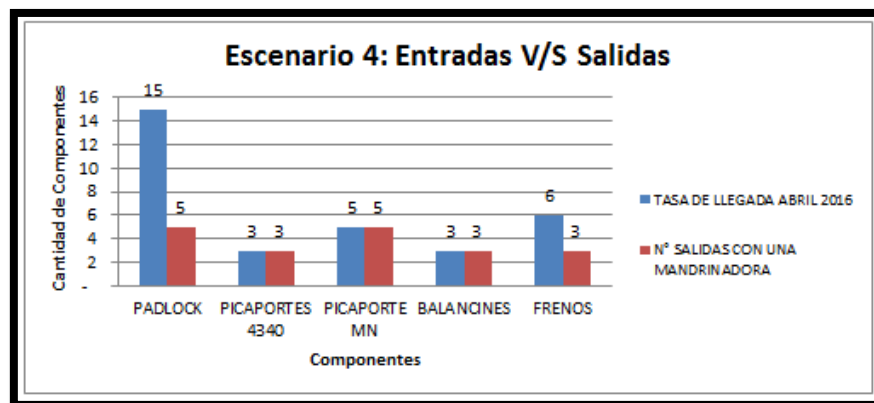


Gráfico 24: Entradas V/S Salidas mensuales
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 24, se puede observar que con agregar una máquina Mandrinadora se tienen los siguientes componentes despachados: 5 conjuntos padlock, 3 picaportes 4340, 5 picaportes al Manganeso, 3 balancines y 3 conjuntos de frenos híbridos.

Finalmente se tiene que el período de simulación del Escenario 4 fueron 22 días, solo quedando en proceso 13 componentes.

Por otro lado se evaluará el segundo parámetro de decisión, con respecto al tiempo de espera de las etapas del proceso que tienen los componentes.

ESCENARIO 4: CON UNA MANDRINADORA	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
Inspección Inicial 1	1,8071
Inspección Inicial 2	2,2095
Mecanizado 1	0,9321
Mecanizado 2	0,234
Inspección Intermedia 1	2,8625
Inspección Intermedia 2	1,6903
Inspección Final 1	0,9494
Inspección Final 2	1,2756
TOTAL TIEMPOS DE ESPERA	11,96
DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA	4,16%

Tabla 19: Tiempos de Espera con una Mandrinadora
Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 19, el tiempo total de espera para el Escenario 4 es de 11,96 días, con respecto a la situación actual, este escenario presenta una pequeña disminución de los tiempos de espera de 4,16%. Esta disminución se debe a que si bien se mejoran los tiempos con respecto al mecanizado, pero los tiempos de inspección de calidad siguen manteniéndose altos, debido a que se están acumulando componentes en esa etapa.

Escenario 5

Consiste en agregar una máquina Mandrinadora que trabaje en paralelo dentro de la planta y también se contratará otro mecánico para que opere la maquinaria. Además se va agregar a un inspector más para el control de calidad.

Análisis (22 días): Mediante la simulación se puede observar visualmente que los componentes que están en proceso son: 1 conjunto de padlock en marcaje, 1 conjunto de padlock y 1 conjunto de frenos híbridos en embalaje, en consecuencia se tienen 3 componentes en proceso. Además es importante destacar que estos componentes quedan en las etapas finales del proceso de reparación, es decir, con un día más, se sacarán todos los componentes que están en proceso.

Por otro lado haciendo una comparación con el estado actual, se tiene que este escenario disminuye un 75% de la cantidad de componentes en proceso.

El Gráfico 25, muestra la comparación de la tasa de llegada de componentes del mes de Abril del 2016, con respecto a la cantidad de componentes que realmente son despachados según el Escenario 5.

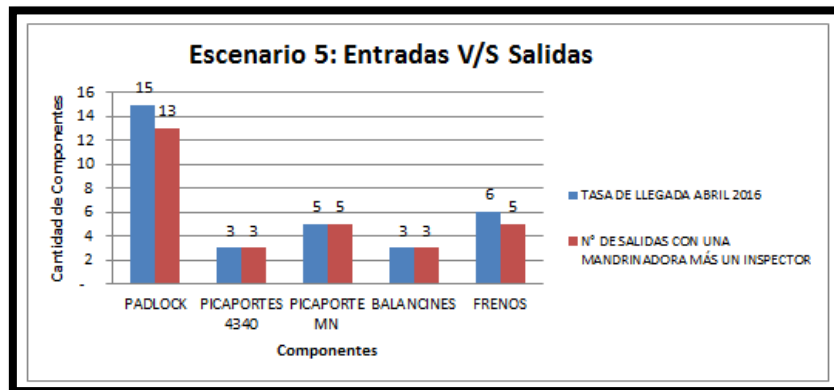


Gráfico 25: Entradas V/S Salidas mensuales
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 25, se puede observar que con agregar una máquina Mandrinadora y un inspector más se tienen los siguientes componentes despachados: 13 conjuntos padlock, 3 picaportes 4340, 5 picaportes al manganeso, 3 balancines y 5 conjuntos de frenos híbridos.

Por otro lado se evaluará el segundo parámetro de decisión, con respecto al tiempo de espera de las etapas del proceso que tienen los componentes.

PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
Inspección Inicial 1	1,9276
Inspección Inicial 2	0
Inspección Inicial 3	0,6269
Mecanizado 1	0,2507
Mecanizado 2	0,3428
Inspección Intermedia 1	0,1216
Inspección Intermedia 2	0
Inspección Intermedia 3	0,6542
Inspección Final 1	1,9514
Inspección Final 2	0,1391
Inspección Final 3	0,5551
TOTAL TIEMPOS DE ESPERA	6,57
DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA	47,36%

Tabla 20: Tiempos de Espera con una Mandrinadora más un Inspector
Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 20, el tiempo total de espera para el Escenario 5 es de 6,57 días. Con respecto a la situación actual, este escenario presenta una gran disminución de los tiempos de espera logrando un 47,36%. Esta disminución del tiempo se debe a que se mejora tanto el área de mecanizado, como también el área de control de calidad, ya que se disminuyen los tiempos de espera de estas dos etapas.

Es importante destacar que con esta propuesta de mejora, se logran mecanizar más componentes y a la vez se realizan más inspecciones de control de calidad, sin generar grandes esperas en estas etapas, el cual permite despachar más componentes, en consecuencia se tiene que con este escenario se logra una mejor distribución de la utilización de los recursos.

3.3.9.3 Simulación del Escenario Actual V/S Simulación de los distintos Escenarios.

En este apartado se resume y se compara la simulación del escenario actual, con respecto a la simulación de los distintos escenarios, en relación a los parámetros de decisión para elegir el mejor escenario simulado.

En conclusión, se puede tomar la decisión de elegir el mejor escenario 5, como propuesta de mejora para la empresa Forjados S.A., en resumen se tiene:

Escenario 2: Doble Turno en Mecanizado

Se concluye que el escenario 2, no es una propuesta convincente debido a que quedan componentes en proceso, más bien aumentan en un 8% de los componentes, en consecuencia las salidas son solo 19 componentes de un total de 32 que arroja la tasa de llegada, es decir, se tienen 13 componentes en proceso. Además este escenario, no disminuye los tiempos de espera, más bien los aumenta en un 2,56%.

Teniendo estos dos parámetros de decisión se puede concluir que el escenario 2, no es una propuesta de mejora factible para el área de reparaciones.

Escenario 3: Doble Turno en Mecanizado más un Inspector de Control de Calidad

Se concluye que el escenario 3, es una posible alternativa de propuesta de mejora, debido a que no son tantos los componentes que quedan en proceso, ya que esta propuesta disminuye un 50% de los componentes, es decir, las salidas son 26 componentes de un total de 32 que arroja la tasa de llegada, ósea hay 6 componentes en proceso. Además este escenario disminuye considerablemente los tiempos de espera en un 38,44%.

Teniendo estos dos parámetros de decisión se puede concluir que el escenario 3, puede ser una propuesta de mejora factible para el área de reparaciones.

Escenario 4: Con una Máquina Mandrinadora

Se concluye que el escenario 4, no es una propuesta convincente debido a que quedan componentes en proceso, más bien aumentan en un 8%, en consecuencia las salidas de los componentes son solo 19 componentes de un total de 32 que arroja la tasa de llegada, es decir, hay 13 componentes en proceso. Además este escenario disminuye los tiempos de espera de las etapas del proceso en solo un 4,16%.

Teniendo estos dos parámetros de decisión se puede concluir que el escenario 4, no es una propuesta de mejora factible para el área de reparaciones, porque si bien disminuyen muy poco los tiempos de espera, igualmente quedan componentes en proceso.

Escenario 5: Con una Mandrinadora más un Inspector de Control de Calidad

Se concluye que el escenario 5, es una posible alternativa de propuesta de mejora, debido a que no son tantos los componentes que quedan en proceso, ya que esta propuesta disminuye en un 75% de los componentes, es decir, las salidas son 29 componentes de un total de 32 que arroja la tasa de llegada, ósea hay 3 componentes en proceso. Además este escenario, disminuye considerablemente los tiempos de espera de las etapas de los procesos en un 47,36% respecto de la situación actual.

Es importante destacar que estos 3 componentes, están en las etapas finales del proceso de reparación, hay un componente en marcaje y dos componentes en embalaje, se tiene que con un día más, se logran reparar todos los componentes de la tasa de llegada del mes de Abril.

En conclusión se tiene que los mejores escenarios, son el escenario 3 y escenario 5, pero se tiene que el escenario 5, es una propuesta de mejora factible para el área de reparaciones, sobre los otros escenarios evaluados, ya que es el único escenario que deja solo 3 componentes en proceso y también es el único escenario que disminuye mucho más los tiempos de espera. Además es importante destacar que con este escenario se logra una mejor distribución de la utilización de los recursos, tanto para la etapa de mecanizado, como la etapa de inspección de control de calidad, disminuyendo la sobre carga de trabajo.

A continuación en el la Tabla 22, se muestra un resumen de los resultados con respecto a los escenarios analizados.

RESUMEN DE RESULTADOS								
PARÁMETROS DE DECISIÓN	ESCENARIO 2	INCIDENCIA CON ESCENARIO 1	ESCENARIO 3	INCIDENCIA CON ESCENARIO 1	ESCENARIO 4	INCIDENCIA CON ESCENARIO 1	ESCENARIO 5	INCIDENCIA CON ESCENARIO 1
COMPONENTES EN PROCESO	8%	AUMENTA	50%	DISMINUYE	8%	AUMENTA	75%	DISMINUYE
TIEMPOS DE ESPERA	2,56%	AUMENTA	38,44%	DISMINUYE	4,16%	DISMINUYE	47,36%	DISMINUYE

Tabla 21: Resumen de Resultados de los Escenarios Analizados.
Fuente: Elaboración Propia.

En consecuencia bajo el análisis anterior, se selecciona la propuesta de mejora del escenario 5 para el área de reparaciones de la empresa Forjados S.A, debido a que se presentan parámetros de decisión superiores a los otros escenarios.

A continuación en el Gráfico 27, se muestran los resultados de la distribución del porcentaje de utilización de los recursos del escenario 5.

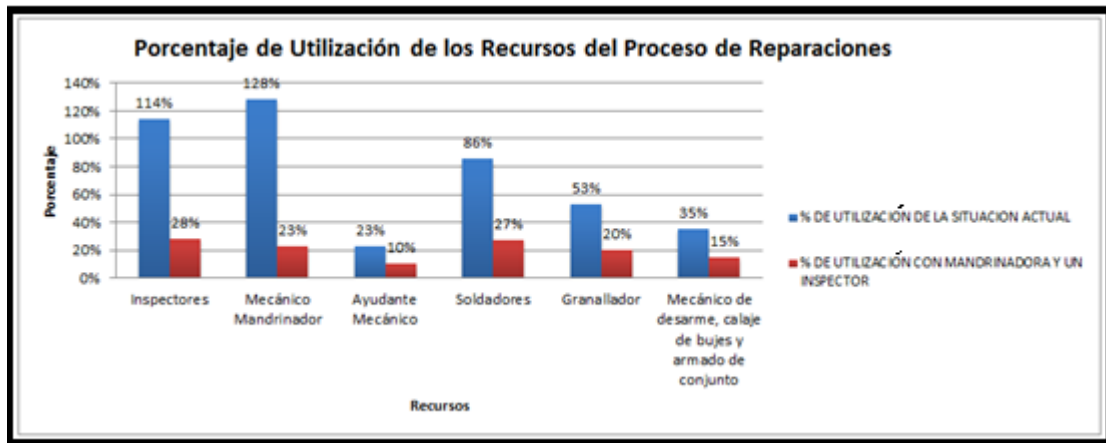


Gráfico 26: Utilización de Recursos del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

Del Gráfico 27, se puede observar la comparación del porcentaje de utilización de los recursos de la situación actual, con respecto al escenario 5, en conclusión se tiene que para la etapa de mecanizado, se logra una disminución de la utilización de los recursos en un 105% y para la etapa de control de calidad, se logra una disminución de la utilización de los recursos en un 86%.

3.4 Fase de Mejoras

En esta fase de la metodología DMAIC, se procede a proponer las mejoras adecuadas, para ayudar a una mejor gestión en el área de planificación y producción de la empresa, específicamente en el área de reparaciones. A continuación se procederá a resumir las propuestas de mejoras, para atacar las causas raíces identificadas en el diagrama de Pareto en la fase de análisis.

	CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN PROPUESTA
1	No sé sabe la capacidad del proceso de reparación.	Actualmente la empresa no sabe cuántos componentes puede reparar mensualmente con los recursos disponibles en el área, frente a una determinada llegada de componentes.	Proponer un modelo de simulación mediante software Arena, escogiendo el mejor escenario simulado.
2	No existe un sistema visual para el establecimiento de metas y el control de los tiempos en las etapas del proceso.	Actualmente la empresa no lleva un control visual de los tiempos en cada etapa del proceso, el cual no permite establecer metas a corto plazo en la reparación de los componentes.	Proponer un sistema de control visual de procesos mediante un temporizador en Excel.
3	Falta de control en la etapa de reparación y falta de medición de registro de reprocesos.	Actualmente la empresa no lleva un control detallado, del estado en que se encuentran los componentes en proceso. Esto no permite medir el avance real de los componentes.	Proponer estatus de los componentes mediante planillas en Excel.
4	Falta de información del proceso de reparación.	Actualmente la empresa no detalla las etapas del proceso de reparación en la orden de servicio.	Proponer un rediseño de la orden de servicio, en donde se integren las etapas del proceso de reparación.

Tabla 22: Resumen de Propuestas de Solución
Fuente: Elaboración Propia

Considerando las cinco causas raíces detalladas en la Tabla 22, se estará atacando al 80% de los problemas que enfrenta la empresa.

3.4.1 Propuesta de Mejora N°1

3.4.1.1 Verificación de Estatus de Componentes en Excel

La siguiente propuesta de mejora va a complementar al análisis de la situación actual, ya que para levantar la información fue necesario elaborar diagramas de procesos de los componentes más demandados con sus respectivos tiempos. La verificación de estatus es una labor del planificador de reparaciones y actualmente se realiza de una manera muy ligera y sin resultados concretos, por lo que ayudará a controlar el proceso y tomar decisiones, como por ejemplo: en la asignación de recursos o poder establecer mayor prioridad a un componente si el plazo por contrato se aproxima, tomando como referencia el % de avance real.

Estas hojas de verificación de estatus por componente, comprende: el diagrama de procesos detallado con sus respectivos tiempos, tiempo total del proceso y tiempo total con reproceso, proceso en que se encuentra el componente, el área específica, el trabajador que está operando, el porcentaje de avance del proceso normal, el porcentaje de avance con reproceso, el tipo de cliente, la persona que lo revisó, la fecha actual, la fecha de contrato u orden de compra, la hora de revisión y finalmente se detalla el número de orden de servicio.

La propuesta puede ser llevada a cabo por el planificador de reparaciones o el mecánico líder, los que irán verificando el estado en que se encuentra el componente en terreno, con las hojas de verificación de estatus, para luego pasar la información en las planillas de Microsoft Excel, las cuales arrojarán los porcentajes de avance del proceso normal y el porcentaje de avance con reproceso si existiera.


Las hojas de verificación de estatus, se llevarán a cabo mediante Microsoft Excel, las cuales permitirán realizar el seguimiento con respecto al tiempo, en cada etapa del proceso de reparación de una forma más automatizada, debido a que dentro de la planilla de estatus, se consideran listas desplegadas para: el tipo de cliente, el proceso, el área y el lugar; lo que permitirá un manejo más rápido de la información. Además se establece una fórmula para el cálculo de los porcentajes de avances, el cual solo habrá que ingresar los tiempos de cada etapa del proceso.

El estatus de los componentes permitirá al Planificador determinar, el avance real de un proceso normal de reparación, el cual se calculará ingresando el tiempo promedio de referencia, que se muestra en el formulario de estatus, en cada etapa del proceso hasta donde se encuentre el componente, luego se sumarán estos tiempos para ser divididos por el tiempo total del proceso normal; en consecuencia se obtendrá el porcentaje de avance real del proceso.

Por otro lado, si el componente se encuentra en una etapa con reproceso, se establecerá el mismo procedimiento anterior, con la diferencia de que el tiempo sumado será hasta donde se encuentre el componente con reproceso, luego se dividirá por el tiempo total con reproceso; en consecuencia se obtendrá el porcentaje de avance real con reproceso.

Finalmente la hoja de verificación de estatus, es un formulario que permitirá gestionar y controlar el proceso en forma real, ayudando al Planificador llevar un registro que servirá para la toma de decisiones oportuna, es decir; dar énfasis a los procesos más urgentes y cumplir con los plazos pactados con los clientes y tener un mejor control del proceso.

A continuación, se muestra un ejemplo de las hojas de verificación de estatus para un picaporte acero al manganeso, en el Anexo 16.1 se muestran las otras hojas para los componentes analizados.

ESTATUS PICAPORTE ACERO AL MANGANESO																		
Revisó																		
Fecha Actual		08-06-2016																
Hora de Revisión																		
TIPO PROCESO			PROCESO NORMAL						REPROCESO				PROCESO NORMAL	TIEMPO TOTAL PN	TIEMPO TOTAL RP	ESTATUS		
TIEMPO PROMEDIO (Hrs)			1,49	4,04	9,45	2,42	1,97	4,27	2,84	0,73	0,59	1,28	2,93	26,57	32,00			
# TAREAS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
N°	N° OS	Cliente	Limpieza	Inspección Inicial	Recuperación con Soldadura	Mecanizado Final	Pulido Final	Inspección Final	Soldar Indicaciones	Mecanizado c/reproceso	Pulido c/reproceso	Inspección Final c/reproceso	Marcaje, Pintura y Embalaje	% Avance Proceso Normal	% Avance con Reproceso	Proceso	Área	Lugar
1	20271	THYSSENKRUPP	1,49	4,04	9,45	2,42	1,97	4,27	2,84					88,97%	82,73%	Soldadura	Rep.	SOL01
2														0,00%	0,00%			
3														0,00%	0,00%			
4														0,00%	0,00%			
5														0,00%	0,00%			
6														0,00%	0,00%			
7														0,00%	0,00%			
8														0,00%	0,00%			
9														0,00%	0,00%			
10														0,00%	0,00%			

FIRMA REVISÓ

Tabla 23: Estatus de Picaportes de Acero al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la Tabla 24, se puede observar los tiempos totales del proceso normal, los cuales son 26,57 horas, equivalentes a 3 días laborales, y el tiempo total del reproceso igual a 32,00 horas, equivalentes a 4 días laborales. Estos tiempos fueron medidos en terreno a seis picaportes al manganeso, resultado un tiempo promedio de referencia.

Por otro lado según las indicaciones de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción se considera un 30% de reproceso respecto al tiempo promedio de reparación en cada etapa de un picaporte al manganeso.

3.4.1.2 Rediseño de la Orden de Servicio

Actualmente la empresa Forjados S.A, por política lleva un registro para realizar la reparación de un componente mediante una orden de servicio. Esta va avanzando en conjunto al proceso de reparación y tiene por objetivo que el componente lleve un número de identificación. A este documento se adjunta información complementaria, como: el plano con las dimensiones del componente en las tres vistas principales, una hoja de inspección que debe llenar control de calidad y el desarme del conjunto en 3D.

Al analizar estas órdenes de servicio, se puede observar en la Ilustración 35, que falta información con respecto a los tiempos y procedimientos del proceso, ya que solo lleva los controles de calidad y tratamientos térmicos que se le realizan al componente; por lo que no se puede llevar un control de los tiempos efectivos.

El objetivo de esta propuesta es, detallar dentro de la orden de servicio el procedimiento de la reparación de los componentes, considerando los tiempos promedios de referencia en cada etapa del proceso. La propuesta se llevará a cabo por los trabajadores del área, ya que ellos tendrán que registrar los tiempos de inicio y término en cada etapa del proceso, para que así se lleve un mejor control de los tiempos y puedan dar respuestas claras en relación al tiempo de reparación a las demás gerencias.

Esta propuesta integra el detalle del proceso, tiempos estimados de cada etapa del proceso, fecha de inicio de la operación, hora de inicio, fecha de término de la operación, hora de término; mejorando así la gestión del proceso de reparación, ya que aporta más información para la toma de decisiones, debido a que se pueden establecer metas, objetivos y retroalimentación entre los trabajadores.

A continuación se muestra en la Ilustración 35, un ejemplo de la orden de servicio actual de un picaporte al manganeso y luego se muestran las órdenes de servicios con mejoras.


CLIENTE: MINERA ESCONDIDA				OT :	20276						
DESCRIPCION: PICAPORTE AL MANGANESO				Fecha de Entrega:	06-04-2016						
				Fecha de Ingreso :	31-03-2016						
CANT.: 1	MATERIAL:		PLANO N: FOR-334.575-6T								
INSPECCION			FORJADO								
L. Penetrantes	X	Ultrasonido	X	Normalizado	Fully Annealed						
Prop. Mecánicas		P. Magnética		Templado	Alivio de Tensiones						
Metalografía		Dimensional	X	Revenido	Recocido						
Dureza	X	Otros		Temple a la Llama	Otros						
		<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SUPERVISOR DE REPARACIONES</td> </tr> <tr> <td></td> <td>GERENCIA OPERACIONES</td> </tr> </table>				FECHA	APROBADO		SUPERVISOR DE REPARACIONES		GERENCIA OPERACIONES
FECHA	APROBADO										
	SUPERVISOR DE REPARACIONES										
	GERENCIA OPERACIONES										

Ilustración 35: Orden de Servicio de un Picaporte al Manganeso
Fuente: Empresa Forjados S.A.

A continuación, se muestra un ejemplo del rediseño de las órdenes de servicio para un conjunto padlock, en el Anexo 16.2 se muestran los otros rediseños de las órdenes de servicio para los componentes analizados:


CLIENTE:				OT:		
DESCRIPCION: CONJUNTO PADLOCK			Fecha de Entrega			
			Fecha de Ingreso			
CANT.:			PLANO N.:			
INSPECCION			GD.			
			OBS.			
L. Penetrantes	X	Ultrasonido	X	Normalizado		
Prop. Mecánicas		P. Magnética	X	Templado		
Metalografía		Dimensional	X	Revenido		
Dureza	X	Otros		Temple a la Llama		
N°	Proceso	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término
1	Desarme del conjunto Padlock	143				
2	Limpieza del conjunto Padlock	271				
3	Inspección Inicial por Control de Calidad	639				
4	Torchado de Bujes	202				
5	Recuperación por soldadura	1325				
6	Mecanizado	639				
7	Pulido Intermedio	214				
8	Inspección general del proceso	76				
9	Calsaje de Bujes	404				
10	Soldadura Unión de Bujes	256				
11	Pulido Final	205				
12	Inspección final de Control de Calidad	375				
13	Armado de Conjunto Padlock	272				
14	Marcado	34				
15	Pintura	247				
16	Embalaje	66				
FECHA		APROBADO				
//___		SUPERVISOR REPARACIONES				
		GERENCIA OPERACIONES				

Ilustración 36: Rediseño de la Orden de Servicio de un conjunto Padlock

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2 Propuesta de Mejora N°2

3.4.2.1 Sistema de Control Visual de Procesos mediante Temporizador en Excel

Esta propuesta, es una herramienta que ayudará a gestionar y controlar el proceso de forma visual, para que el planificador como el mecánico líder, tengan una visualización general de los tiempos de reparación de cada etapa del proceso de los componentes en estudio.

Este temporizador fue realizado en Microsoft Excel, por medio de programación Visual Basic (Petroustos, 2000); el cual es un lenguaje de programación que ofrece un ambiente gráfico de desarrollo para las aplicaciones en el sistema operativo Microsoft Windows. Estas aplicaciones creadas con Visual Basic, están basadas en objetos y manejadas por eventos.

La programación se realizó, definición de las variables a utilizar, para posterior realizar tres programaciones por cada botón de inicio del proceso y parar del proceso de temporización.

La programación de macros de Excel en Visual Basic (Padin, 2008), ayudarán automatizar tareas, en las cuales se pueden realizar tareas repetitivas. En el Anexo 10, se muestra la definición de variables y la programación de los comandos que se realizó para esta propuesta.

Para esta propuesta, los componentes medidos se dividirán por recuadros, donde se detallan: el proceso del componente, programador del temporizador, horas estimadas del proceso, número de orden de servicio, los tipos de clientes, las etapas de reparación de cada componente, un recuadro para dar inicio al proceso, un recuadro para parar el proceso y el tiempo en el temporizador.

Esta propuesta servirá como herramienta para llevar un mejor control y gestión de los tiempos de cada etapa del proceso de reparación, donde se medirán nueve componentes distintos en paralelo en una planilla de Excel, los cuales serán monitoreados por computadores. Este control, se realizará con un temporizador, que es un dispositivo, con frecuencia programable y a medida que trascurra el tiempo de cada etapa del proceso, va a llegar a cero o podrá ser parado por el planificador o el mecánico líder cuando se estime conveniente, ayudando a controlar los tiempos, logrando así una mejor gestión y eficiencia del proceso. El control de los tiempos comienza cuando el trabajador inicia la etapa del proceso y el encargado de control, inicia la etapa del proceso con el temporizador.

Es importante destacar que el programador del temporizador, puede ser modificado, ingresando las horas que estime conveniente la dirección, según los objetivos de la producción del mes. Además esta propuesta es adaptable a cualquier situación que enfrente el área, debido a que posee listas desplegables para los distintos componentes, las etapas del proceso, el tipo de cliente, permitiendo un manejo más rápido de la información.

Los supervisores y jefes del área de reparación tendrán la labor de ir informando sobre el control de estos tiempos, con el objetivo de que los trabajadores de la planta se programen y puedan reparar los componentes en los tiempos estimados, logrando incentivarlos para que cumplan las metas de la gerencia.

El Excel que se propone se debe utilizar de la siguiente manera:

- 1- Al abrir el Excel, pedirá una clave de acceso, la cual es: FORJADOS1
- 2- Para desproteger la hoja de cálculo, pedirá una clave de acceso, la cual es: FORJADOS2
- 3- Para desproteger el libro, pedirá una clave de acceso, la cual es FORJADOS3
- 4- Para ingresar a la programación de Visual Basic, pedirá una clave de acceso, la cual es: FORJADOS4
- 5- Se deben llenar los campos de color celeste, para llevar un buen seguimiento.
- 6- Todos los campos ofrecen listas desplegables, excepto: Programar el temporizador (Ej.: 09:35:20) y N° OS (Ej: 20165)
- 7- Se puede iniciar el seguimiento al componente con la tecla: INICIO DE PROCESO
- 8- Se puede parar el seguimiento al componente con la tecla: PARAR PROCESO
- 9- El temporizador no volverá a cero a excepción que lo programe en: PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR, con el formato (hh:mm:ss) Ejemplo: 00:00:00
- 10- Al elegir un determinado componente y luego su determinado proceso en que se encuentra, el controlador le ofrecerá, HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO, las cuales fueron medidas en terreno.
- 11- Para visualizar en pantalla completa los temporizadores, se debe realizar lo siguiente: Vista>Vistas de libro>Pantalla completa
- 12- Para salir de la pantalla completa debe pulsar la tecla "ESC".
- 13- Este controlador de proceso está programado para visualizar el tiempo de proceso de 9 componentes simultáneamente.
- 14- Este controlador de procesos en Excel está simulando un sistema Andon Visual.
- 15- Si por alguna razón, las horas estimadas, no son representativas al tiempo que tarda el proceso, se debe realizar el siguiente proceso para modificarla:
 - a- Revisar>Cambios >Proteger Libro (Clave: FORJADOS3)
 - b- Dirigirse a hoja de cálculo "Clientes Importantes" y realizar click derecho e ir a la opción "Mostrar." y luego dar click en "PROCESO_EN_GENERAL".
 - c- Finalmente dirigirse a la celda y modificar el tiempo que presenta error.

El sistema de control visual del proceso mediante temporizador se detalla a continuación:

PROCESO_PICAPORTE_4340	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_FRENO S_HIBRIDOS	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
PULIDO PICAPORTE 4340	2:48:00	2:48:00	20168	COLLAHUASI	INSPECCION FINAL PADLOCK	6:15:00	6:15:00	20171	MINERA DOÑAINES DE COLLAHUASI	SOLDADURA UNION DE BLUES FRENO	2:48:00	2:48:00	20174	THYSENKRUPP ACEROS Y SERVICIOS S.A.
INICIO DE PROCESO	2:48:00				INICIO DE PROCESO	6:15:00				INICIO DE PROCESO	2:48:00			
PARAR PROCESO					PARAR PROCESO					PARAR PROCESO				
PROCESO_BALANCI N_335	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_FRENO S_HIBRIDOS	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_PICAPORTE_MN	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
SOLDADURA BALANCIN	5:53:00	5:53:00	20169	ANGLO AMERICAN SUR	INSPECCION INICIAL FRENO	8:24:00	8:24:00	20172	ANGLO AMERICAN SUR S.A.	MECANIZADO PICAPORTE AL MN	2:25:00	2:25:00	20175	MINERA DOÑAINES DE COLLAHUASI
INICIO DE PROCESO	5:53:00				INICIO DE PROCESO	8:24:00				INICIO DE PROCESO	2:25:00			
PARAR PROCESO					PARAR PROCESO					PARAR PROCESO				
PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_PICAPORTE_4340	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE	PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
PULIDO GENERAL PADLOCK	3:34:00	3:34:00	20170	COLLAHUASI	LIMPIEZA PICAPORTE 4340	1:34:00	1:34:00	20173	AUSTIN INGENIEROS	TORCHADO DE BLUES PADLOCK	2:48:00	2:48:00	20176	CERRO COLORADO
INICIO DE PROCESO	3:34:00				INICIO DE PROCESO	1:34:00				INICIO DE PROCESO	2:48:00			
PARAR PROCESO					PARAR PROCESO					PARAR PROCESO				

Ilustración 37: Sistema de Control Visual de Procesos
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 37, se puede observar la propuesta del sistema de control visual de procesos en Excel de los distintos componentes. Además se muestran los temporizadores que están controlando el tiempo de cada etapa del proceso.

PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
<ul style="list-style-type: none"> PROCESO PICAPORTE 4340 PROCESO PICAPORTE MN PROCESO PADLOCK PROCESO BALANCI N 335 PROCESO FRENO S HIBRIDOS 	6:15:00	6:15:00	20171	MINERA DOÑAINES DE COLLAHUASI
INICIO DE PROCESO	6:15:00			
PARAR PROCESO				

Ilustración 38: Lista Desplegable de cada Componente
Fuente: Elaboración Propia

PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
INSPECCION FINAL PADLOCK	6:15:00	6:15:00	20171	MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI
<ul style="list-style-type: none"> DESARME DE PADLOCK LIMPIEZA DE PADLOCK INSPECCION INICIAL PADLOCK TORCHADO DE BUJES PADLOCK SOLDADURA PADLOCK MECANIZADO PADLOCK PULIDO GENERAL PADLOCK INSPECCION GENERAL PADLOCK 	<div style="border: 2px solid orange; padding: 10px; font-size: 2em; font-weight: bold; color: orange;">6:15:00</div>			
<input type="button" value="PARAR PROCESO"/>				

Ilustración 39: Lista desplegable de la Etapa del Proceso de Reparación
Fuente: Elaboración Propia

PROCESO_PADLOCK	PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR	HORAS ESTIMADAS DEL PROCESO	N° OS	CLIENTE
INSPECCION FINAL PADLOCK	6:15:00	6:15:00	20171	MINERA DOÑA INES DE COLLAHUASI
<input type="button" value="INICIO DE PROCESO"/>	<div style="border: 2px solid orange; padding: 10px; font-size: 2em; font-weight: bold; color: orange;">6:15:00</div>			
<input type="button" value="PARAR PROCESO"/>				

Ilustración 40: Lista Desplegable de los Clientes de Forjados S.A.
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Propuesta de Mejora N°3

3.4.3.1 Elección del Mejor Escenario 5

En este apartado se describe la propuesta del mejor escenario, el cual fue seleccionado en la fase de análisis de la metodología DMAIC, resultando como mejor escenario; el escenario 5.

La propuesta de mejora del Escenario 5, consiste en proponer una máquina Mandrinadora nueva en el área de reparaciones, que trabaje paralelamente a la que ya tiene la empresa, ayudando al proceso de mecanizado. Además se propone contratar a un mecánico industrial para que opere la máquina. Esta Mandrinadora ayudará al proceso, ya que se eliminará el cuello de botella en esta etapa, logrando así mecanizar más componentes y en menores tiempos de esperas.

Por otro lado se contratará a un inspector de control de calidad, el cual ayudará a inspeccionar más componentes, ya que aumentará el flujo en la etapa de inspección final, debido a que se mecanizaran más componentes con la nueva maquinaria. Con este inspector adicional, se pretende evitar los cuellos de botellas en esta etapa y también se pretende establecer un equilibrio de flujo de los componentes entre las etapas de mecanizado e inspección final de control de calidad.

Esta propuesta tiene por objetivo, mejorar los tiempos finales de reparación, disminuyendo los tiempos de esperas, logrando un proceso más estable y aumentando la capacidad de reparación de los componentes y en consecuencia dar una respuesta más realista y rápida al cliente con respecto a los plazos de entrega.

A continuación, se muestran las etapas del proceso de reparación con la propuesta del escenario 5, donde se detallan la integración de una Mandrinadora con su respectivo trabajador y un inspector de calidad adicional dentro de las etapas de inspección.

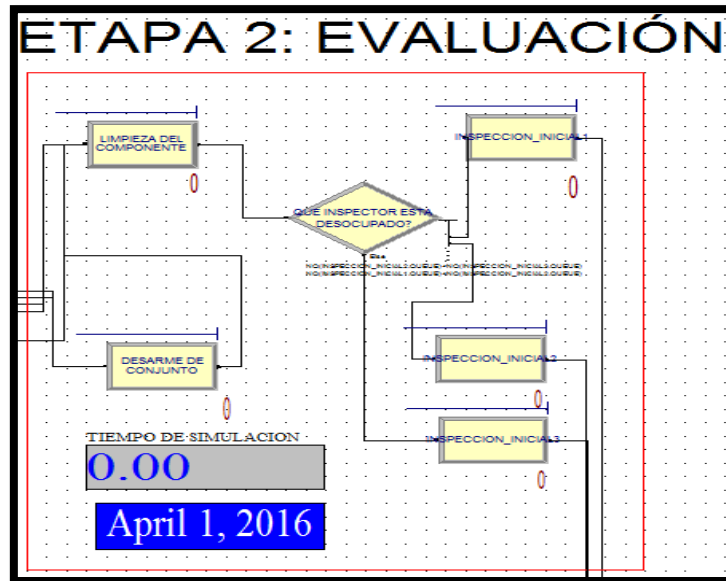


Ilustración 41: Etapa de Evaluación del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 41, se observa la integración de un inspector de control de calidad, para la etapa de evaluación, como INSPECCION_INICIAL3.

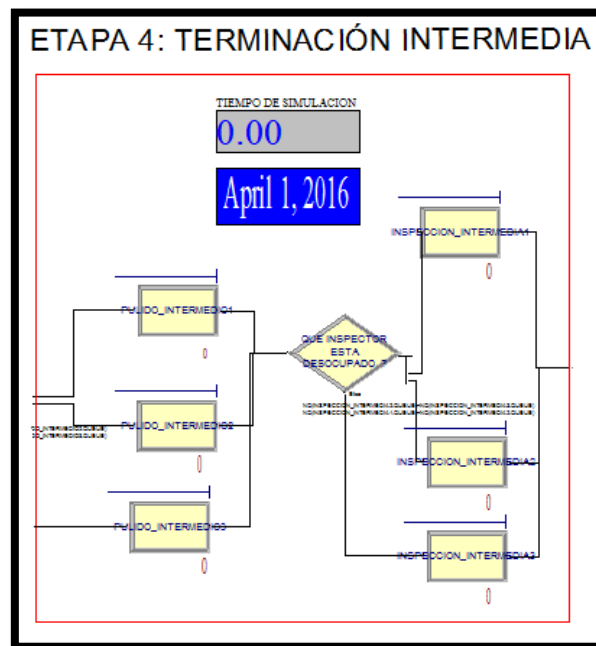


Ilustración 42: Etapa de Terminación Intermedia del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 42, se observa la integración de un inspector de control de calidad, para la etapa de terminación intermedia, como INSPECCION_INTERMEDIA3.

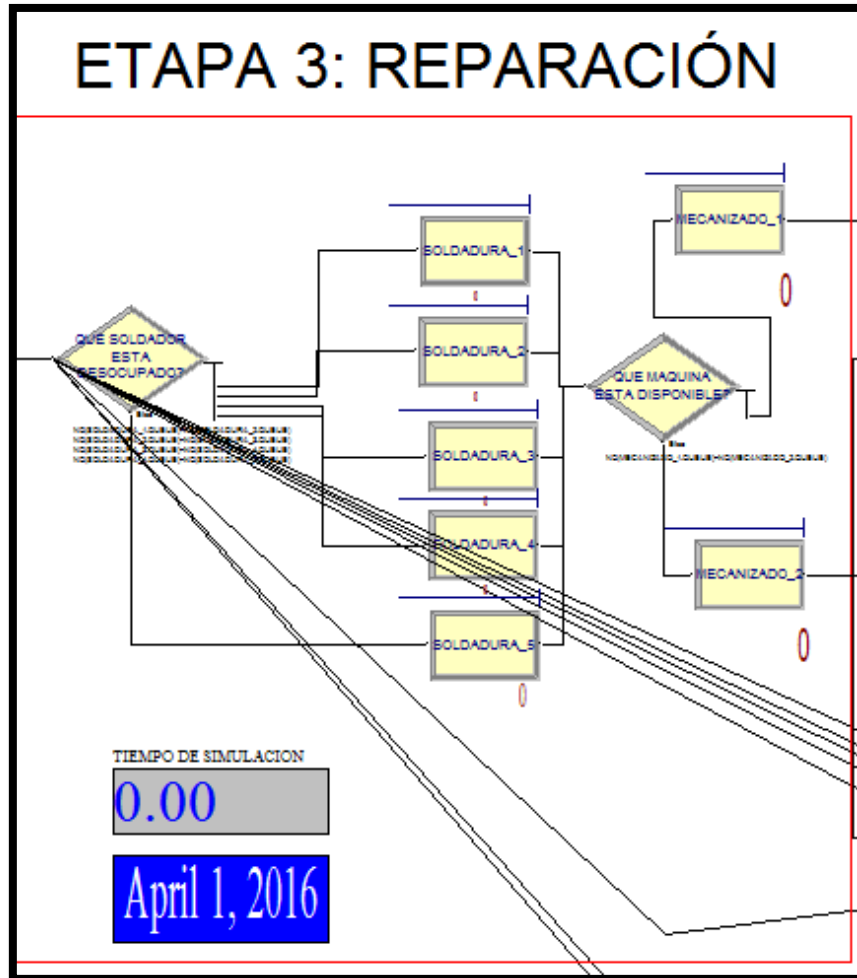


Ilustración 43: Etapa de Reparación del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 43, se observa la integración de una Mandrinadora con su respectivo trabajador para la etapa de reparación, como MECANIZADO_2.

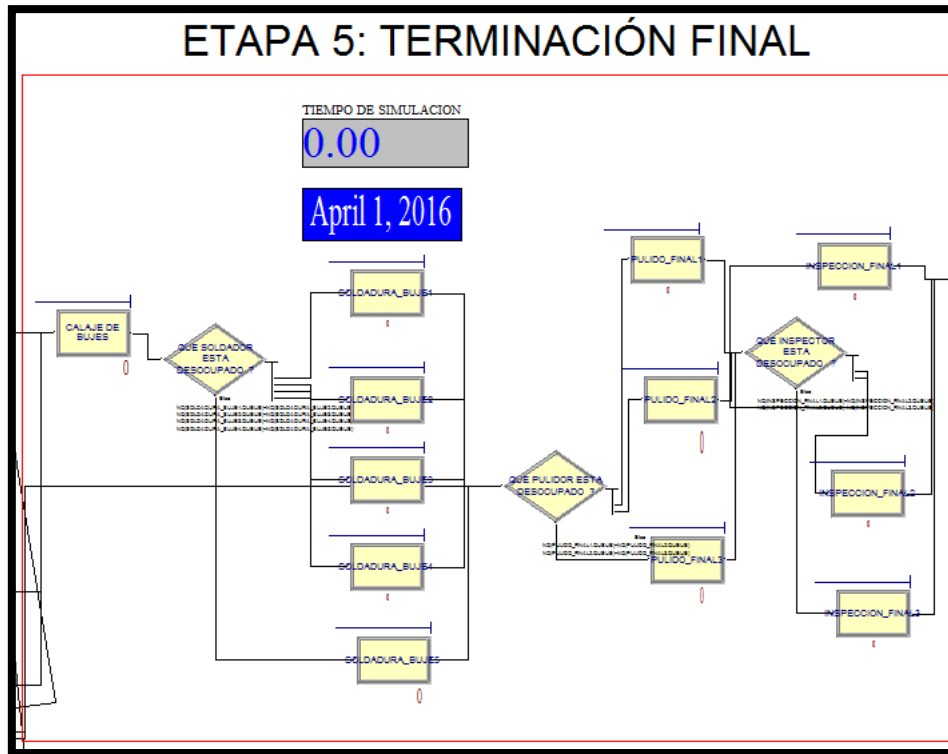


Ilustración 44: Etapa de Terminación Final del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 44, se observa la integración de un inspector de control de calidad, para la etapa de terminación final, como INSPECCION_FINAL3.

Es importante destacar, que en las Ilustraciones anteriores solo se integra un inspector de calidad, el cual realiza las tres etapas de inspección de control de calidad de acuerdo al avance de las etapas del proceso de reparación de un componente.

3.4.4 Validación de las Propuestas de Mejoras

En este apartado se analizarán la validación de las propuestas de mejoras, las cuales se basarán de acuerdo a la situación actual que enfrenta el área de reparaciones y también se tomará en consideración el levantamiento de información del área.

Propuesta de Mejora N°1: Estatus de los Componentes.

Actualmente la empresa no lleva un control de estatus en planillas de Excel que permita medir el avance real de los componentes, tanto del proceso normal como con reproceso, en relación a los tiempos de reparación. La empresa solo lleva un registro donde se detalla el nombre de la etapa del proceso en que se encuentra el componente, en una columna del plan maestro de reparaciones, por lo que se toma muy a la ligera y sin resultados concretos. Por otro lado, las dos causas principales registradas en el diagrama de Pareto, validan esta propuesta. La primera es la falta de control en la etapa de reparación y la segunda es la falta de registro de medición de tiempos de procesos. Finalmente, se explicó esta propuesta al Sub-Gerente de Planificación y Producción, el que quedó conforme.

Propuesta de Mejora N°1: Rediseño de la Orden de Servicio.

De acuerdo a la situación actual y en relación a una de las causas del diagrama de Pareto, una causa es la falta de información con respecto al proceso de reparación, en las ordenes de servicio, es por esta razón que se valida esta propuesta, integrando el proceso en detalle y con los tiempos aproximados que fueron medidos en terreno. Además, se explica esta propuesta el Sub-Gerente de Planificación y Producción, el cual se encontró conforme con la nueva planilla de la orden de servicio.

Propuesta de Mejora N°2: Sistema de Control Visual de Procesos Mediante Temporizador.

Una de las principales deficiencias que enfrenta el área de reparación, es que no se han podido establecer metas y objetivos; en consecuencia se dan plazos de entrega que no son representativos al área de ventas. Además, otras causas dentro del diagrama de Pareto, es que no existe un sistema visual de los tiempos, debido a estas razones es que se válida esta propuesta de mejora y cumple con el objetivo principal, que es mejorar la gestión de procesos, por medio del control y medición de tiempos en cada etapa del proceso de reparación. Finalmente, se explicó esta propuesta al Sub-Gerente de Planificación y Producción, el que consideró viable este sistema de control visual, mediante un temporizador.

Propuesta de Mejora N°3: Elección del Escenario 5

Para validar esta propuesta, se establece la comparación de la simulación del escenario actual con respecto al escenario 5, de acuerdo a los resultados obtenidos con software Arena.

	ESCENARIO 1: SITUACIÓN ACTUAL	ESCENARIO 5	INCIDENCIA	CONDICIÓN
COMPONENTES EN PROCESO	12	3	75%	DISMINUYE
TIEMPOS DE ESPERA (DÍAS)	12,48	6,57	47%	DISMINUYE
UTILIZACIÓN DEL RECURSO DE MECANIZADO	128%	23%	105%	DISMINUYE
UTILIZACIÓN DEL RECURSO DE INSPECTOR DE CALIDAD	114%	28%	86%	DISMINUYE

Tabla 24: Comparación de Escenario 1 V/S Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la Tabla 25, se puede observar que con el escenario 5, se logran disminuir los componentes en proceso, en un 75%, los tiempos de espera disminuyen en un 47%, la utilización del recurso de mecanizado disminuye en un 105% y finalmente la utilización del recurso de inspección disminuye en un 86%.

En resumen se tiene que los puntos analizados, son favorables para este escenario 5, bajo estos parámetros se válida la propuesta N°3.

3.5 Fase de Control

Una vez que se han propuesto las mejoras, esta fase nos ayudará a monitorizar el proceso para medir su rendimiento, con el fin de ajustarlo y mantenerlo estable, predecible y tratando de cumplir los requisitos del cliente.

Esta fase tiene por objetivo, establecer un control para las propuestas de mejoras, logrando que sean sostenibles en el tiempo, para así asegurar que las mejoras sean viables durante el proceso de reparación de los componentes y en consecuencia asegurar un mejor control y gestión del proceso.

Para llevar el control de las propuestas de mejoras detalladas en la fase anterior, se diseñaron planillas de control para cada una, en estas planillas se detallan el tipo de propuesta, los encargados de realizar la ejecución, el encargado de realizar el control, los beneficios de la propuesta y finalmente el control que se realizará.

Finalmente se detallará un procedimiento para llevar a cabo las tres propuestas, lo que ayudará a los jefes del área a seguir un procedimiento estándar de cómo y dónde se deben llevar a cabo.

A continuación, se muestra un ejemplo de las planillas de control para la Propuesta N°1 con respecto al Estatus de los componentes en Excel, en el Anexo 17 se muestran las otras planillas de control para el Rediseño de la orden de servicio, Sistema de control visual de procesos mediante temporizador en Excel y la elección del mejor escenario 5.


		VERSIÓN: 1
		PAGINA: 1 DE 2
		AUTORES: OSCAR ARRAGADA Y GABRIEL SEPÚLVEDA
Propuesta N°1	Estatus de componentes en excel	
Encargado N°1 de Ejecución	Planificador de reparaciones (Carlos Caiceo)	
Encargado N°2 de Ejecución	Mecánico líder (José Fernández)	
Encargado del Control	Sug-Gerente de reparaciones (Nelson Ortiz)	
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> -Estimar el tiempo de avance real de los componentes en proceso. -Priorizar componentes que tengan orden de compra aprobado o contrato. -Estimar el tiempo restante de reparación. -Medir el avance real con proceso normal y con reprocesos. -Llevar un registro semanal del avance. -Ayuda a tener una visión general del proceso. 	
Control	<p>El encargado N°1 de ejecución, debe llevar un registro semanal e ir actualizandolo en excel maestro de reparaciones. que se encuentra en la base de datos del servidor.</p> <p>En caso de que el encargado N°1 de ejecución no se encuentre, asume el encargado N°2 de ejecución y entrega semanalmente el estatus de los componentes al encargado de control.</p> <p>El encargado del control deberá actualizar el excel con los avances reales de los componentes. Además debe verificar si el componente se encuentra con reproceso, para visualizar el tiempo que tardará el componentes en proceso.</p>	
Autorizado por:		
Fecha:		

Tabla 25: Planilla de Control de Estatus de Componentes en Excel
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

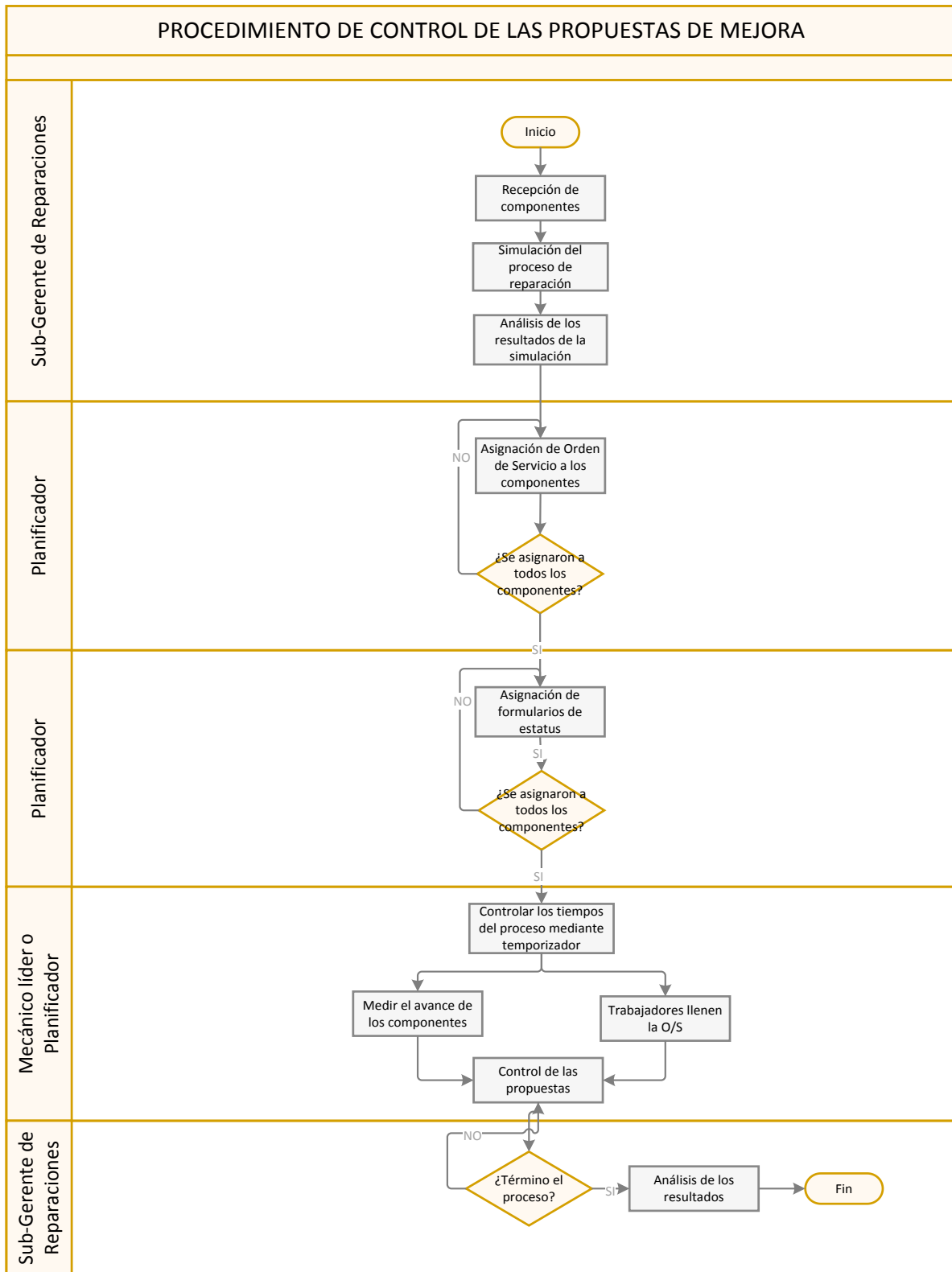


Figura 17: Procedimiento de Control de las Propuestas de Mejora
 Fuente: Elaboración propia en Software Visio

3.5.1 Determinación del Sigma del Proceso con las Propuestas de Mejoras

Para el cálculo del sigma del proceso de reparaciones con mejoras, se consideraron los tiempos promedios de esperas de cada etapa. Además para realizar la comparación del sigma del proceso actual con el del sigma del proceso con mejoras, se consideró según lo evaluado con el Sub-Gerente de Planificación y Producción, que los límites de especificación inferior sean 0 días y los límites de especificación superior sean 2 días, considerando las exigencias del cliente.

MANDRINADORA CON UN INSPECTOR	
PROCESOS	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)
DESARME DE CONJUNTO	1,9575
LIMPIEZA DE COMPONENTE	2,0676
INSPECCIÓN INICIAL	1,2773
ALIVIO DE TENSION	0,0000
TORCHADO DE BUJES	0,4778
PROCESO DE SOLDADURA	0,4961
MECANIZADO	0,2968
PULIDO INTERMEDIO	0,2177
INSPECCIÓN GENERAL	0,3879
CALAJE DE BUJES	0,3889
SOLDADURA DE UNION DE BUJE	0,4138
PULIDO FINAL	0,1888
INSPECCIÓN FINAL	0,8819
ARMADO DE CONJUNTO	0,3861
MARCAJE	0,6039
PINTURA	0,4080
EMBALAJE	0,7152
PROMEDIO	0,6568
LIMITE DE ESPECIFICACION INFERIOR	0
LIMITE DE ESPECIFICACION SUPERIOR	2

Tabla 26: Tiempos de Espera del Proceso con Mejoras
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 27, se muestra los tiempos de espera del proceso de reparaciones de la situación con mejoras, donde se obtiene un promedio de 0,6568 días.

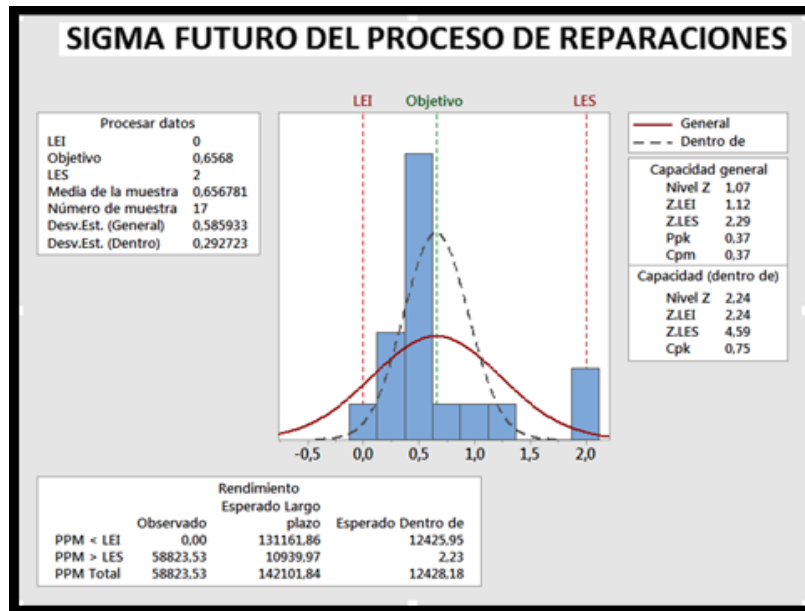


Ilustración 45: Sigma del Proceso de Reparaciones con Mejoras
Fuente: Elaboración propia con Minitab 17

Según el informe de Minitab 17, se tiene que el sigma del proceso de reparaciones es de 1,07, esto implica que existe 142.101,84 defectos por millón de oportunidades totales a largo plazo, el cual implica que a largo plazo por cada millón de tiempos de esperas medidos en la simulación del proceso, se van a tener 142.101,84 defectos que van a quedar fuera de los límites de especificación. Esto es una manera de pronosticar el comportamiento del proceso de reparaciones en base a la media y la desviación estándar frente a los límites de especificación.

Por otro lado con el sigma del proceso con mejoras que arrojó el software Minitab 17, se calculó el rendimiento del proceso, interpolando el sigma obtenido, según los datos de la Tabla que se muestran en el Anexo 13.

El rendimiento obtenido del proceso para un sigma igual a 1,07 es de 33,42% con las mejoras realizadas. Lo anterior se resume en la Tabla 28:

	SIGMA DEL PROCESO	DPMO	RENDIMIENTO DEL PROCESO
SITUACION ACTUAL DEL PROCESO	0,61	270.266,38	18,68%
PROCESO CON PROPUESTAS DE MEJORAS	1,07	142.101,84	33,42%
PORCENTAJE	75,41%	47,42%	14,74%
INCIDENCIA	AUMENTA	DISMINUYE	AUMENTA

Tabla 27: Comparación del Sigma del Proceso Actual con el Proceso con Mejoras.
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 28, se puede observar que el sigma del proceso actual con respecto al sigma del proceso con mejoras aumenta en un 75,41%, lo que implica que los DPMO (Defectos por millón de oportunidades) disminuya en un 47,42%, esto quiere decir que los tiempos de esperas medidos con la simulación, se establecerán más datos que estarán dentro de los límites de especificación inferior y superior, disminuyendo los DPMO.

Finalmente se puede destacar, que el rendimiento del proceso mejora considerablemente en un 14,74%, es decir, pasa de un rendimiento del proceso actual de 18,68% a un 33,42% de rendimiento del proceso con las propuestas de mejoras. Además con este análisis, se cumple el objetivo de aumentar el sigma del proceso y disminuir los defectos por millón de oportunidades.

Capítulo N°4: Evaluación Económica de la Propuesta

A continuación se procederá a la evaluación económica tanto de la situación actual de la empresa Forjados S.A, como de la evaluación económica con las propuestas de mejoras, para comparar el impacto que va a tener en la situación financiera de la empresa. Este análisis se realizará mediante el indicador financiero VAC (Valor Actual de los Costos).

Antes de empezar con las evaluaciones económicas, se describirán las tres propuestas de mejoras con respecto a que es lo que se va a cuantificar y que no se cuantificará.

Propuesta N°1: Esta propuesta tiene un costo de inversión de \$0, debido a que lo que se está proponiendo son formularios estandarizados de estatus de los componentes en Excel y también se propone el rediseño de la orden de servicio de reparaciones.

Propuesta N°2: Esta propuesta tiene un costo de inversión de \$0, debido a que lo que se está proponiendo es un sistema de control visual de procesos mediante un temporizador en Excel.

Propuesta N°3: Esta propuesta será financiada en un 100% a través de un crédito de \$67.551.792, que se realizará en un período de 5 años, se utilizará una tasa de interés del 17% anual, donde solo involucra el costo de la máquina Mandrinadora de \$67.551.792. Este tipo de financiamiento fue acordado con la empresa Forjados S.A. de acuerdo a la situación financiera que enfrenta y también de acuerdo a la facilidad de pago. Además se tiene un costo de sueldo adicional en un mecánico operador de la máquina de \$10.403.100 anuales y un costo de sueldo adicional en un inspector de calidad para el área de reparaciones de \$8.045.436 anuales.

Es importante destacar que para la situación del mecánico industrial, que será el operador de la máquina Mandrinadora y el inspector de control de calidad, se realizará costos en sueldos adicionales, durante los 5 próximos años de evaluación, ya que son trabajadores que estarán operando dentro de la empresa con contrato. Los sueldos de los trabajadores fueron consultados en el área de recursos humanos, los que nos entregaron los valores de sueldos promedios mensuales que se le pagan a un mecánico industrial, con un total de haberes de \$866.925 mensual y para un inspector de control de calidad, con un total de haberes de \$670.453 mensual. Además para el costo de la Mandrinadora, se realizó un análisis de tres cotizaciones, para luego elegir la mejor cotización que será financiada con 100% en crédito. Este análisis de costos de la Máquina Mandrinadora Convencional se detalla en el Anexo 11.

4.1 Evaluación Económica Sin Propuesta de Mejora

El objetivo de esta evaluación económica, es obtener la situación financiera actual que presenta la empresa y así tener un flujo de caja sin propuesta, para poder comparar qué tan viable es nuestra propuesta con el flujo de caja con propuesta. Además se verificará el impacto de los costos involucrados y la variación del indicador financiero VAC (Valor Actual de los Costos).

La evaluación económica, tendrá una proyección de 5 años tanto para el flujo de caja sin propuesta, como para el flujo de caja con propuesta.

Es importante destacar que se considerarán para el flujo de caja los costos a asociados en:

- Costos variables de venta: En estos costos se considera la mano de obra, la energía eléctrica, el gas, la lubricación, insumos, otros suministros, servicios de grúa, fletes, mantención, etc.
- Gastos de administración: En estos gastos se consideran los sueldos de trabajadores, gastos financieros, gastos de venta.
- Depreciaciones: Se considerarán las depreciaciones que tiene actualmente la empresa.
- Costos de multas por atrasos de los componentes analizados.

Por otro lado se calculó la tasa de descuento por el método del WACC, considerando Activos de \$711.702.900, Pasivos \$295.547.400, Patrimonio \$416.155.500. Además se consideró un porcentaje de financiamiento de los pasivos de un 14% y un porcentaje de financiamiento de patrimonio de un 21% determinadas en conjunto con la empresa Forjados S.A y también se tomó la tasa de impuesto a la renta del año tributario 2016 de un 22,5%, en consecuencia se obtuvo una tasa de descuento mediante el método del WACC de 16,79%.

Según el análisis que se realizó con el gerente de finanzas de la empresa, se proyectaron los costos, gastos y ventas para la situación del flujo de caja sin propuesta; los costos variables de ventas se consideró un aumento del 1,0% anual, los sueldos de los trabajadores un aumento del 1,5% anual, y para los gastos financieros, gastos de venta, se considera un aumento del 0,5% anual ,finalmente para la depreciación de activos fijos que presenta la empresa se consideró un aumento del 1,5% anual. Estos valores se obtuvieron mediante el análisis comparativo de los datos históricos que presenta la empresa Forjados S.A.

FLUJO DE CAJA SIN PROPUESTA	0	1	2	3	4	5
Costos variables de ventas		(167.289.600)	(168.962.496)	(170.652.121)	(172.358.642)	(174.082.229)
Sueldo de trabajadores		(196.218.710)	(199.161.991)	(202.149.421)	(205.181.662)	(208.259.387)
Sueldo adicional en mecánico mandrinador	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sueldo adicional en inspector de control de calidad	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos por multas de los componentes		(115.619.400)	(115.619.400)	(115.619.400)	(115.619.400)	(115.619.400)
Gastos financieros		(37.321.700)	(37.508.309)	(37.695.850)	(37.884.329)	(38.073.751)
Gastos de venta		(48.732.090)	(48.975.750)	(49.220.629)	(49.466.732)	(49.714.066)
Depreciación		(23.236.400)	(23.584.946)	(23.938.720)	(24.297.801)	(24.662.268)
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS		(588.417.900)	(593.812.892)	(599.276.141)	(604.808.567)	(610.411.101)
AHORRO DE IMPUESTO	\$	132.394.028	\$ 133.607.901	\$ 134.837.132	\$ 136.081.928	\$ 137.342.498
RESULTADO DESPUÉS DE IMPUESTOS		(456.023.873)	(460.204.991)	(464.439.010)	(468.726.639)	(473.068.603)
Depreciación	\$	23.236.400	\$ 23.584.946	\$ 23.938.720	\$ 24.297.801	\$ 24.662.268
Inversión en mandrinadora	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FLUJO NETO	\$ -	(432.787.473)	(436.620.045)	(440.500.289)	(444.428.838)	(448.406.335)
VAC		(1.412.443.986)				

Tabla 28: Flujo de Caja Actual de la Empresa Forjados S.A.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

De la Tabla 30, se puede observar el flujo de caja actual para el primer año de evaluación que presenta la empresa, que incide en diferentes costos y gastos de un total antes de impuesto de \$-588.417.900 anuales, un ahorro en impuestos de \$132.394.028 anuales, costos y gastos después de impuesto de \$-456.023.873 anuales y finalmente un flujo neto de \$-432.787.473

Dentro de los costos y gastos señalados anteriormente que influyen, se detallan los costos por multas por no cumplimiento en la entrega de los componentes analizados, que asciende a un total de \$-115.619.400 anuales.

Con respecto al indicador financiero que se presenta, se obtiene un VAC de \$-1.412.443.986, el cual representa el valor presente de los costos operacionales proyectados en 5 años, con respecto a la situación actual, es decir, la empresa deberá tener esa cantidad de dinero para solventar los gastos y costos asociados a la reparación de los componentes del área de reparaciones para los próximos 5 años, es decir, se tienen costos de \$-282.488.797,2 anuales para el área de reparaciones.

4.2 Evaluación Económica con Propuesta de Mejora

Para poder comparar ambos flujos de cajas se considerará el mismo horizonte de evaluación de 5 años.

Con respecto a esta evaluación económica, variarán los factores directamente relacionado con la propuesta de mejora con respecto al escenario 5, en donde habrá una disminución considerable de los costos anuales, ya que se eliminarán los costos por multas de los componentes y se detallarán los costos asociados a la propuesta del costo del 100% del crédito en una Mandrinadora y los costos adicionales de un mecánico mandrinador e inspector de control de calidad.

Las demás variables, se mantendrán con el porcentaje de aumento analizado con el gerente de finanzas de la empresa, que fueron expuestos en el análisis del flujo de caja sin propuesta de mejora.

FLUJO DE CAJA CON PROPUESTA	0	1	2	3	4	5
Costos variables de ventas		(167.289.600)	(168.962.496)	(170.652.121)	(172.358.642)	(174.082.229)
Sueldo de trabajadores		(196.218.710)	(199.161.991)	(202.149.421)	(205.181.662)	(208.259.387)
Sueldo adicional en mecánico mandrinador		(10.403.100)	(10.403.100)	(10.403.100)	(10.403.100)	(10.403.100)
Sueldo adicional en inspector de control de calidad		(8.045.436)	(8.045.436)	(8.045.436)	(8.045.436)	(8.045.436)
Costos por multas de los componentes		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos financieros		(37.321.700)	(37.508.309)	(37.695.850)	(37.884.329)	(38.073.751)
Gastos de venta		(48.732.090)	(48.975.750)	(49.220.629)	(49.466.732)	(49.714.066)
Depreciación		(23.236.400)	(23.584.946)	(23.938.720)	(24.297.801)	(24.662.268)
Depreciación mandrinadora		(4.503.453)	(4.503.453)	(4.503.453)	(4.503.453)	(4.503.453)
Valor libro de mandrinadora						(45.034.528)
Interés del Crédito		(11.483.805)	(9.846.629)	(7.931.134)	(5.690.004)	(3.067.882)
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS		(507.234.294)	(510.992.110)	(514.539.864)	(517.831.160)	(565.846.100)
AHORRO DE IMPUESTO		\$ 114.127.716	\$ 114.973.225	\$ 115.771.469	\$ 116.512.011	\$ 127.315.372
RESULTADO DESPUÉS DE IMPUESTOS		(393.106.578)	(396.018.885)	(398.768.394)	(401.319.149)	(438.530.727)
Depreciación		\$ 23.236.400	\$ 23.584.946	\$ 23.938.720	\$ 24.297.801	\$ 24.662.268
Depreciación mandrinadora		\$ 4.503.453	\$ 4.503.453	\$ 4.503.453	\$ 4.503.453	\$ 4.503.453
Valor libro de mandrinadora						\$ 45.034.528
Amortización de crédito		(9.630.445)	(11.267.620)	(13.183.115)	(15.424.245)	(18.046.367)
Inversión en mandrinadora	67.551.792	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FLUJO NETO	67.551.792	(374.997.169)	(379.198.106)	(383.509.337)	(387.942.140)	(382.376.845)
VAC		(1.156.785.650)				

Tabla 29: Flujo de Caja Con Propuesta de Mejora
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Los costos considerados dentro del flujo de caja con propuesta, fueron de \$67.551.792 para una máquina Mandrinadora que será financiada con 100% de crédito. Además se consideró un sueldo adicional de \$10.403.100 anual por concepto de un mecánico mandrinador para operar la maquinaria y también se consideró un sueldo adicional de \$8.045.436 anual para un inspector de control de calidad. Estos dos últimos costos adicionales se realizarán durante los 5 períodos de evaluación, debido a que van a ser trabajadores que serán contratados por la empresa.

Finalmente se tiene un costo total de \$67.551.792 anual considerados para el año 0 y para los próximos 5 años se tiene un costo adicional por concepto de sueldos de \$18.448.536 anual. Por lo tanto nuestro VAC del proyecto es de \$-1.156.785.650, el cual representa el valor presente de los costos operacionales proyectados en los 5 años, con respecto al flujo de caja con propuesta, es decir, la empresa deberá tener esa cantidad de dinero para solventar los gastos y costos asociados a la reparación de los componentes del área de reparaciones para los próximos 5 años, es decir, se tienen costos de \$-231.357.130 anuales para el área de reparaciones.

4.3 Impacto de la Propuesta de Mejora en la Empresa Forjados S.A.

Luego de analizar los dos flujos de cajas anteriores, se tiene que el flujo de caja con propuesta de mejora disminuye el VAC en un 18%, lo que corresponde a un VAC de \$-255.658.336 para los 5 años evaluados, el cual es muy favorable para la empresa, debido

a que se evitan pérdidas en \$-51.131.667 en un año, al evitar estas pérdidas en dos años, se lograr cubrir la inversión total en la máquina Mandrinadora, esto es positivo para la empresa, debido a que la inversión en la maquinaria se recupera dentro de los horizontes de evaluación señalados, provocando que el proyecto evaluado, va hacer capaz de generar utilidades para la empresa, a través de la disminución de los costos. Este impacto se ve reflejado a que se eliminan los costos por multas de los componentes analizados. Además es importante destacar que con el VAC con propuesta, se pueden realizar las operaciones de forma normal y eficiente, es decir, que con el VAC obtenido en el flujo de caja con propuesta, indica que es conveniente realizar la inversión en el escenario 5.

Por otro lado analizando el impacto en la utilidad operacional, se comparó la situación actual de la empresa con la simulación del mejor escenario 5, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

	ESCENARIO 1: SITUACIÓN ACTUAL	ESCENARIO 5: CON UNA MANDRINADORA MÁS UN INSPECTOR
VENTAS AÑO 2015	\$ 639.786.200	\$ 639.786.200
VAC ANUAL	(282.488.797)	(231.357.130)
UTILIDAD	\$ 357.297.403	\$ 408.429.070

Tabla 30: Comparación de la utilidad de la Situación Actual V/S Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la Tabla 32, se observa que al comparar la utilidad de la situación actual de la empresa, con respecto al mejor escenario simulado, considerando los costos involucrados a través del VAC anual, se da un aumento de la utilidad de \$51.131.667 anual, que corresponde a un 14,31%, respecto de la situación actual. Además es importante destacar que la inversión en la propuesta es favorable, debido a que va a ser capaz de generar utilidades y a la vez disminuir los costos de la empresa.

Finalmente se puede concluir, que el impacto de la propuesta de mejora en la empresa, es favorable y se ve reflejado en los indicadores analizados, bajo esta situación se toma la decisión de que es recomendable realizar este proyecto, para ayudar a mejorar la gestión de procesos en el área de reparaciones de la empresa.

Capítulo N°5: Conclusiones y Recomendaciones

Esta memoria abarcó propuestas de mejoras en la gestión de procesos en el área de reparaciones, las cuales pretendían solucionar las causas que originaban el problema principal, retraso de los tiempos pactados con los clientes, en relación al servicio de reparación de los componentes de palas electromecánicas. De acuerdo a lo anterior, se evaluaron la viabilidad de las siguientes propuestas de mejora: estatus de los componentes, rediseño de la orden de servicio, un sistema de control visual de procesos mediante temporizador en Excel, elección del mejor escenario evaluado. Estas propuestas servirán como herramienta para tener una mejor medición y control de los tiempos, para luego simularlos con una distribución de probabilidad adecuada.

Se estudiaron varias metodologías de gestión de procesos, seleccionando la metodología DMAIC, el cual ayudó a seguir una estructura estándar en base a sus etapas. Esta metodología fue la que se adaptó mejor a la situación que enfrenta la empresa, permitiendo realizar un diagnóstico actual y futuro, teniendo como indicador el sigma de los tiempos de espera del proceso que arrojó la simulación en Arena. Luego con el software Minitab 17, se obtuvo un sigma del proceso actual igual a 0,61, un DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) de 270.266,38 y un rendimiento del proceso actual de un 18,68%. Con los nuevos tiempos de esperas que se obtuvieron de la elección del mejor escenario, se obtuvo un nuevo sigma del proceso igual a 1,07, logrando disminuir los DPMO a 47,42% y aumentando el rendimiento del proceso a 33,42%. Este aumento en el rendimiento se logró debido a que el escenario elegido, aumentaba los recursos en los procesos que incurrían en los mayores tiempos de esperas, mecanizado e inspección, teniendo como resultado que los números de salidas de componentes aumentarán significativamente.

Por otro lado se propone el simulador de procesos Arena Software Rockwell Automation, ya que se adaptó al proceso de reparaciones, ya que se pueden asignar tasas de llegadas independientes a los componentes, seleccionar un tipo de distribución de probabilidad de acuerdo al menor porcentaje de error, que presentan la distribución de datos de los tiempos de cada etapa de reparación de los componentes, entre otros. Además este software, ayudará a determinar la capacidad del área en tiempos oportunos, detectar los cuellos de botellas, disminuir tiempos de espera, estimar el tiempo de reparación de un conjunto de componentes, lograr una distribución de la utilización más equitativa de los recursos, saber cuántos componentes se pueden reparar frente a una determinada tasa de llegada.

Con los resultados de la simulación del estado actual del área, se comparó con la simulación de los distintos escenarios propuestos, eligiendo el mejor escenario, en relación a la capacidad de respuesta frente a una determinada tasa de llegada de los componentes y considerando también los tiempos de espera en las etapas del proceso. Bajo estos parámetros de decisión, se seleccionó el escenario 5 como mejor escenario para la empresa, ya que presentó mejores índices de decisión frente a los demás escenarios. Este escenario 5, consiste en proponer una nueva máquina Mandrinadora, un trabajador mecánico industrial y un inspector de control de calidad.

En base a los resultados obtenidos del modelo de simulación, con respecto al mejor escenario 5, cumple el objetivo principal, puesto que se logra una menor cantidad de componentes en proceso, quedando solo tres componentes en las etapas finales, es decir, hay un componente en marcaje y dos componentes en embalaje, se establece que con un día más se logran, reparar todos los componentes de la tasa de llegada del mes de Abril del 2016. Además se obtiene una disminución del 75% de la cantidad de componentes en proceso.

Por otro lado, se tiene que el tiempo total de espera es de 6,57 días para los componentes reparados en cada etapa del proceso, con respecto al escenario 5, logrando una disminución de los tiempos de espera de 47,36% en relación a la situación actual. Además con este escenario, se obtuvo una mejor distribución de la utilización de los recursos, en los cuales se encuentran: inspectores 28%, disminuyendo un 86% respecto de la situación actual, mecánico mandrinador un 23%, disminuyendo un 105% respecto de la situación actual, ayudante mecánico un 10%, disminuyendo un 13% respecto de la situación actual, soldadores un 27%, disminuyendo un 59% respecto de la situación actual, granallador un 20%, disminuyendo un 33% respecto de la situación actual y finalmente los mecánicos de desarme un 35%, disminuyendo un 20%, respecto de la situación actual.

Finalmente, se evaluaron económicamente las propuestas de mejoras, donde la propuesta de mejora N°1 y N°2 tienen un costo de inversión igual a \$0, en cambio para la propuesta N°3 del mejor escenario tiene un costo de \$67.551.792 para el año 0, donde está involucrado el costo de la máquina Mandrinadora de \$67.551.792 que será invertida solo una vez. Además se tienen un costo de sueldo adicional en un mecánico operador de la máquina de \$10.403.100 anuales y un costo de sueldo adicional en un inspector de control de calidad para el área de reparaciones de \$8.045.436 anuales. Además los indicadores evaluados económicamente fueron: el VAC (Valor Actual de los Costos) y el porcentaje de aumento de la utilidad, los cuales tuvieron un comportamiento favorable para la situación de la evaluación económica con propuesta de mejora.

Recomendaciones

Tomando en consideración las propuestas de mejoras realizadas en este trabajo, se recomienda a la empresa Forjados S.A. seguir el "Diagrama del procedimiento de control del proceso de reparaciones" que fue expuesto en la fase de control de la metodología DMAIC, ya que ayudará a ver como se deben llevar a cabo las propuestas de una forma conjunta, con respecto a los estatus de los componentes, el rediseño de la orden de servicio, el sistema de control visual de procesos mediante temporizador en Excel y el mejor escenario simulado.

Teniendo en cuenta los resultados y análisis de los parámetros sobre la simulación del mejor escenario 5, el cual comprende el costo en una máquina Mandrinadora, un costo en sueldo en un mecánico operador de máquina y un inspector de calidad. Se recomienda a la empresa, tomar esta propuesta para el área de reparaciones, principalmente por qué: el VAC obtenido en la evaluación económica disminuye un 18% con respecto a la situación actual y finalmente la utilidad aumenta en \$51.131.667 anual, que corresponde a un 14,31%, respecto de la situación actual.

Bibliografía

Libros

(Hitpass, 2014) Hitpass Bernhard, Business Process Management; Fundamentos y conceptos de la implementación. Tercera Edición 2014.

(Gorimella, Lees, Williams, 2008) Gorimella Kiran, Lees Michael, Williams Bruce, Introducción a BPM. Edición especial de Software AG 2008.

(Gutiérrez & De la Vara, 2009) Gutiérrez Humberto, De la Vara Román, Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Mc Graw Hill 2009.

(Fábregas, 2003) Fábregas Aldo, Simulación de Sistemas Productivos con Arena. Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte 2003.

(Kelton, 2008) Kelton David, Simulación con Software Arena. Mc Graw- Hill 2008.

(Montgomery, 2002) Montgomery D., Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. Limusa Wiley 2002.

(Petroutsos, 2000) Petroutsos Evangelos, Bases de Datos con Visual Basic 6. Anaya Multimedia 2000.

(Padin, 2008) Padin Lucas, Macros en Excel. Manuales USERS 2008.

(Cortés, Iglesias, 2004) Cortés Manuel, Iglesias Miriam; Generalidades sobre Metodología de Investigación. Primera Edición 2004.

Artículo

(Calderón, Cruz, 2005) Calderón Lama, José & Cruz Lario, Francisco, Análisis del Modelo SCOR para la gestión de la cadena de suministro. IX Congreso de ingeniería de Organización Gijón, 8 y 9 de Septiembre del 2005.

(López, 2000) López Walevska, La Teoría de Restricciones y las Funciones de Comercialización. 2000.

(Estrategia Focalizada, 2000) Estrategia Focalizada, Introducción a la Teoría de Restricciones (TOC). 2000.

(Ocampo, Pavón, 2012) Ocampo Jared, Pavón Aldo, Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de eventos discretos en Flexsim 2012.

Tesis

(Mendoza, Mejías, 2010) Mendoza Sergio, Mejías Domingo, Propuesta de Reducción de Merma en la Producción de una empresa de productos lácteos bajo la metodología DMAIC, Instituto Politécnico Nacional, Ingeniería Industrial 2010.

(Quirola, 2014) Quirola Dana, Propuesta de Aplicación de la Metodología Six Sigma, para mejorar el proceso de validación de información operativa diaria del sistema eléctrico ecuatoriano, Pontificia Universidad Católica del Ecuador- Matriz, Tesis de Magister en Administración de empresas con mención en la gerencia de calidad y Productividad 2014.

(Sánchez, 2005) Sánchez Eduardo, Seis Sigma Filosofía de gestión de la Calidad: Estudio Teórico, Universidad de Piura, Ingeniero Industrial 2005.

(Cabrera, 2013) Cabrera Rodrigo, Propuesta de Mejora en la Gestión de Procesos en el área de Aprovisionamiento de materiales y equipos de distribución de energía eléctrica, Enersis S.A Chile, Universidad de Valparaíso, ingeniería Civil Industrial 2013.

(Ricci, Villalobos, 2011) Ricci Juan & Villalobos Nicolás, Diagnostico y Propuesta de Mejora de Procesos en Bodega para la empresa Poloni. Universidad de Valparaíso, ingeniería Civil Industrial 2011.

Páginas Web

ARP. Calidad (S.f) Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de www.arpcalidad.com

Campana de Gauss. www.upcomillas.es/personal/peter/estadistica/distribucionnormal.pdf

Niveles sigmas y niveles de calidad. www.advanceconsultoria.com/?=2486

(Torres, 2012) Torres Andrés, Introducción a la Simulación Discreta, Instituto Tecnológico de Sonora: www.antiquo.itson.mx/ , 2012.

(Tello, Tun & Martínez, 2012) Tello J., Tun L., Martínez L., Investigación de la distribución de la Probabilidad, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/51862999/distribuciones-de-probabilidad> , 2012.

[Http://www.addlink.es](http://www.addlink.es)

<http://www.minitab.softonic.com>

<https://www.machinetools.com>

www.etraders.cl/tarifas/

<http://www.aaca.cl/convertidor-y-calculo-de-derechos-e-iva/>

Anexos

Anexo 1: Clientes y Proveedores de Forjados S.A

1.1 Clientes

CLIENTES	GIRO COMERCIAL DE LA EMPRESA
Anglo American Sur S.A	Empresas de servicios geológicos y de prospección
Bucyrus International Chile Ltda.	Fabricación y distribución de maquinaria y equipos para las áreas industrial y minería.
CIA. Minera Doña Inés de Collahuasi SCM	Minería
Fima (Perú) S.A	Fabricación de tipo de maquinaria de uso general.
Minera escondida Ltda.	Explotación de minas y canteras
CIA. Minera Cerro Colorado	Extracción de cobre
Sandvik Chile S.A	Venta de maquinaria para la minería y forestal
Sorena Norte Grande S.A	Metalurgia
Codelco (En todas sus divisiones)	Extracción de cobre
Maestranza Diésel S.A	Maestranza

Tabla 31: Descripción de Clientes de la Empresa Forjados S.A.
Fuente: Elaboración Propia

1.2 Proveedores

Proveedor	Giro comercial de la empresa
Electrocom S.A	Distribución mayorista y minorista de materiales eléctricos para instalaciones industriales, alumbrado público y tendido eléctrico de alta y baja y mediana tensión.
Repuestos Herrera y Cía. Ltda	Equipo eléctrico baterías, procedimiento de mineral filtros.
Serv. Hidráulicos Ltda.	Venta y distribución de una gran variedad de accesorios y equipos hidráulicos, permite entregar soluciones en impulsión de aguas para uso residencial, agrícola e industrial.
SANDVIK coromant	Fabricación y distribución de herramientas para corte de metales (diversos tipos de abrasivos)
Indura S.A	Fabricante de gases, equipos, herramientas y abrasivos para la industria en general
Arcos y Cía. Ltda.	Servicios y distribución de electricidad.
Maestranza Hidráulica coraza Ltda.	Reparación y ventas de gatas hidráulicas
Empresa nacional de combustible Ltda.	Venta por menor de combustible
Gerdau Acos Especiais S.A	Exportación y distribución de acero, mineral de hierro y asesoramiento técnico en todas sus ramas.
Aceros zapla S.A	Productora de aceros especiales y aceros de construcción, destinados a una extensa diversidad de aplicaciones.

Tabla 32: Principales Proveedores de la Empresa Forjados S.A.
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2: Pala Bucyrus 495 HR

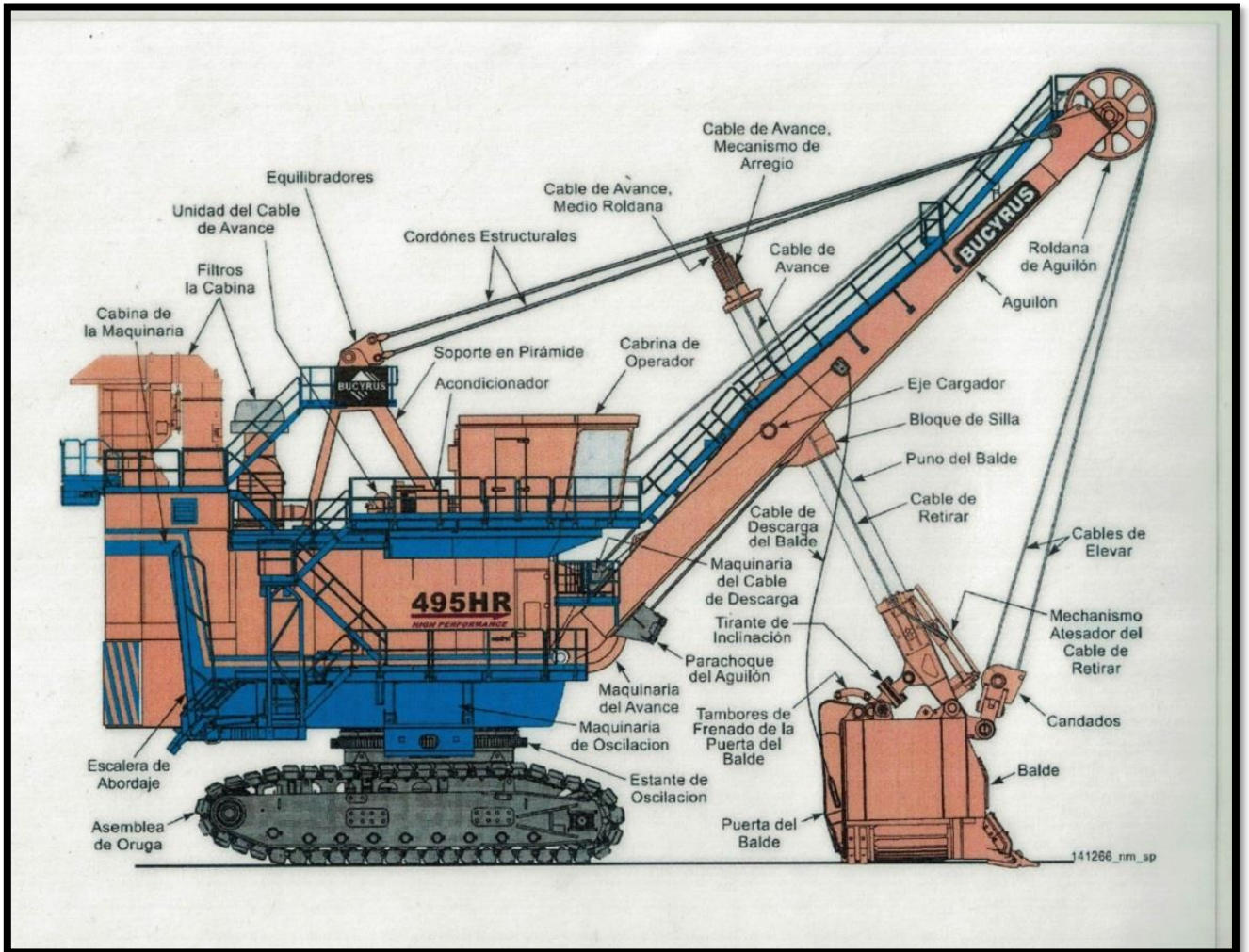


Ilustración 46: Descripción Pala Bucyrus 495 HR

Fuente: Empresa Forjados S.A.

Anexo 3: Productos de la Empresa Forjados S.A

3.1 Picaportes

Los picaportes o pestillos forman parte del sistema de apertura de la tapa balde (que es un componente que ayuda a recoger el mineral) de una pala de carguío minero. Además tienen por objetivo cerrar la tapa, mediante este picaporte para que no pueda salir el mineral.

Para los picaportes 4340 y picaportes al manganeso. Estos presentan altos estándares de calidad, cumpliendo con los requerimientos metal gráfico, mecánicos, END y dimensionales. Además van hacer compatibles con los modelos de balde de pala P&H y Bucyrus-Caterpillar.



Ilustración 47: Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso
Fuente: Empresa Forjados S.A.

3.2 Balancines

Este componente, forma parte de un conjunto mecánico del sistema de apertura de la tapa del balde (que es un componente que se recoge el mineral), es fabricado en acero forjado con altos estándares de calidad, cumpliendo con los requerimientos mecánicos de END y dimensionales. Además será compatible con los modelos del balde de los fabricantes de las palas P&H y Bucyrus-Caterpillar.

La función principal que cumple este producto, es empujar al picaporte para que salga del Latch Keeper (que es un producto donde va inserto el picaporte para que no se salga).



Ilustración 48: Balancín
Fuente: Empresa Forjados S.A

3.3 Conjunto de Frenos Híbridos

El conjunto de frenos híbridos de seis discos, fue concebido como una mejora de las capacidades del freno tradicional de 4 discos. Para este diseño, se han integrado componentes tales como: discos de resortes, Pads de gomas para ajuste, Inner Friction Plate, balatas y tapa de fijación para tuercas, con el objetivo de obtener mejores resultados en la operación.

La función principal que cumple este conjunto, es ayudar a que la tapa balde pueda frenar progresivamente al momento de ir cerrando la tapa, asimismo ayudar a abrir la tapa balde, logrando que no se produzcan golpes y evitar que los componentes puedan ser dañados. Para cada balde, se consideran un conjunto de frenos RH y un conjunto de frenos LH.

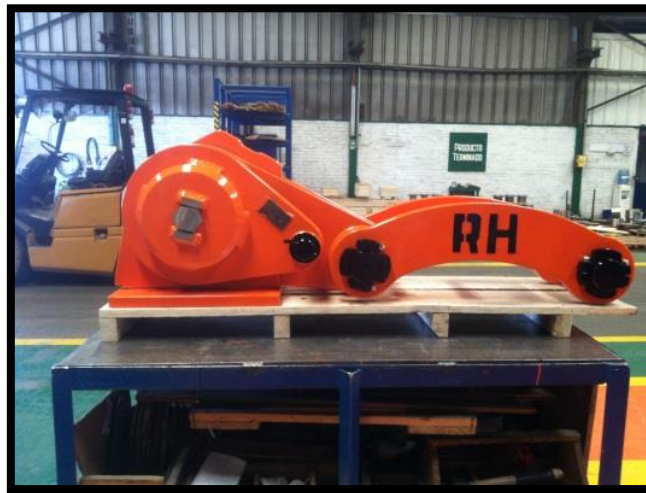


Ilustración 49: Conjunto de Frenos Híbridos
Fuente: Empresa Forjados S.A.

3.4 Conjunto Padlock

Es un componente esencial, en el funcionamiento de los baldes de palas Bucyrus-Caterpillar. Además se puede garantizar su alta resistencia mecánica y al desgaste al cumplir altos estándares de la calidad. Son componentes forjados, que pueden ser fabricados y reparados. En el caso de las reparaciones de estos conjuntos, lo que se repara específicamente son: el Link Padlock, Frame Padlock, Sheve Padlock, Pasadores.

La función principal que cumple, es que actúa como un candado, dándole resistencia y multiplicando las fuerzas a través de las poleas, para que el balde pueda ser levantado, una parte del Link se coloca a la oreja del balde y la otra parte del Frame va conectada al cable de la polea punta pluma.

Para cada balde, se consideran un conjunto padlock RH y un conjunto padlock LH.



Ilustración 50: Conjunto Padlock
Fuente: Empresa Forjados S.A

3.5 Balde

Es un componente de la pala de carguío minero, que cumple la función de cargar mineral, para luego ser llevado a los camiones mineros. Este componente no se fabrica en la empresa solo se repara, pero si se fabrican los kit de bujes y pasadores para el balde.

En la siguiente ilustración se considera un balde, con sus respectivos conjuntos padlock y conjuntos frenos.



Ilustración 51: Balde de Pala Bucyrus
Fuente: Empresa Forjados S.A

3.6 Pasadores

Corresponden a un producto que ha sido procesado cuidadosamente en forja (mejorando sus propiedades al ser forjados con una reducción del área mínima de 3:1), mecanizado y tratado térmicamente. Actualmente se fabrican diferentes pasadores, para distintos equipos de perforación y carguío. Además se cuenta con un exhaustivo control de calidad, garantizando buenas propiedades mecánicas y un buen comportamiento ante los esfuerzos y desgaste.



Ilustración 52: Pasador
Fuente: Empresa Forjados S.A

3.7 Bujes

Corresponde a un producto que es procesado en forja, es mecanizado y tratado térmicamente, estos procesos van a variar de acuerdo a las medidas de los bujes, que requiera el cliente. Además son compatibles con todos aquellos componentes de palas y perforadoras en donde se requiere mayor resistencia al desgaste y esfuerzos en sus trabajos.

Los distintos tipos de bujes, corresponden a derivaciones de distintos procesos industriales, como: bujes de acero al manganeso forjado, bujes de acero forjado, bujes de acero en calidad comercial.



Ilustración 53: Buje
Fuente: Empresa Forjados S.A

Anexo 4: Distribución de la Planta de Forjados S.A.

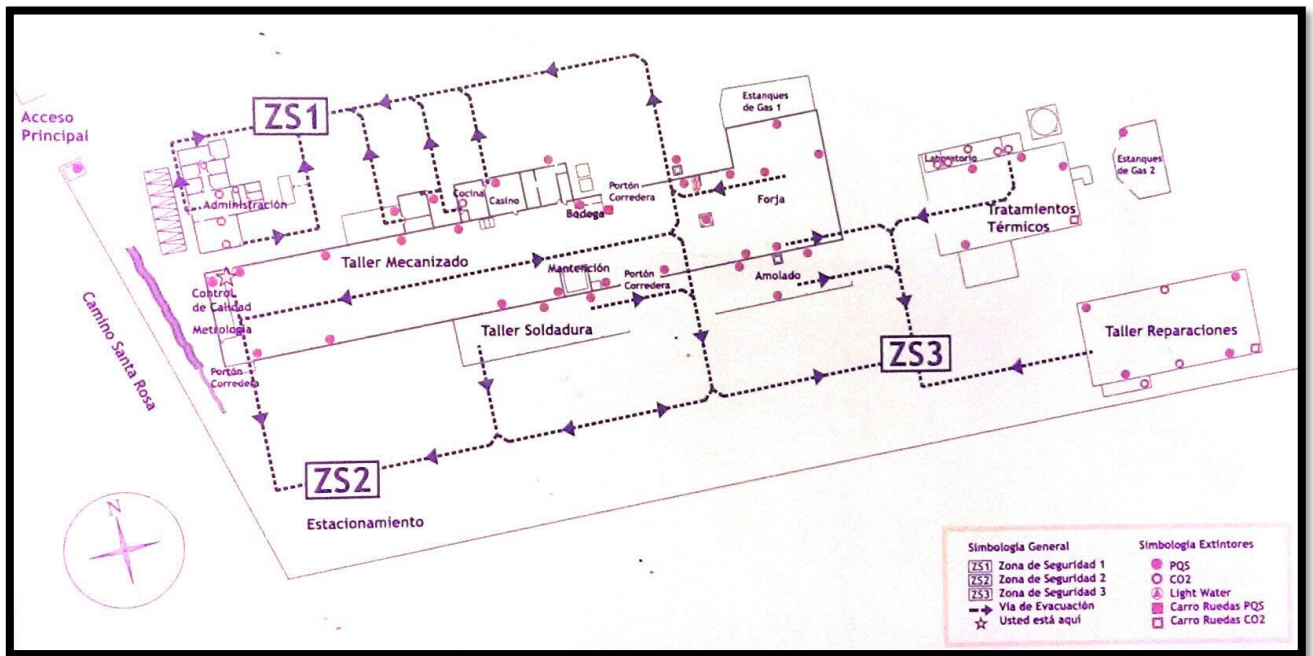


Ilustración 54: Distribución de la Planta de Forjados S.A.
Fuente: Empresa Forjados S.A.

Anexo 5: Formato de Entrevistas a Forjados S.A.


	
ENTREVISTA A PERSONAL DE FORJADOS S.A	
Nombre:	
Fecha:	
Hora de Inicio:	
Hora de Término:	
1- ¿Quién es su jefe directo?	
2- ¿Qué cargo tiene en la empresa?	
3- ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la empresa?	
4-¿Cuáles son sus funciones principales?	
5-¿Cuántas personas tiene a cargo (mecánicos, pulidores)? ¿Cree que hacen falta más mecánicos?	
6-¿Cuál es el procedimiento a seguir cuando llega un componente para ser reparado? ¿Cuándo se da de baja un componente y quién toma esa decisión?	
7-¿Cuáles son los distintos procesos que hay que realizar para reparar un componente?	
8-¿Cuál(es) son los clientes que le dan mayor prioridad (Orden de prioridad)?	
9-¿Quién es el mecánico líder y por qué?	
10-¿Existe algún pulidor líder y por qué y cómo lo designa?	
10-¿A quién le solicitan material de trabajo, herramientas de corte, tornos portátiles, discos de corte, desbaste, material de aporte? ¿Y qué pasa si se acaban qué deben llenar o a quién se dirigen?	
11-¿Cuáles son los principales problemas que surgen en el área? ¿Qué cree usted que hace falta para solucionarlo?	
12-¿Cómo va coordinando o presionando el proceso para que los tiempos planificados en cada etapa se cumplan? ¿Posee alguna herramienta o técnica de medición para que quede registrado?	
13-¿ Cuáles son los componentes de mayor demanda?	
14-¿Hace falta más maquinaria para sacar más rápido el proceso?	

Ilustración 55: Formato de Entrevista.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

Anexo 6: Diagrama de Flujo de los Componentes en Estudio

5.1 Diagrama de Flujo de un Picaporte 4340


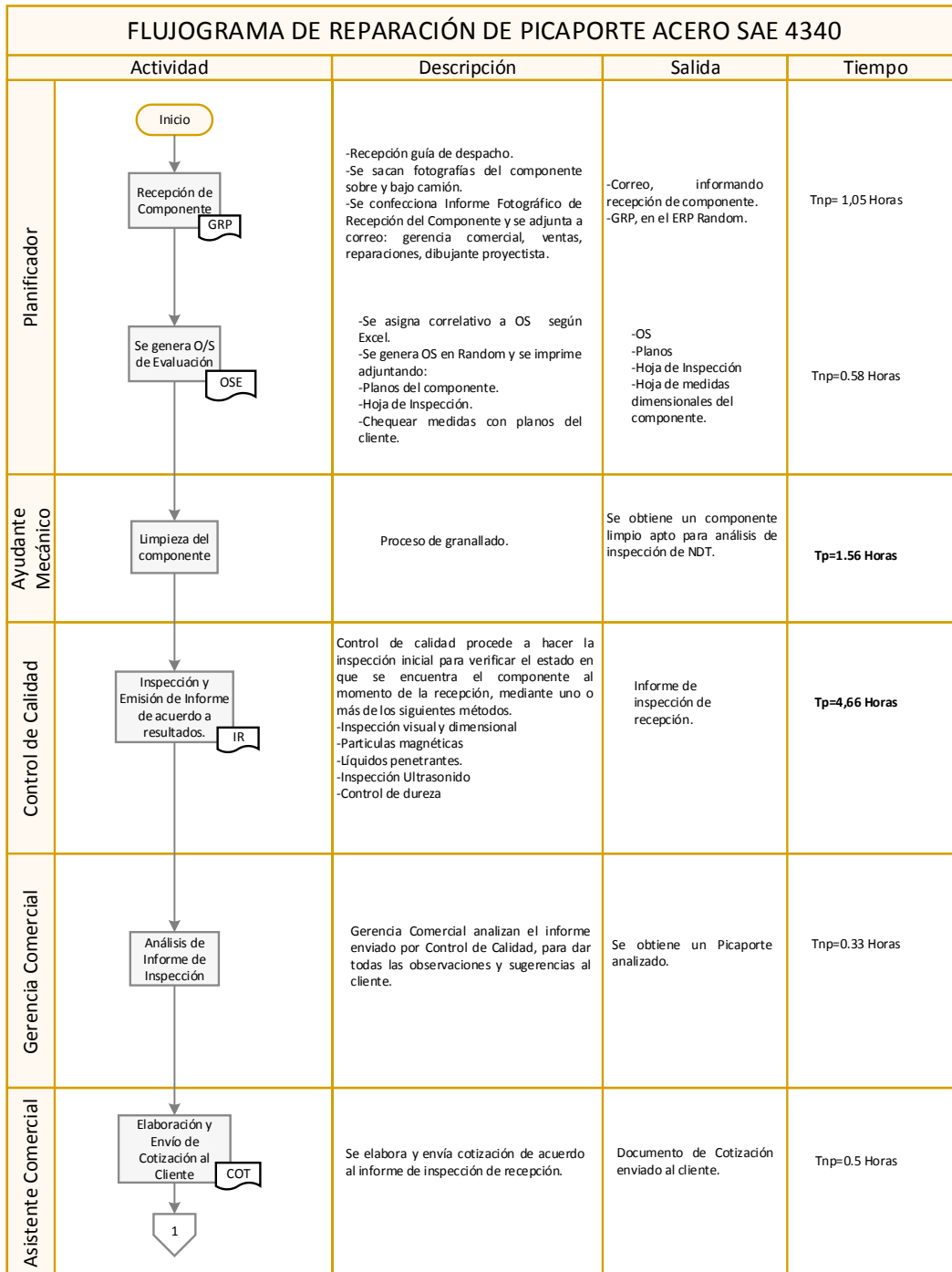
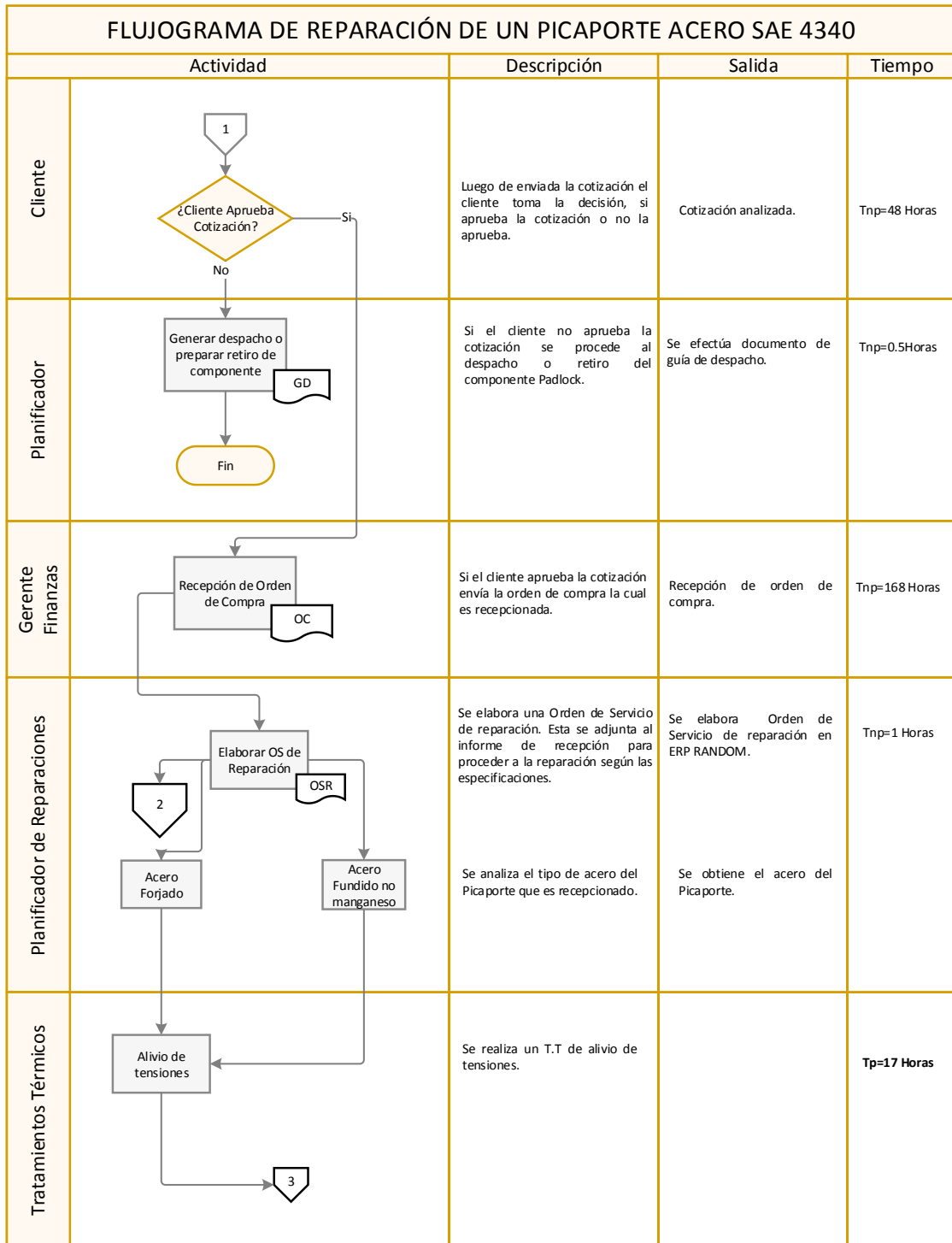
		Alcance: Área de Reparaciones
		Versión: 1
		Página: 1 de 1
		Autores: Oscar Arriagada y Gabriel Sepúlveda
PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA REPARACION DEL PICAPORTE 4340		
Objetivo	Establecer todos los métodos y actividades a realizar las que se tienen que tener en cuenta para la reparación de un Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso.	
Alcance	El alcance para este procedimiento es aplicable en la reparación de los componentes de una Pala de carguío minero de marca Bucyrus, en especial el Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso.	
Responsabilidades	Área de Venta: Cumple la función de recepcionar los pedidos para su venta según los requerimientos y exigencias del cliente, lo cual se genera una cotización, nota de venta y facturación durante el proceso.	
	Dibujante proyectista: Cumple la función de dibujar, revisar y aprobar planos realizados o recepcionados para la ejecución de las piezas de los clientes.	
	Administrador de Bodega/ Jefe de Abastecimiento e inventario: Esta área cumple el objetivo de poder garantizar los artículos y productos frecuentes, como también el adecuado manejo y custodia de las exigencias de uso personal y de seguridad.	
	Área de proceso de Reparaciones: Se encarga de acuerdo al planificador de la recepción de las cotizaciones previamente aceptadas por el cliente y también generar la OT/OS requerida para su ejecución en las áreas necesarias.	
	Jefe Área de proceso de Mecanizado /Área de procesos térmicos: Se encarga de acuerdo a las responsabilidades administrar y gestionar el correcto funcionamiento de las OT/OS para el cumplimiento de los periodos o plazos de entrega. Además se encargan de dirigir y controlar los recursos humanos y físicos.	
Terminología	Control de Calidad: Se encarga de acuerdo a las responsabilidades del aseguramiento de la calidad de las OT/OS. Además se encargan de revisar y controlar a los trabajos enviados a las distintas áreas relacionadas con la reparación del componente.	
	Área de Despacho: Se encarga de acuerdo a sus responsabilidades de marcar la serie en la pieza, pintarla y embalarla para enviarle al cliente según datos y guías enviadas de planificación y	
	COT: Cotización. Documento que detalla la reparación y/o fabricación de productos del cliente con la perspectiva de valoración y plazo de ejecución.	
	RANDOM: Software de gestión de información de producción y administración.	
	OC: Orden de compra	
	GRP: Guía de recepción de préstamos.	
	GDV: Guía de despacho de ventas.	
	GD: Guía de despacho	
	IF: Informe de inspección final.	
	IR: Informe de inspección de recepción.	
Requisitos de documentación	INC: Informe de no conformidad.	
	OTE: Orden de trabajo de evaluación.	
	OTR: Orden de trabajo de recepción.	
	Cotización	
	Nota de venta	
	Orden de trabajo	
Referencias	Solicitud de compra	
	Orden de compra cliente	
	Guía de despacho	
	Planos	
	Procedimientos específicos para cada trabajo	
	Cotización	
Normas técnicas		
Muestras		
Autorizado por:		
Fecha:		

Ilustración 56: Procedimiento para la Reparación de Picaporte 4340
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.





FLUJOGRAMA DE REPARACIÓN DE UN PICAPORTE ACERO SAE 4340				
	Actividad	Descripción	Salida	Tiempo
Jefe de Soldadura	<p>2</p> <p>3</p> <p>Dar instrucciones para el proceso de soldadura.</p>	Se dan las instrucciones a los soldadores para realizar el proceso de soldadura.	Soldadores seleccionados para el proceso de soldadura.	Tp=0,18 Horas
Equipo de Soldadura	<p>Medir el componente</p> <p>Pulir zona de trabajo</p> <p>Precalentar zona de trabajo</p> <p>Recuperar por Soldadura</p>	<p>Se mide: Espesor del componente, longitud de grietas o desgastes. Además se ubican las grietas o desgastes en cada parte del componente.</p> <p>Una vez identificadas las zonas de las grietas o desgastes se procede a pulir o esmerilar la zona de trabajo del componente.</p> <p>Se precalienta la zona que se va a soldar dependiendo del componente y el tipo de acero de este se decide la temperatura de precalentamiento.</p> <p>Se procede al soldeo del componente para recuperar material desgastado o con grietas.</p>	<p>Cantidad de grietas medidas en un Picaporte #334 y #344</p> <p>Grietas pudilas.</p> <p>Zonas de soldeo precalentadas.</p> <p>Se recupera con 3mm de sobre medida.</p>	<p>Tp=0,64 Horas</p> <p>Tp=1,25 Horas</p> <p>Tp=3,52 Horas</p> <p>Tp=5,48 Horas</p>
Tratamientos Térmicos	<p>¿Requiere un T.T?</p> <p>Si</p> <p>Temple y Revenido</p> <p>NO</p> <p>¿Cumple con la dureza requerida?</p> <p>NO</p>	<p>Dependiendo del tipo de soldadura que se ocupe se pregunta si es necesario un T.T. En el caso que se ocupe NICROSOL 51 no se realiza un T.T</p> <p>Se realizará un temple y revenido, para encontrar la dureza original que requiere el componente.</p> <p>Si no cumple con estas especificaciones se vuelve a Tratamientos térmicos.</p>	<p>Se obtiene un Picaporte con la dureza original.</p>	<p>Procedimiento actual de la empresa no se aplica Temple ni Revenido.</p> <p>Tnp=15Horas</p>
Equipo de Soldadura	<p>Mecanizado</p> <p>Pulido</p> <p>4</p>	<p>Se realiza un mecanizado para lograr las medidas solicitadas según plano.</p> <p>Se procede a pulir de forma completa el componente, para así eliminar algún defecto que haya quedado.</p>	<p>Se obtiene un componente con las dimensiones según plano.</p> <p>Se obtiene un componente pulido sin defectos.</p>	<p>Tp=4,12 Horas</p> <p>Tp=2,80 Horas</p>

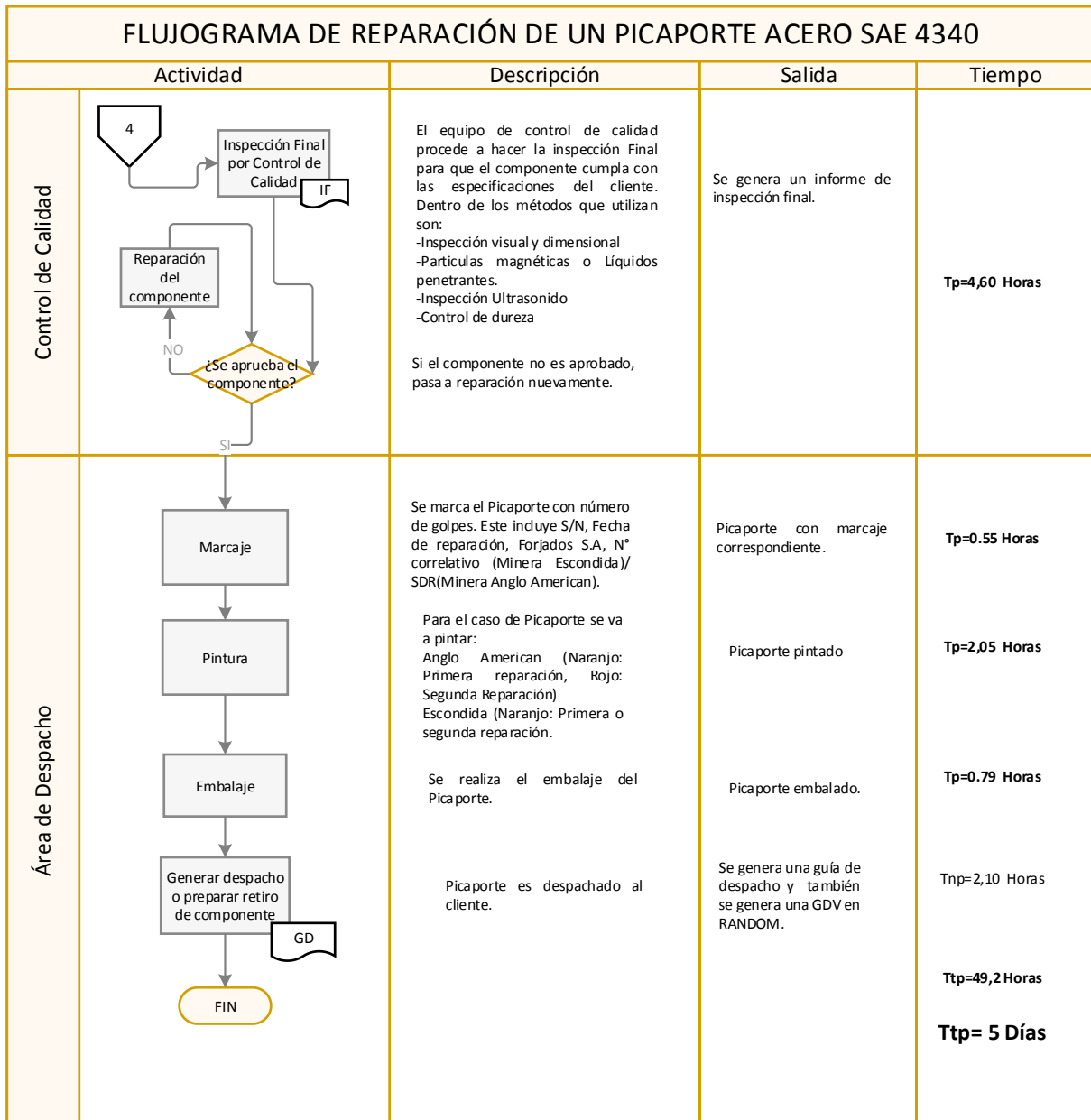


Figura 18: Diagrama de Flujo de Picaporte 4340.
 Fuente: Elaboración Propia en Visio 2010.

5.2 Diagrama de Flujo de un Picaporte al Manganeso


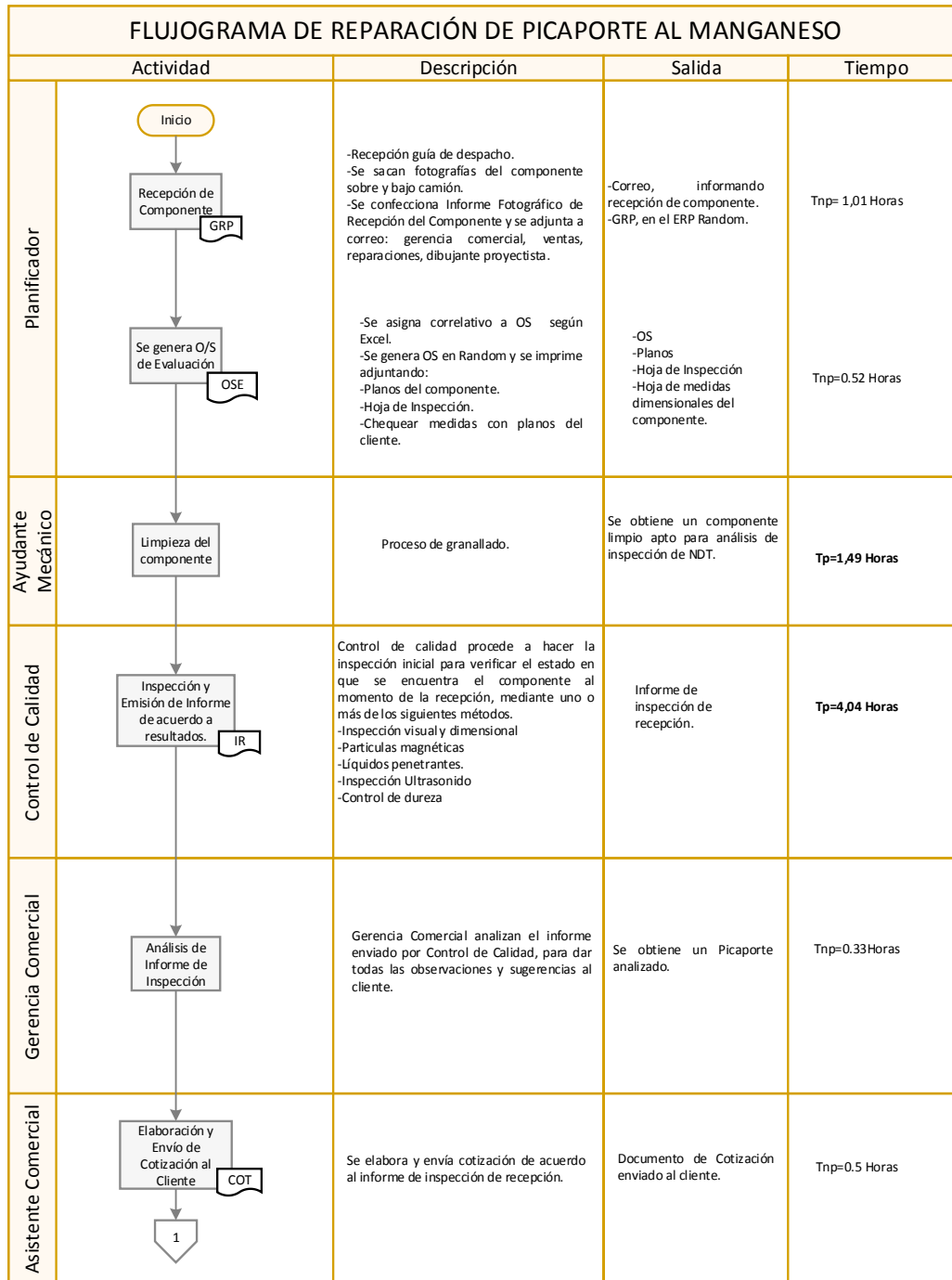
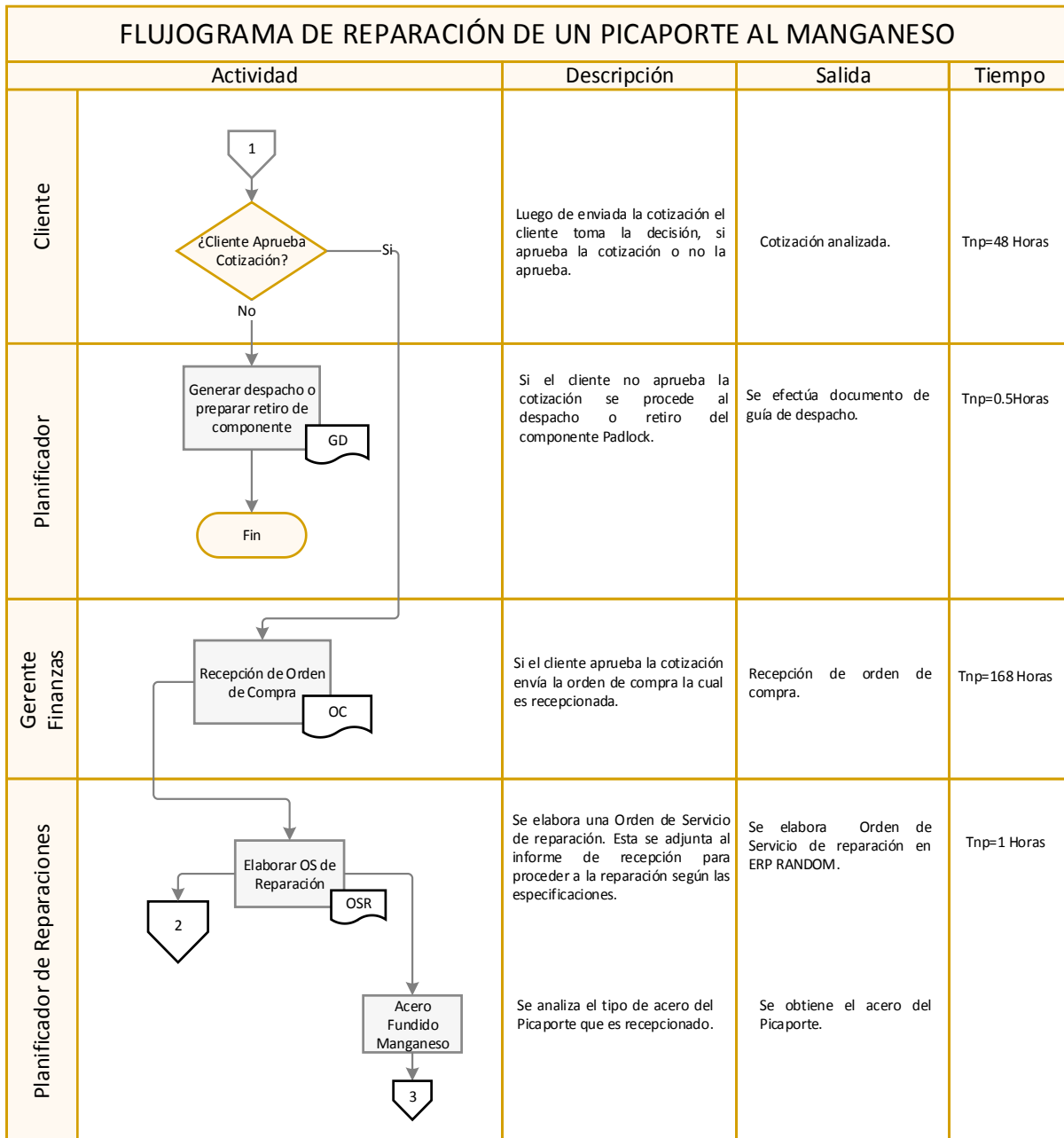
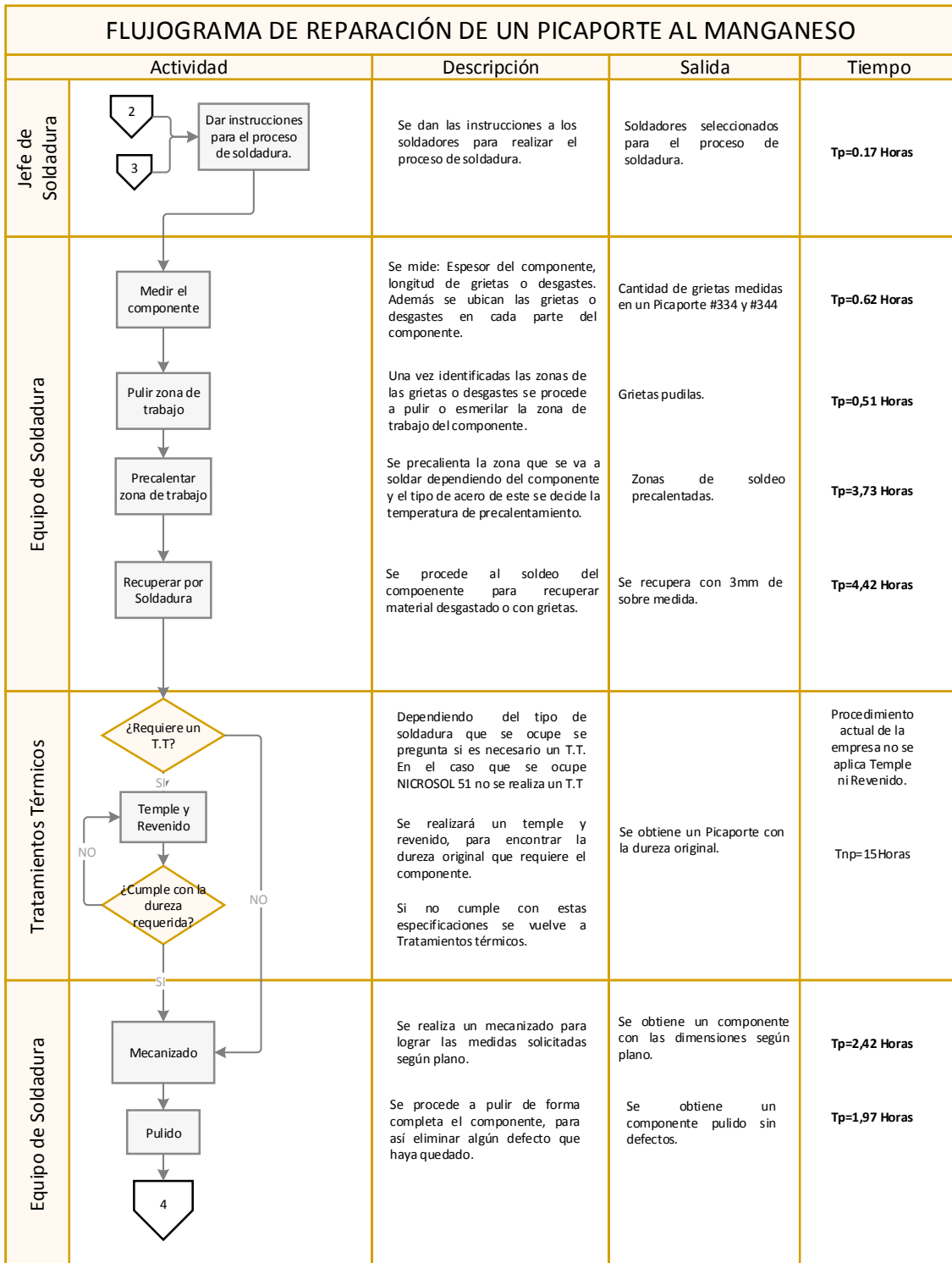
		Alcance: Área de Reparaciones
		Versión: 1
		Página: 1 de 1
		Autores: Oscar Arriagada y Gabriel Sepúlveda
PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA REPARACION DEL PICAPORTE AL MANGANESO		
Objetivo	Establecer todos los métodos y actividades a realizar las que se tienen que tener en cuenta para la reparación de un Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso.	
Alcance	El alcance para este procedimiento es aplicable en la reparación de los componentes de una Pala de carguío minero de marca Bucyrus, en especial el Picaporte 4340 y Picaporte al Manganeso.	
Responsabilidades	Área de Venta: Cumple la función de recepcionar los pedidos para su venta según los requerimientos y exigencias del cliente, lo cual se genera una cotización , nota de venta y facturación durante el proceso.	
	Dibujante proyectista: Cumple la función de dibujar , revisar y aprobar planos realizados o recepcionados para la ejecución de las piezas de los clientes.	
	Administrador de Bodega/ Jefe de Abastecimiento e inventario: Esta área cumple el objetivo de poder garantizar los artículos y productos frecuentes, como también el adecuado manejo y custodia de las exigencias de uso personal y de seguridad.	
	Área de proceso de Reparaciones: Se encarga de acuerdo al planificador de la recepción de las cotizaciones previamente aceptadas por el cliente y también generar la OT/OS requerida para su ejecución en las áreas necesarias.	
	Jefe Área de proceso de Mecanizado /Área de procesos técnicos: Se encarga de acuerdo a las responsabilidades administrar y gestionar el correcto funcionamiento de las OT/OS para el cumplimiento de los periodos o plazos de entrega. Además se encargan de dirigir y controlar los recursos humanos y físicos.	
	Control de Calidad: Se encarga de acuerdo a las responsabilidades del aseguramiento de la calidad de las OT/OS. Además se encargan de revisar y controlar a los trabajos enviados a las distintas áreas relacionadas con la reparación del componente.	
	Área de Despacho: Se encarga de acuerdo a sus responsabilidades de marcar la serie en la pieza , pintarla y embalarla para enviarle al cliente según datos y guías enviadas de planificación y	
Terminología	COT: Cotización. Documento que detalla la reparación y/o fabricación de productos del cliente con la perspectiva de valoración y plazo de ejecución.	
	RANDOM: Software de gestión de información de producción y administración.	
	OC: Orden de compra	
	GRP: Guía de recepción de préstamos.	
	GDV: Guía de despacho de ventas.	
	GD: Guía de despacho	
	IF: Informe de inspección final.	
	IR: Informe de inspección de recepción.	
	INC: Informe de no conformidad.	
	OTE: Orden de trabajo de evaluación.	
OTR: Orden de trabajo de recepción.		
Requisitos de documentación	Cotización	
	Nota de venta	
	Orden de trabajo	
	Solicitud de compra	
	Orden de compra cliente	
Referencias	Planos	
	Procedimientos específicos para cada trabajo	
	Cotización	
	Normas técnicas	
	Muestras	
Autorizado por:		
Fecha:		

Ilustración 57: Procedimiento para la Reparación de un Picaporte al Manganeso.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.







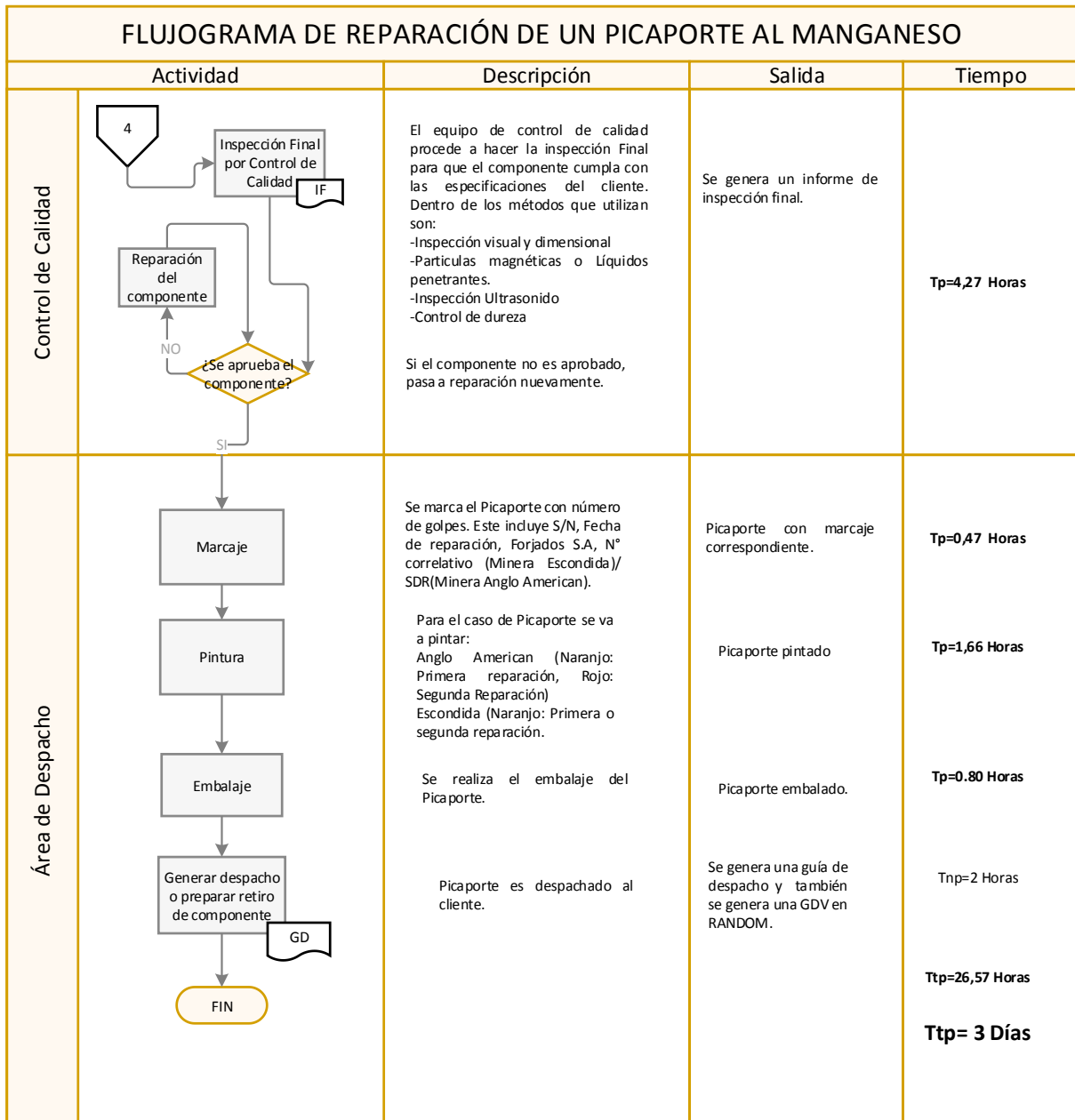


Figura 19: Diagrama de Flujo de Picaporte al Manganeso.
 Fuente: Elaboración Propia en Visio 2010.

5.3 Diagrama de Flujo de un Balancín


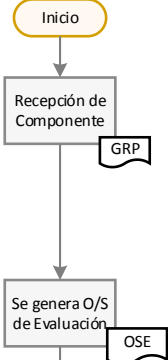
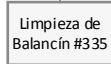
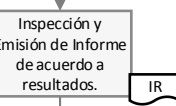
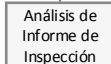
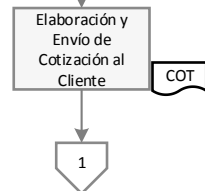
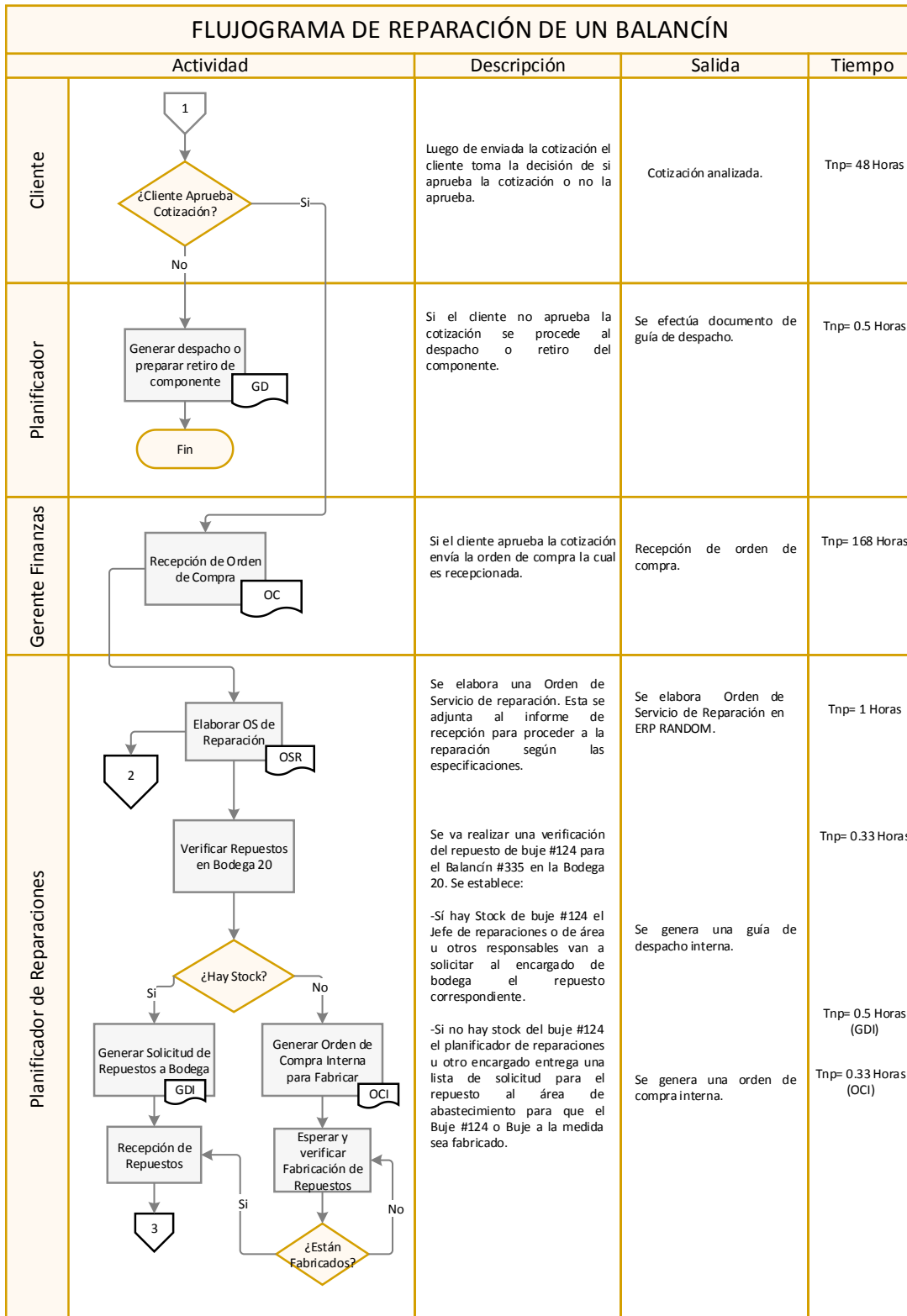
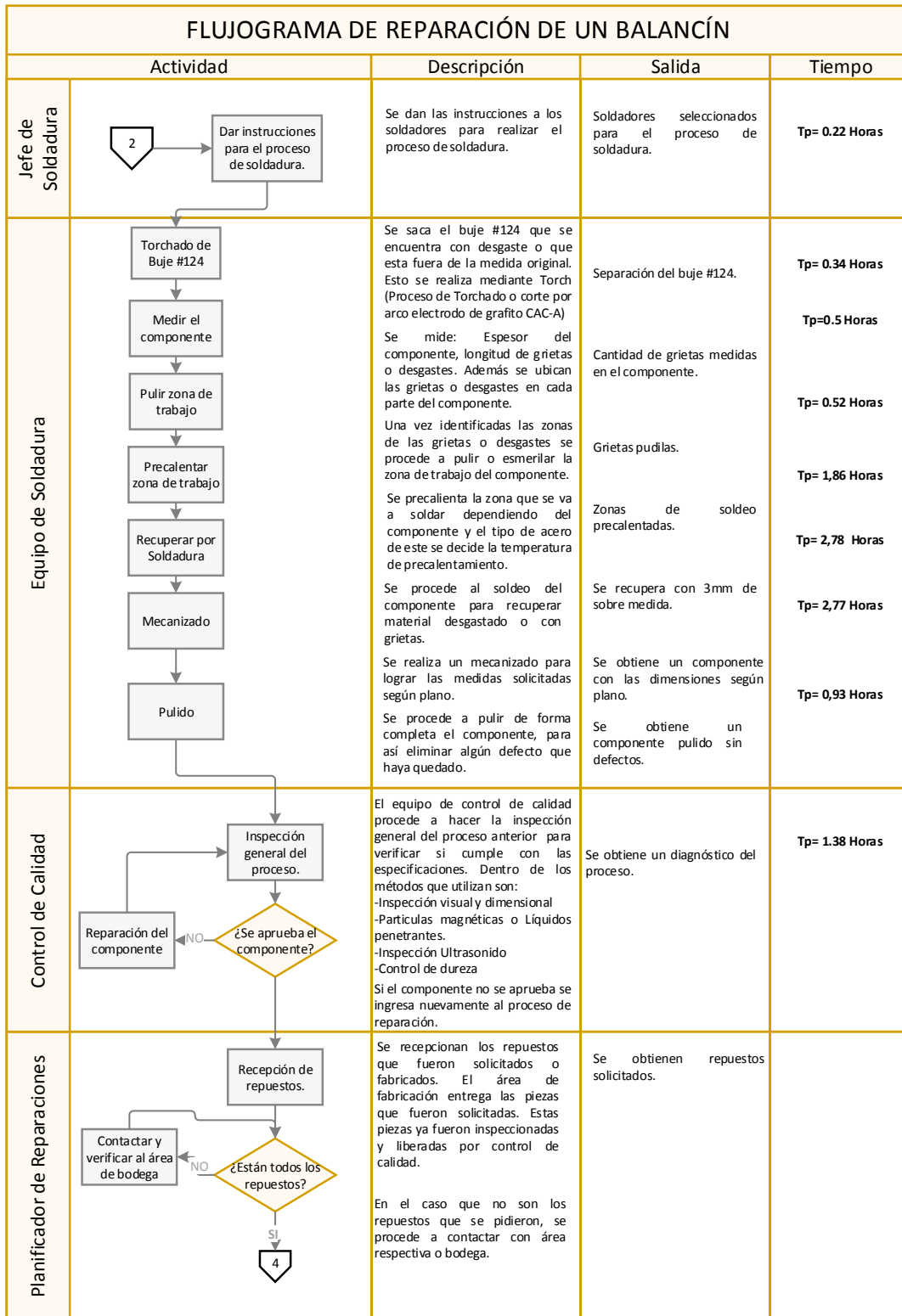
		Alcance: Área de Reparaciones
		Versión: 1
		Página: 1 de 1
		Autores: Oscar Arriagada y Gabriel Sepúlveda
PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA REPARACION DEL BALANCIN		
Objetivo	La finalidad de este cuadro de planificación o procedimiento es establecer todas las tareas que se deben seguir para poder reparar un Balancín.	
Alcance	El alcance que se va a lograr con este procedimiento va ser aplicable para poder reparar un kit de balde para Bucyrus, especialmente para un Balancín.	
Responsabilidades	Área de procesos de reparaciones: Se encarga de recepcionar las cotizaciones que van hacer aceptadas por el cliente y a la vez generar la Orden de Trabajo requerida para poder realizar el trabajo en las distintas partes del proceso del Balancín.	
	Equipo de Control de calidad: Se encargan específicamente de asegurar la calidad, mediante inspección de recepción inicial e inspección final, lo cuales son los entes que toman decisiones si un componente se puede liberar para seguir su procedimiento de reparación o es dado de baja de acuerdo a que no cumple con las especificaciones requeridas.	
	Jefe de Área de Proceso de Mecanizado/Área de Procesos Térmicos: Se encargan específicamente de poder dar una correcta gestión y administración de la Ordenes de trabajo. Además dirigen y controlan los recursos físicos y humanos, los cuales se preocupan de velar por la calidad y la seguridad.	
	Área de Ventas: Se encargan específicamente de recepcionar los pedidos para la venta según requerimiento del cliente, generando una cotización, nota de venta y facturación durante el proceso.	
	Dibujante proyectista: Se encargan específicamente de Dibujar, revisar y/o aprobar planos realizados o recepcionados para la ejecución de las piezas de los clientes.	
	Administrador de Bodega/jefe de abastecimiento e inventario: Se encargan específicamente de poder garantizar los productos recurrentes, así como también el adecuado manejo y custodia de las existencias de uso personal y de seguridad mediante la revisión y exactitud del registro de los bienes y la integración de los datos que forman el inventario de productos que manejan las diferentes áreas.	
	Área de despacho: Se encargan específicamente de marcar la serie en la pieza, pintarla y embalarla para enviarla a cliente, según la documentación del área responsable.	
Terminología	GDV: Guía de despacho de ventas	
	GD: Guía de despacho	
	INC: Informe de no conformidad	
	IF: Informe de inspección final	
	IR: Informe de Inspección de recepción.	
	GRP: Guía de recepción de Préstamos.	
	OC: Orden de compra	
	RANDOM: Software de gestión de información de producción y administración	
	OTE: Orden de trabajo de evaluación	
	OTR: Orden de trabajo de recepción	
	COT: cotización.	
Requisitos de documentos	Cotización	
	Nota de venta	
	Orden de trabajo	
	Solicitud de compra	
	Orden de compra cliente	
	Guía de despacho	
Referencias	Procedimiento específico para cada trabajo	
	Cotización	
	Normas técnicas	
	Planos	
	Muestras	
Autorizado por:		
Fecha:		

Ilustración 58: Procedimiento para la Reparación de un Balancín.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

FLUJOGRAMA DE REPARACIÓN DE UN BALANCÍN				
	Actividad	Descripción	Salida	Tiempo
Planificador		<p>-Recepción guía de despacho. -Se sacan fotografías del componente sobre y bajo camión. -Se confecciona Informe Fotográfico de Recepción del Componente y se adjunta a correo: gerencia comercial, ventas, reparaciones, dibujante proyectista.</p> <p>-Se asigna correlativo a OS según Excel. -Se genera OS en Random y se imprime adjuntando: -Planos del componente. -Hoja de Inspección. -Chequear medidas según las especificaciones del cliente.</p>	<p>-Correo, informando recepción de componente. -GRP, en el ERP Random.</p> <p>-OS -Planos -Hoja de Inspección -Hoja de medidas dimensionales del componente.</p>	<p>Tnp= 1,06 Horas</p> <p>Tnp= 0.53 Horas</p>
	Ayudante Mecánico		<p>Proceso de granallado.</p>	<p>Se obtiene un componente limpio y apto para el análisis de NDT.</p>
Control de Calidad		<p>Control de calidad procede a hacer la inspección inicial para verificar el estado en que se encuentra el componente al momento de la recepción, mediante uno o más de los siguientes métodos. -Inspección visual y dimensional -Partículas magnéticas -Líquidos penetrantes. -Inspección Ultrasonido -Control de dureza</p>	<p>Informe de inspección de recepción.</p>	<p>Tp= 3,74 Horas</p>
Gerencia Comercial		<p>Gerencia Comercial analizan el informe enviado por Control de Calidad, para dar todas las observaciones y sugerencias al cliente.</p>	<p>Se establece un Balancín #335 analizado.</p>	<p>Tnp= 0.33 Hora</p>
Asistente Comercial		<p>Se elabora y envía cotización de acuerdo al informe de inspección de recepción.</p>	<p>Documento de Cotización enviado al cliente.</p>	<p>Tnp= 0.5 Hora</p>





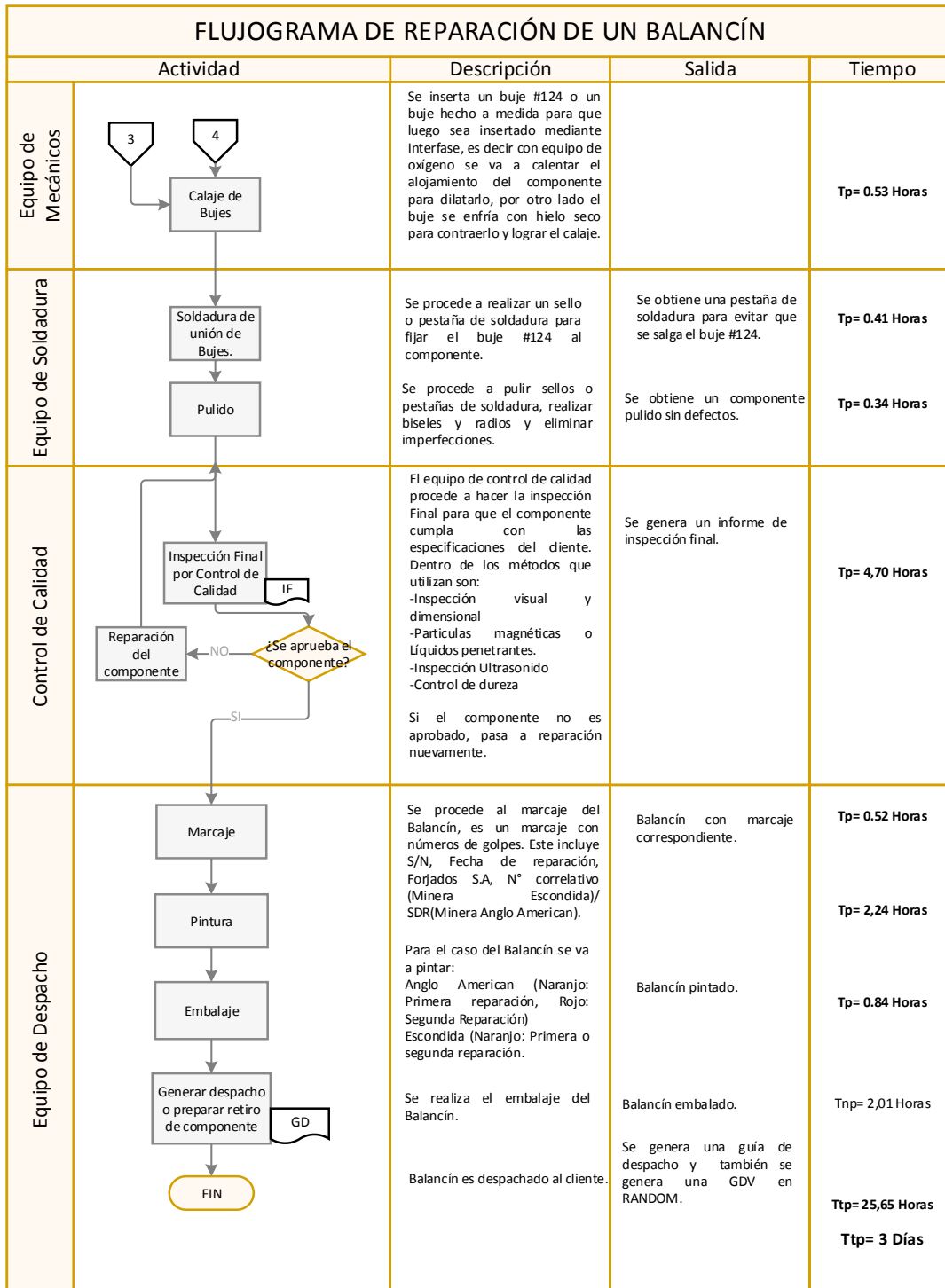


Figura 20: Diagrama de Flujo de Balancín.
Fuente: Elaboración Propia en Visio 2010.

5.4 Diagrama de Flujo de un Conjunto de Frenos Híbridos


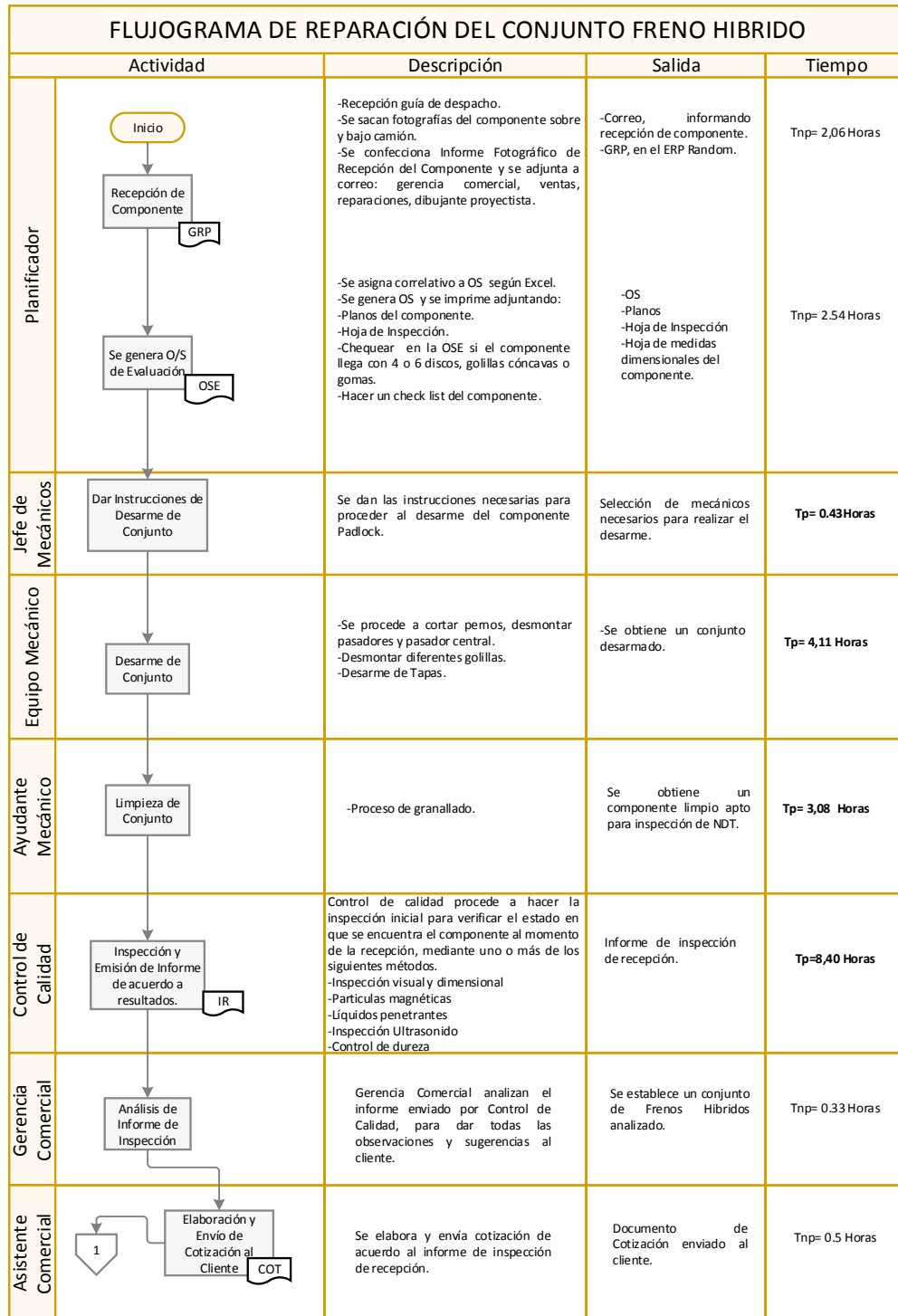
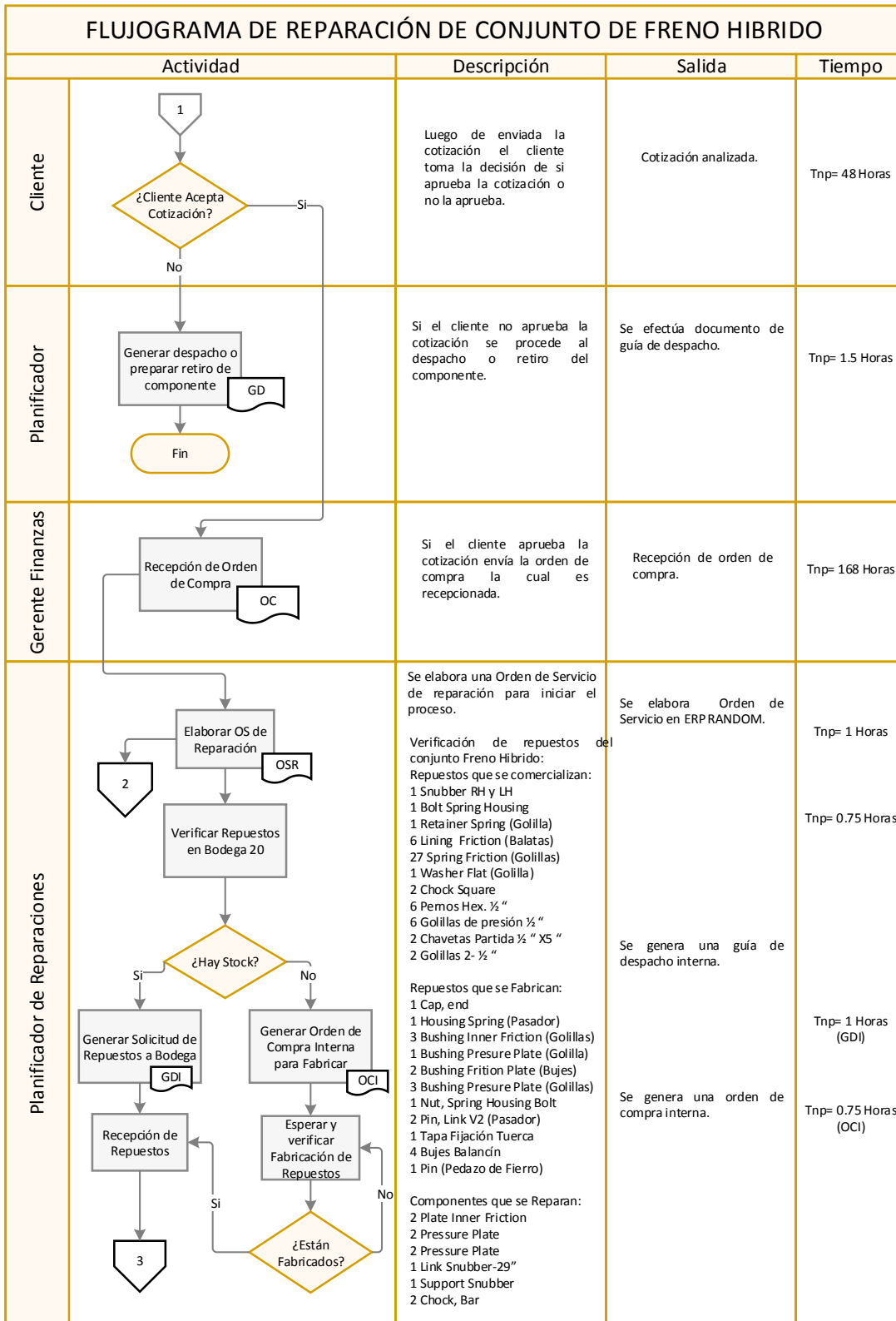
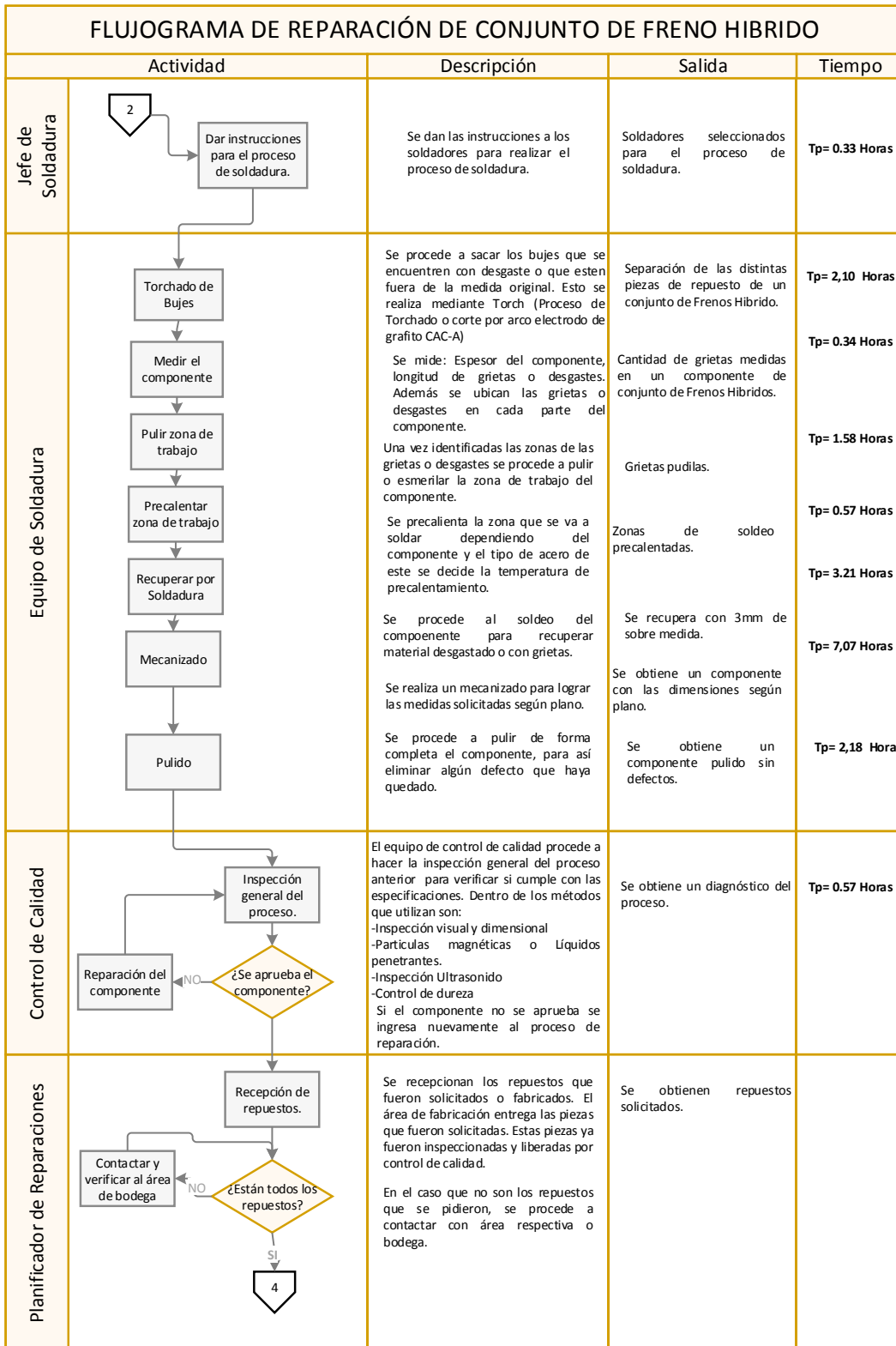
		Alcance: Área de Reparaciones
		Versión: 1
		Página: 1 de 1
		Autores: Oscar Arriagada y Gabriel Sepúlveda
PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA REPARACION DE UN CONJUNTO DE FRENOS HIBRIDOS		
Objetivo	El objetivo del presente procedimiento es establecer las actividades a realizar para la reparación del Conjunto de Frenos Híbridos de 4 o 6 Discos, con gomas o gollitas cóncavas.	
Alcance	Este procedimiento es aplicable en la reparación del Kit de Balde para la Pala Bucyrus 495 HR, específicamente para el Conjunto de Frenos Híbridos RH y LH.	
Responsabilidades	Área de Venta: Encargada de recepcionar pedidos para su venta según requerimiento del cliente, generando una cotización, nota de venta y facturación durante el proceso.	
	Dibujante proyectista: Cumple la función de dibujar, revisar y/o aprobar planos realizados o recepcionados para la ejecución de las piezas a los clientes, según requerimientos técnicos y mecánicos.	
	Administrador de Bodega/ Jefe de Abastecimiento e inventario: Garantizar los artículos y productos recurrentes, así como el adecuado manejo y custodia de las existencias de uso personal y de seguridad, verificando la exactitud del registro de los bienes y la integración de los datos que	
	Área de proceso de Reparaciones: Recepcionar las cotizaciones previamente aceptadas por el cliente y generar OT requerida para su ejecución en las áreas necesarias.	
	Jefe Área de proceso de Mecanizado /Área de procesos térmicos: Administrar y gestionar el correcto funcionamiento de la OT, para el cumplimiento de sus plazos de entrega. Dirigir y controlar los recursos humanos y físicos, velando por la seguridad, calidad y cuidado del medio ambiente.	
Terminología	Control de Calidad: Responsables del aseguramiento de la calidad de las OT. Revisar y controlar los trabajos enviados a distintas áreas relacionadas con la reparación del componente.	
	Área de Despacho: Responsables de marcar serie en la pieza, pintarla y embalarla para enviarla al cliente, según datos y guías enviadas de Planificación y Producción.	
	COT: Cotización. Documento que detalla la reparación y/o fabricación de productos del cliente con la perspectiva valoración y plazo de ejecución.	
	RANDOM: Software de gestión de información de producción y administración.	
	OC: Orden de compra	
	GRP: Guía de recepción de prestamos.	
	GDV: Guía de despacho de ventas.	
	GD: Guía de despacho	
	IF: Informe de inspección final.	
	IR: Informe de inspección de recepción.	
Requisitos de documentación	INC: Informe de no conformidad.	
	OTE: Orden de trabajo de evaluación.	
	OTR: Orden de trabajo de recepción.	
	Cotización	
	Nota de venta	
	Orden de trabajo	
	Orden de compra cliente	
	Guía de despacho	
Referencias	Planos	
	Procedimientos específicos para cada trabajo	
	Cotización	
	Normas técnicas	
	Muestras	
Autorizado por:		
Fecha:		

Ilustración 59: Procedimiento Reparación de Conjunto Frenos Híbridos.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.







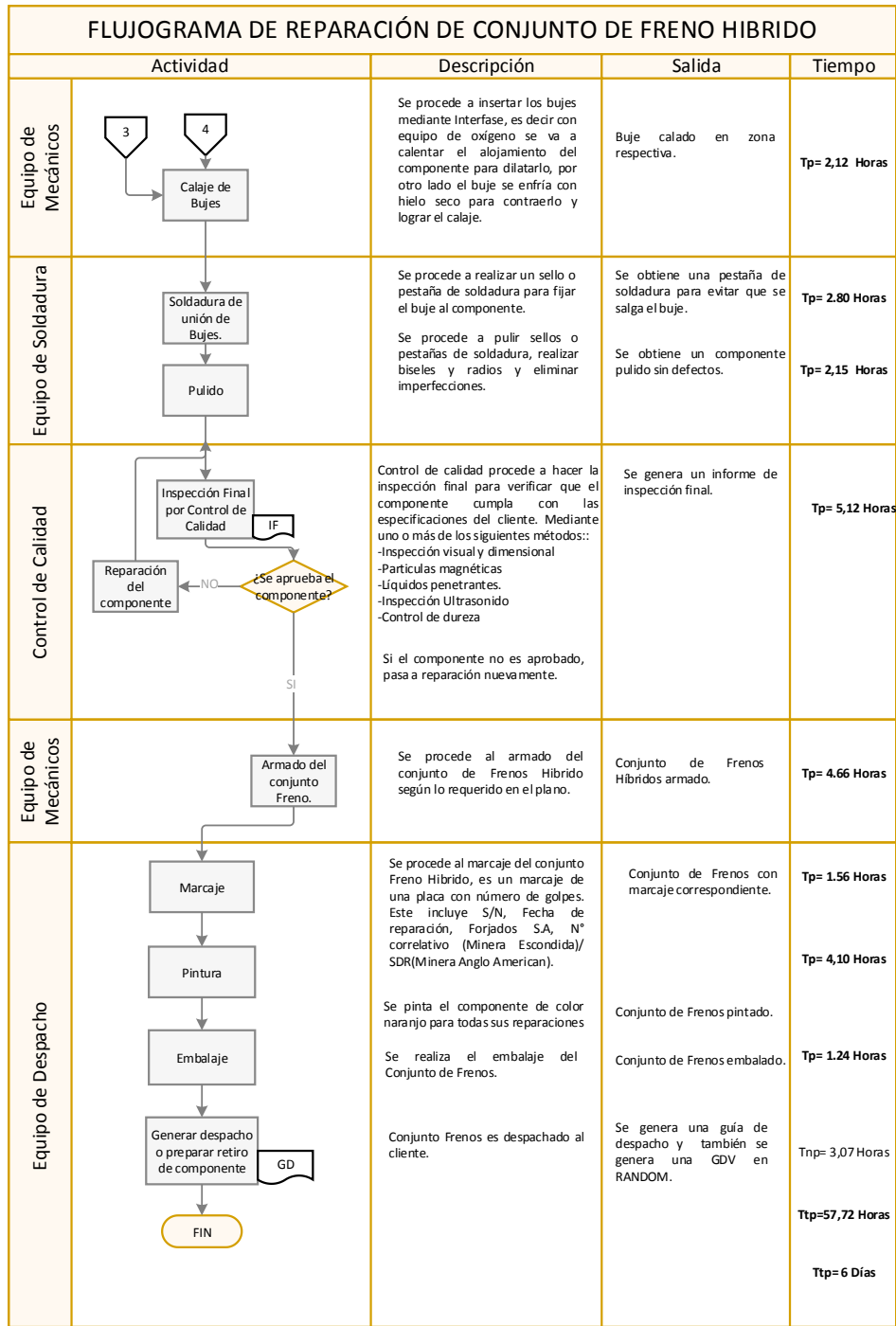


Figura 21: Diagrama de Flujo de un Conjunto de Frenos Híbridos.
Fuente: Elaboración Propia en Visio 2010.

5.5 Diagrama de flujo de un conjunto Padlock


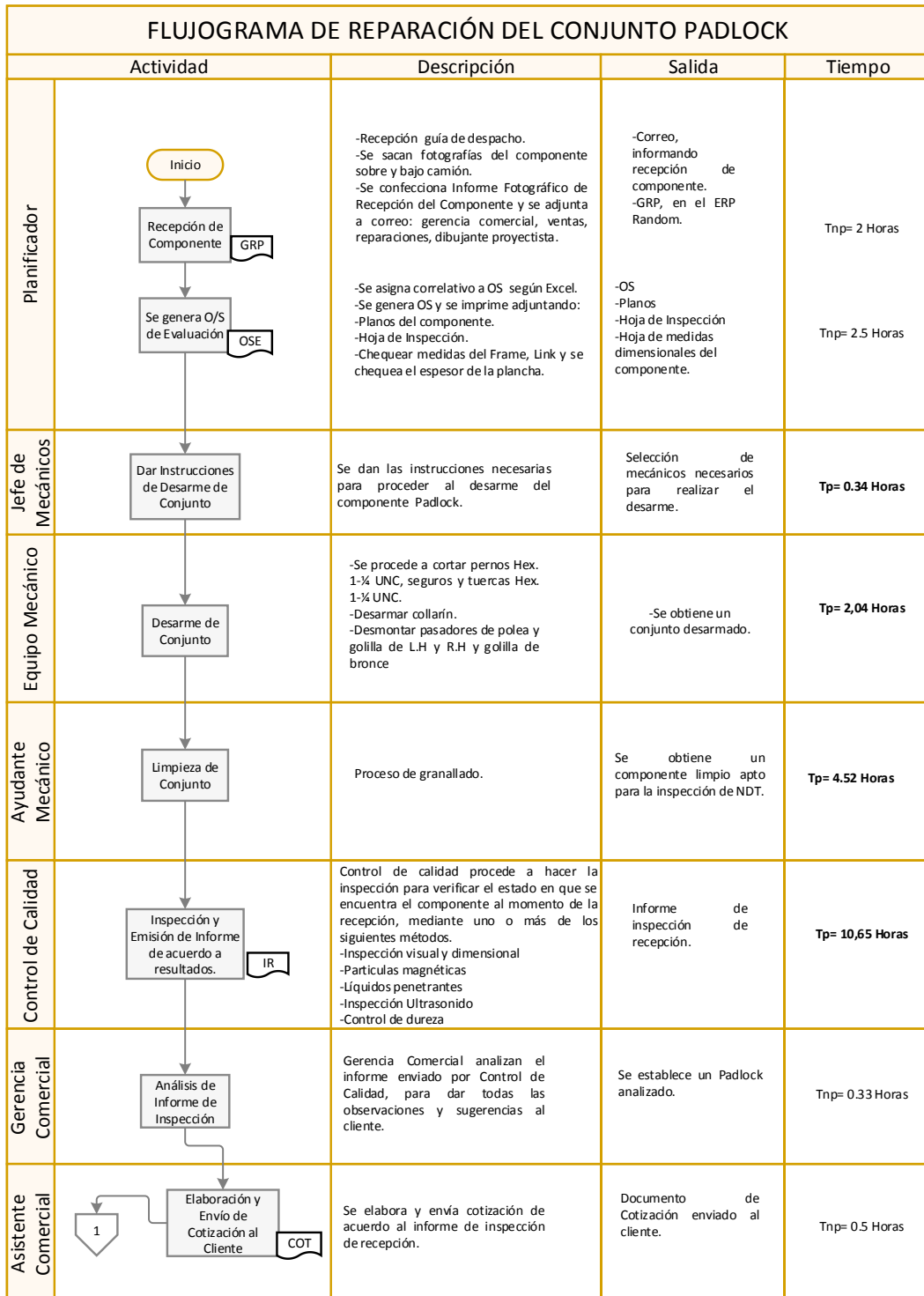
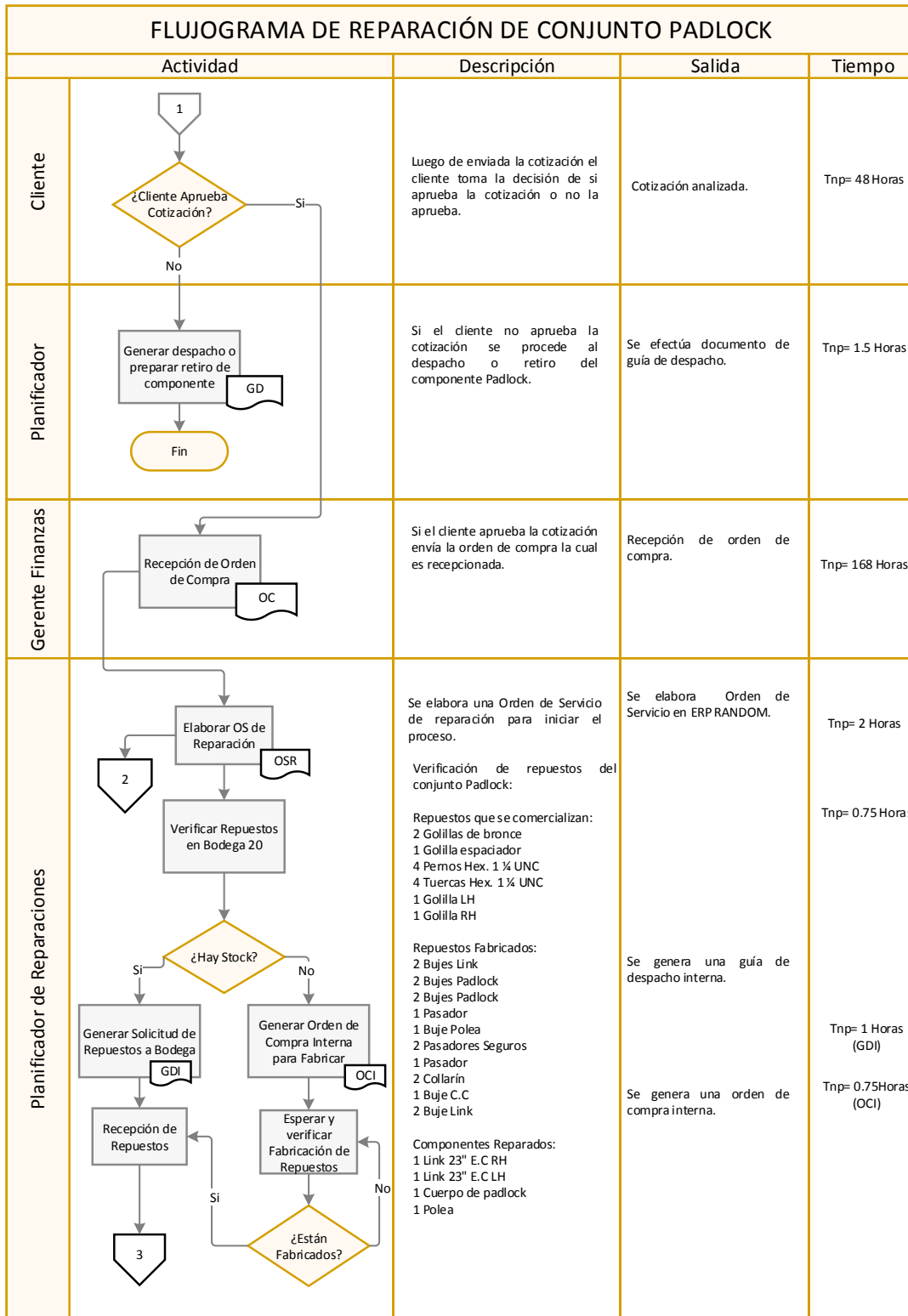
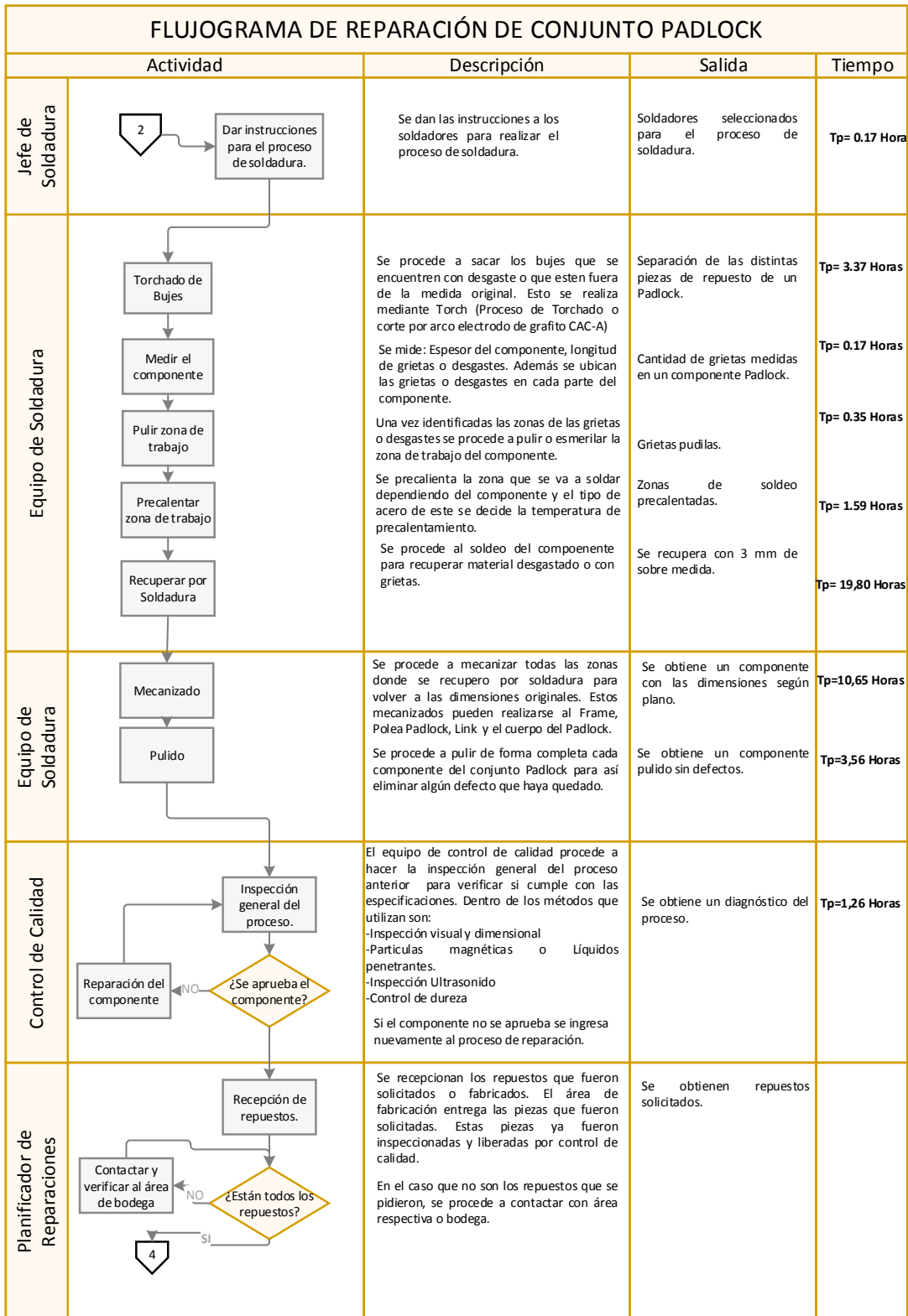
		Alcance: Área de Reparaciones
		Versión: 1
		Página: 1 de 1
		Autores: Oscar Arriagada y Gabriel Sepúlveda
PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA REPARACION DE UN CONJUNTO PADLOCK		
Objetivo	El objetivo del presente procedimiento es establecer las actividades a realizar para la reparación del Conjunto Padlock.	
Alcance	Este procedimiento es aplicable en la reparación del Kit de Balde para la Pala Bucyrus, específicamente para el Conjunto Padlock RH o Conjunto Padlock LH.	
Responsabilidades	Área de Venta: Encargada de recepcionar pedidos para su venta según requerimiento del cliente, generando una cotización, nota de venta y facturación durante el proceso.	
	Dibujante proyectista: Cumple la función de dibujar, revisar y/o aprobar planos realizados o recepcionados para la ejecución de las piezas a los clientes, según requerimientos técnicos y mecánicos.	
	Administrador de Bodega/ Jefe de Abastecimiento e inventario: Garantizar los artículos y productos recurrentes, así como el adecuado manejo y custodia de las existencias de uso personal y de seguridad, verificando la exactitud del registro de los bienes y la integración de los datos que forman el inventario de productos que manejan las diferentes áreas.	
	Área de proceso de Reparaciones: Recepcionar las cotizaciones previamente aceptadas por el cliente y generar OT requerida para su ejecución en las áreas necesarias.	
	Jefe Área de proceso de Mecanizado /Área de procesos técnicos: Administrar y gestionar el correcto funcionamiento de la OT, para el cumplimiento de sus plazos de entrega. Dirigir y controlar los recursos humanos y físicos, velando por la seguridad, calidad y cuidado del medio ambiente.	
Terminología	Control de Calidad: Responsables del aseguramiento de la calidad de las OT. Revisar y controlar los trabajos enviados a distintas áreas relacionadas con la reparación del componente.	
	Área de Despacho: Responsables de marcar serie en la pieza, pintarla y embalarla para enviarla al cliente, según datos y guías enviadas de Planificación y Producción.	
	COT: Cotización. Documento que detalla la reparación y/o fabricación de productos del cliente con la perspectiva valoración y plazo de ejecución.	
	RANDOM: Software de gestión de información de producción y administración.	
	OC: Orden de compra	
	GRP: Guía de recepción de préstamos.	
	GDV: Guía de despacho de ventas.	
	GD: Guía de despacho	
	IF: Informe de inspección final.	
	IR: Informe de inspección de recepción.	
Requisitos de documentación	INC: Informe de no conformidad.	
	OTE: Orden de trabajo de evaluación.	
	OTR: Orden de trabajo de recepción.	
	Cotización	
	Nota de venta	
Referencias	Orden de trabajo	
	Orden de compra cliente	
	Guía de despacho	
	Planos	
	Procedimientos específicos para cada trabajo	
Autorizado por:		
Fecha:		

Ilustración 60: Procedimiento para la Reparación de un Conjunto de Padlock.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.







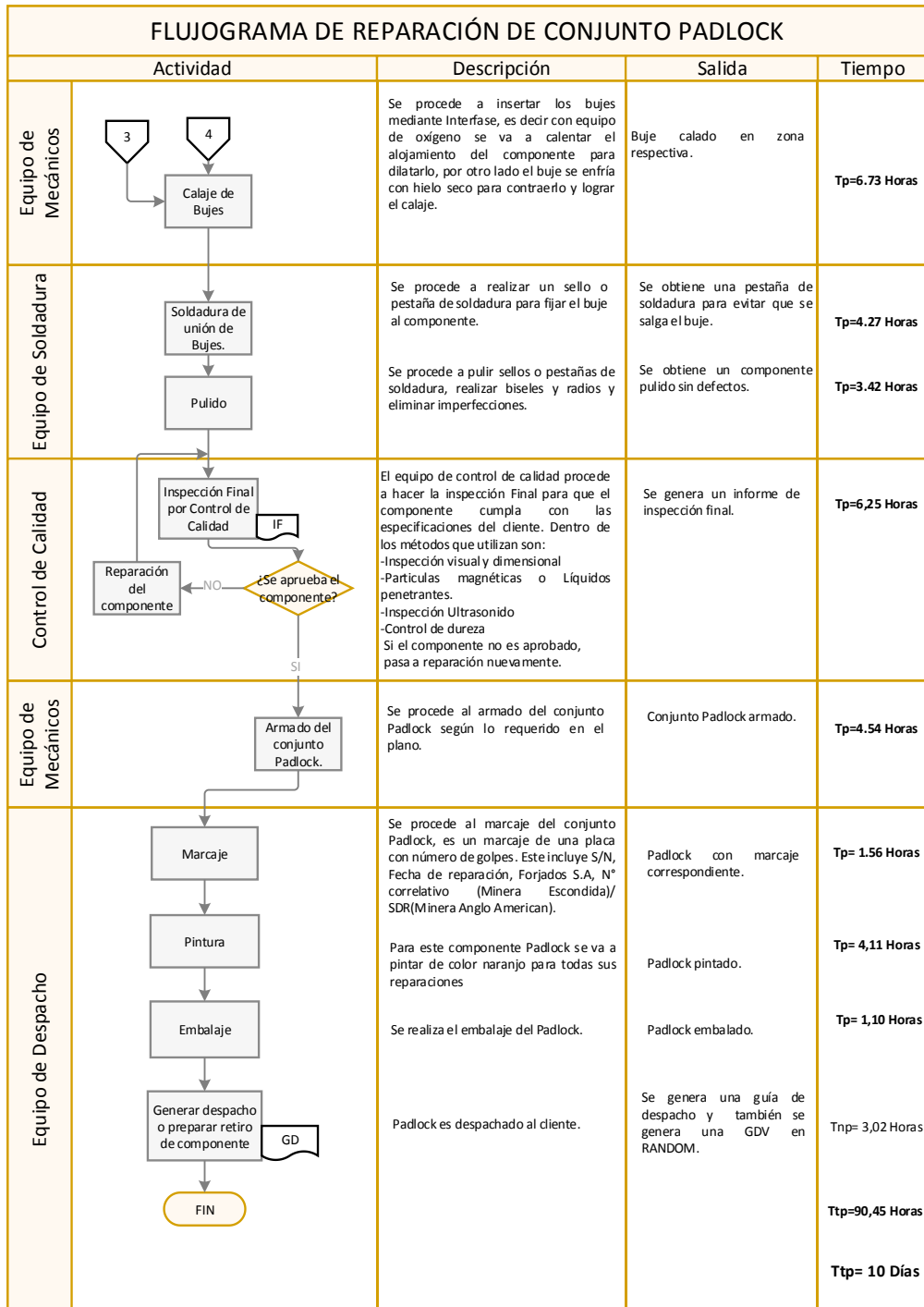


Figura 22: Diagrama de Flujo de un Conjunto de Padlock.
Fuente: Elaboración Propia en Visio 2010.

Anexo 7: Determinación del Número de Observaciones de Componentes a Medir

Para determinar, si el tamaño de la muestra de la medición de los tiempos de los componentes es el apropiado, se procede a llevar a cabo el procedimiento que se muestra a continuación.

6.1 Validación de la Muestra para Picaportes 4340

Determinación de la Confiabilidad del Estudio

Para esta medición se tomará un coeficiente de confianza de $C = 95\%$, $C = 1 - \alpha$ para una muestra de 4 picaportes 4340, es decir $n = 4$.

Cálculo de Intervalo de Confianza

$$LC = I$$

$$I = x \pm \frac{T_c * S}{\sqrt{n}}$$

x = Tiempo promedio seleccionado

Datos:

$$x = 6 \text{ días}$$

$$s = 2,1957$$

$$T_c = 3,182$$

$$n = 4$$

Remplazando:

$$I = 6 \pm \frac{3,182 * 2,1957}{\sqrt{4}}$$

$$I_s = 9,4934$$

$$I_i = 2,5066$$

$$I = 6,9868$$

Determinación de los Grados de Libertad y Tc.

Para fijar el estadístico Tc, se procede a calcular el nivel de significación (α) y el grado de libertad (ν) y con los valores que se tengan, ir a la Tabla T Student para una muestra de 4 componentes.

$$C = 1 - \alpha, \alpha = 1 - C, \alpha = 1 - 0,95, \alpha = 0,05$$

$$\nu = \text{Grados de libertad} = n - 1; \text{Donde } n = 4, \nu = 4 - 1 = 3$$

Para C= 0.95.

Se obtiene según los datos obtenidos y Tabla correspondiente un Tc = 3,182

Cálculo de la Desviación Estándar de la Muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/n}{n - 1}}$$

Remplazando:

$$S = \sqrt{\frac{156,6555 - 142,1922}{3}}$$

$$S = \sqrt{4,8211}$$

$$S = 2,1957$$

Determinación del intervalo de la Muestra Im

$$Im = \frac{2 * Tc * S}{\sqrt{n}}$$

Reemplazando:

$$Im = \frac{2 * 3,182 * 2,1957}{\sqrt{4}}$$

$$Im = 6,9867$$

Comparación del Intervalo Muestral (Im), con el Intervalo de Confianza (I).

Caso 1: Sí, $Im \leq I$ Se acepta el tamaño de la muestra.

Caso 2: $Im > I$ Se rechaza el tamaño de la muestra y se debe hacer un recalcu de la misma.

En consecuencia:

$6,9867 \leq 6,9868$ Por lo tanto se acepta el tamaño de la muestra.

6.2 Validación de la Muestra para Picaportes al Manganeso

1- Determinación de la Confiabilidad del Estudio

Para esta medición se tomará un coeficiente de confianza de $C= 95\%$, $C= 1 - \alpha$.para una muestra de 6 picaportes al manganeso, es decir $n = 6$.

2- Cálculo de Intervalo de Confianza $LC= I$

$$I = x \pm \frac{T_c * S}{\sqrt{n}}$$

x = Tiempo promedio seleccionado

Datos:

$x = 3$ dias

$S = 1,3130$

$T_c = 2,571$

$n = 6$

Remplazando:

$$I = 3 \pm \frac{2,571 * 1,3130}{\sqrt{6}}$$

$Is = 4,3781$

$li = 1,6218$

$I = 2,7563$

2.1- Determinación de los Grados de Libertad y Tc

Para fijar el estadístico Tc, se procede a calcular el nivel de significación (α) y el grado de libertad (ν) y con los valores que se tengan, ir a la Tabla T Student para una muestra de 6 componentes.

$$C = 1 - \alpha, \alpha = 1 - C, \alpha = 1 - 0,95, \alpha = 0,05$$

$$\text{Grados de libertad} = n - 1; \text{Donde } n = 6, \quad \nu = 6 - 1 = 5$$

Para C= 0.95.

Se obtiene según los datos obtenidos y Tabla correspondiente un $T_c = 2,571$

3- Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/n}{n - 1}}$$

Remplazando:

$$S = \sqrt{\frac{77,5927 - 68,9727}{5}}$$

$$S = \sqrt{1,724}$$

$$S = 1,3130$$

4- Cálculo de Intervalo de Muestra

$$Im = \frac{2 * T_c * S}{\sqrt{n}}$$

Remplazando:

$$Im = \frac{2 * 2,571 * 1,3130}{\sqrt{6}}$$

$$Im = 2,7563$$

5- Comparación del Intervalo Muestral (I_m) con el Intervalo de Confianza (I).

Caso 1: Sí, $I_m \leq I$ Se acepta el tamaño de la muestra.

Caso 2: $I_m > I$ Se rechaza el tamaño de la muestra y se debe hacer un recalcu de la misma.

En consecuencia:

$2,7563 \leq 2,7563$ Por lo tanto se acepta el tamaño de la muestra.

6.3 Validación de la Muestra para Balancines

1- Determinación de la Confiabilidad del Estudio

Para esta medición se tomará un coeficiente de confianza de $C = 95\%$, $C = 1 - \alpha$ para una muestra de 5 Balancines, es decir $n = 5$.

2- Cálculo de Intervalo de Confianza $LC = I$

$$I = x \pm \frac{T_c * S}{\sqrt{n}}$$

x = Tiempo promedio seleccionado

Datos:

$x = 3$ días

$S = 0,8778$

$T_c = 2,776$

$n = 5$

Remplazando:

$$I = 3 \pm \frac{2,776 * 0,8778}{\sqrt{5}}$$

$I_s = 4,0898$

$I_i = 1,9102$

$I = 2,1796$

2.1- Determinación de los Grados de Libertad y Tc

Para fijar el estadístico Tc, se procede a calcular el nivel de significación (α) y el grado de libertad (ν) y con los valores que se tengan, ir a la Tabla T Student para una muestra de 5 componentes.

$$C = 1 - \alpha, \alpha = 1 - C, \alpha = 1 - 0,95, \alpha = 0,05$$

$$\text{Grados de libertad} = n - 1; \text{Donde } n = 5, \quad \nu = 5 - 1 = 4$$

Para C= 0.95.

Se obtiene según los datos obtenidos y Tabla correspondiente un Tc = 2,776

3- Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/n}{n - 1}}$$

Remplazando:

$$S = \sqrt{\frac{56,4895 - 53,4073}{4}}$$

$$S = \sqrt{0,7706}$$

$$S = 0,8778$$

4- Cálculo de Intervalo de Muestra

$$Im = \frac{2 * Tc * S}{\sqrt{n}}$$

Remplazando:

$$Im = \frac{2 * 2,776 * 0,8778}{\sqrt{5}}$$

$$Im = 2,1795$$

5- Comparación del Intervalo Muestral (I_m) con el Intervalo de Confianza (I).

Caso 1: Sí, $I_m \leq I$ Se acepta el tamaño de la muestra.

Caso 2: $I_m > I$ Se rechaza el tamaño de la muestra y se debe hacer un recalcu de la misma.

En consecuencia:

$2,1795 \leq 2,1796$ Por lo tanto se acepta el tamaño de la muestra.

6.4 Validación de la Muestra para Conjunto de Frenos Híbridos

1- Determinación de la confiabilidad del estudio

Para esta medición se tomará un coeficiente de confianza de $C= 95\%$, $C= 1 - \alpha$ para una muestra de 12 conjuntos frenos híbridos, es decir $n = 12$.

2- Cálculo de intervalo de confianza $LC= I$

$$I = x \pm \frac{T_c * S}{\sqrt{n}}$$

x = Tiempo promedio seleccionado

Datos:

$x = 7$ días

$S = 1,6759$

$T_c = 2,201$

$n = 12$

Remplazando:

$$I = 7 \pm \frac{2,201 * 1,6759}{\sqrt{12}}$$

$I_s = 8,0648$

$I_i = 5,9352$

$I = 2,1296$

2.1- Determinación de los grados de libertad y Tc

Para fijar el estadístico Tc, se procede a calcular el nivel de significación (α) y el grado de libertad (ν) y con los valores que se tengan ir, a la Tabla T Student para una muestra de 12 componentes.

$$C = 1 - \alpha, \alpha = 1 - C, \alpha = 1 - 0,95, \alpha = 0,05$$

$$\text{Grados de libertad} = n - 1; \text{Donde } n = 12, \nu = 12 - 1 = 11$$

Para C= 0.95.

Se obtiene según los datos obtenidos y Tabla correspondiente un Tc = 2,201

3- Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/n}{n - 1}}$$

Remplazando:

$$S = \sqrt{\frac{673,1343 - 642,2398}{11}}$$

$$S = \sqrt{2,8086}$$

$$S = 1,6759$$

4- Cálculo de Intervalo de Muestra

$$Im = \frac{2 * Tc * S}{\sqrt{n}}$$

Reemplazando:

$$Im = \frac{2 * 2,201 * 1,6759}{\sqrt{12}}$$

$$Im = 2,1296$$

5- Comparación del Intervalo Muestral (I_m) con el Intervalo de Confianza (I).

Caso 1: Sí, $I_m \leq I$ Se acepta el tamaño de la muestra

Caso 2: $I_m > I$ Se rechaza el tamaño de la muestra y se debe hacer un recalcu de la misma.

En consecuencia:

$2,1296 \leq 2,1296$ Por lo tanto se acepta el tamaño de la muestra.

6.5 Validación de la Muestra para Conjunto de Padlock

6- Determinación de la Confiabilidad del Estudio

Para esta medición se tomará un coeficiente de confianza de $C= 95\%$, $C= 1 - \alpha$ para una muestra de 10 Conjuntos Padlock, es decir $n = 10$.

7- Cálculo de Intervalo de Confianza $LC= I$

$$I = x \pm \frac{T_c * S}{\sqrt{n}}$$

x = Tiempo promedio seleccionado

Datos:

$x = 11$ días

$S = 2,0716$

$T_c = 2,262$

$n = 10$

Remplazando:

$$I = 11 \pm \frac{2,262 * 2,0716}{\sqrt{10}}$$

$$I_s = 12,4818$$

$$I_i = 9,5181$$

$$I = 2,9637$$

2.1- Determinación de los Grados de Libertad y Tc

Para fijar el estadístico Tc, se procede a calcular el nivel de significación (α) y el grado de libertad (ν) y con los valores que se tengan ir, a la Tabla T Student para una muestra de 10 componentes.

$$C = 1 - \alpha, \quad \alpha = 1 - C, \quad \alpha = 1 - 0,95, \quad \alpha = 0,05$$

$$\text{Grados de libertad} = n - 1; \text{ Donde } n = 10, \quad \nu = 10 - 1 = 9$$

Para C= 0.95.

Se obtiene según los datos obtenidos y Tabla correspondiente un Tc = 2,262

8- Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/n}{n - 1}}$$

Remplazando:

$$S = \sqrt{\frac{1230,8902 - 1192,2655}{9}}$$

$$S = \sqrt{4,2916}$$

$$S = 2,0716$$

9- Cálculo de Intervalo de Muestra

$$Im = \frac{2 * Tc * S}{\sqrt{n}}$$

Remplazando:

$$Im = \frac{2 * 2,262 * 2,0716}{\sqrt{10}}$$

$$Im = 2,9637$$

10- Comparación del Intervalo Muestral (I_m) con el Intervalo de Confianza (I).

Caso 1: Sí, $I_m \leq I$ Se acepta el tamaño de la muestra

Caso 2: $I_m > I$ Se rechaza el tamaño de la muestra y se debe hacer un recalcu de la misma.

En consecuencia:

$2,9637 \leq 2,9637$ Por lo tanto se acepta el tamaño de la muestra.

Anexo 8: Formulario para Medir Tiempos


 SERVICIOS PARA SOLDADURA Y MONTAJE	ANÁLISIS DE LA TRAZABILIDAD DE COMPONENTES						ORDEN DE TRABAJO:
	Hora de Inicio		Hora de Término		Total Horas destinadas		
TIPO DE COMPONENTE	T. Proceso	T.P Proceso	T. Proceso	T.P Proceso	T. Proceso	T.P Proceso	Observación
FLUJOGRAMA DE REPARACION DE UN COMPONENTE							
Recepción de componente							
Se genera O/S de evaluación							
Instrucciones de desarme de conjunto							
Desarme del conjunto							
Limpieza del componente							
Inspección inicial y emisión de informe							
Alivio de tensiones							
Instrucciones de soldadura							
Torchado de bujes							
Medición del componente							
Pulir zona de trabajo							
Precalear zona de trabajo							
Recuperar por soldadura							
Mecanizado							
Pulido intermedio							
Inspección general del proceso							
Reproceso							
Calaje de bujes							
Soldadura de unión de bujes							
Pulido final							
Inspección final de control de calidad							
Reproceso							
Armado del conjunto							
Marcaje							
Pintura							
Embalaje							
Despacho de componente							
TOTAL DE HORAS PARA UN COMPONENTE							
TOTAL DIAS PARA UN COMPONENTE							

Tabla 33: Formulario de Medición de los Tiempos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

Anexo 9: Resultado de Medición Tiempos y Tipo de Distribución

8.1 Picaportes 4340

FLUJOGRAMA DE REPARACIONES DE PICAPORTE		Picaporte 1	Picaporte 2	Picaporte 3	Picaporte 4	Promedio X	MINÍMO	MÁXIMO	MODA	DESVIACIÓN ESTANDAR	TIPO DE DISTRIBUCION SEGUN SOFTWARE ARENA
1	Recepción de componente	1,00	1,07	1,13	1,00	1,05	1,00	1,13	1,02	0,06	
2	Se genera O/S de evaluación	0,54	0,64	0,55	0,60	0,58	0,54	0,64	0,57	0,05	
3	Limpieza del componente	1,62	1,57	1,54	1,51	1,56	1,51	1,62	1,55	0,05	BETA
4	Inspección Inicial y emisión de informe.	0,50	3,25	5,43	9,45	4,66	0,50	9,45	4,02	3,78	UNIFORME
5	Análisis de informe de inspección										
6	Elaboración y envío de cotización al cliente										
7	Respuesta de la cotización del cliente										
8	Despacho de componente (Por no aceptación de cotización)										
9	Recepción de Orden de Compra										
10	Elaboración de O/S de reparación (Física)										
11	Alivio de tensiones	17,00	17,17	16,75	17,42	17,09	16,75	17,42	17,09	0,28	BETA
12	Instrucciones para el proceso de soldadura	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,00	
13	Medición del componente	0,58	0,44	0,90	0,63	0,64	0,44	0,90	0,57	0,19	
14	Pulir zona de trabajo	1,32	0,75	1,16	1,76	1,25	0,75	1,76	1,24	0,42	
15	Precalear zona de trabajo	0,50	3,25	5,04	5,29	3,52	0,50	5,29	4,77	2,21	
16	Recuperar por soldadura	0,60	3,90	6,06	11,34	5,48	0,60	11,34	4,49	4,51	
	PROCESO DE SOLDADURA	3,18	8,51	13,34	19,20	11,06	3,18	19,20	10,79	6,83	UNIFORME
17	Mecanizado	0,45	2,93	4,58	8,51	4,12	0,45	8,51	3,39	3,38	UNIFORME
18	Pulido	0,30	1,95	3,30	5,67	2,80	0,30	5,67	2,44	2,27	UNIFORME
19	Inspección final de control de calidad	0,50	3,25	5,19	9,45	4,60	0,50	9,45	3,85	3,76	UNIFORME
20	Reproceso	3,00				3,00	3,00	3,00	3,00		
21	Marcaje	0,54	0,55	0,51	0,58	0,55	0,51	0,58	0,54	0,03	UNIFORME
22	Pintura	2,02	2,02	2,01	2,15	2,05	2,01	2,15	1,98	0,07	POISSON
23	Embalaje	0,69	0,69	1,05	0,74	0,79	0,69	1,05	0,64	0,17	BETA
24	Despacho de componente	2,14	2,02	2,19	2,06	2,10	2,02	2,19	2,09	0,08	
	TOTAL HORAS PARA UN PICAPORTE 4340	30	49	58	78	56	30	78	59	20	
	TOTAL DIAS PARA PICAPORTE 4340	3	5	6	9	6	3	9	7	2	

Tabla 34: Resultados de Medición de Picaporte 4340.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

8.2 Picaportes al Manganeso

FLUJOGRAMA DE REPARACIONES DE PICAPORTE MN		Picaporte 1	Picaporte 2	Picaporte 3	Picaporte 4	Picaporte 5	Picaporte 6	Promedio X	MINÍMO	MÁXIMO	MODA	DESVIACIÓN ESTANDAR	TIPO DE DISTRIBUCION SEGUN SOFTWARE ARENA
1	Recepción de componente	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	0,00	
2	Se genera O/S de evaluación	0,52	0,51	0,54	0,50	0,51	0,53	0,52	0,50	0,54	0,51	0,01	
3	Limpieza del componente	1,66	1,68	1,71	0,48	1,65	1,78	1,49	0,48	1,78	2,22	0,50	BETA
4	Inspección Inicial y emisión de informe.	2,71	5,99	2,11	1,22	7,89	4,33	4,04	1,22	7,89	3,01	2,54	UNIFORME
5	Análisis de informe de inspección												
6	Elaboración y envío de cotización al cliente												
7	Respuesta de la cotización del cliente												
8	Despacho de componente por no se acepte la cotización												
9	Recepción de Orden de Compra												
10	Elaboración de O/S de reparación (Física)												
11	Alivio de tensiones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	Instrucciones para el proceso de soldadura	0,18	0,18	0,18	0,15	0,18	0,17	0,17	0,15	0,18	0,19	0,01	
13	Medición del componente	0,50	0,67	0,63	0,42	0,59	0,88	0,62	0,42	0,88	0,55	0,16	
14	Pulir zona de trabajo	0,98	0,58	0,44	0,74	0,23	0,10	0,51	0,10	0,98	0,46	0,33	
15	Precalear zona de trabajo	2,75	2,46	2,11	0,80	9,94	4,31	3,73	0,80	9,94	0,44	3,25	
16	Recuperar por soldadura	3,30	1,81	2,53	2,29	11,39	5,17	4,42	1,81	11,39	0,05	3,61	
	PROCESO DE SOLDADURA	7,71	5,71	5,88	4,40	22,33	10,64	9,45	4,40	22,33	1,60	6,67	WEIBULL
17	Mecanizado	6,16	1,41	1,89	0,77	0,41	3,87	2,42	0,41	6,16	0,68	2,20	ERLANG
18	Pulido	0,72	2,83	1,26	2,98	1,44	2,58	1,97	0,72	2,98	2,21	0,95	UNIFORME
19	Inspección final de control de calidad	6,69	3,87	2,11	1,15	7,50	4,31	4,27	1,15	7,50	4,16	2,49	UNIFORME
20	Reproceso	1,26					1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	0,00	
21	Marcaje	0,53	0,47	0,55	0,16	0,58	0,52	0,47	0,16	0,58	0,67	0,15	BETA
22	Pintura	1,54	2,12	2,23	0,10	2,02	1,97	1,66	0,10	2,23	2,66	0,80	TRIANGULAR
23	Embalaje	0,76	0,80	0,89	0,53	0,90	0,92	0,80	0,53	0,92	0,95	0,15	BETA
24	Generar despacho	2,06	2,27	1,84	0,84	2,13	2,84	2,00	0,84	2,84	2,31	0,66	
	TOTAL HORAS PICAPORTE MN	32	30	22	14	48	37	31	14	48	32	12	
	TOTAL DIAS PICAPORTE MN	4	3	2	2	5	4	3	2	5	4	1	

Tabla 35: Resultados de Medición de Picaporte al Manganeso.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

8.3 Balancines

FLUJOGRAMA DE REPARACIONES DE UN BALANCÍN		Balancín 1	Balancín 2	Balancín 3	Balancín 4	Balancín 5	Promedio X	MINIMO	MAXIMO	MODA	DESVIACIÓN ESTANDAR	TIPO DE DISTRIBUCION SEGUN SOFTWARE ARENA
1	Recepción de componente	1,03	1,15	1,06	1,06	1,03	1,06	1,03	1,15	1,02	0,05	
2	Se genera O/S de evaluación	0,51	0,54	0,55	0,54	0,51	0,53	0,51	0,55	0,54	0,02	
3	Limpieza del componente	0,94	1,06	1,01	1,07	1,08	1,03	0,94	1,08	1,07	0,06	BETA
4	Inspección inicial y emisión de informe.	4,07	2,12	2,09	6,31	4,11	3,74	2,09	6,31	2,82	1,75	ERLANG
5	Análisis de informe de inspección											
6	Elaboración y envío de cotización al cliente											
7	Respuesta de la cotización del cliente											
8	Despacho de componente porque no se acepta la cotización											
9	Recepción de Orden de Compra											
10	Elaboración de O/S de reparación (Física)											
11	Verificar repuestos en Bodega 20											
12	Si hay stock, Generar Solicitud de repuestos a Bodega (GDI)											
13	Si no hay stock, Generar orden de compra interna para fabricar (OCI)											
14	Recepción de repuestos											
15	Instrucciones para el proceso de soldadura	0,28	0,17	0,18	0,31	0,14	0,22	0,14	0,31	0,20	0,08	
16	Torchado de Bujes	0,34	0,34	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,36	0,33	0,01	BETA
17	Medición del componente	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50	0,00	
18	Pulir zona de trabajo	0,51	0,54	0,50	0,50	0,54	0,52	0,50	0,54	0,51	0,02	
19	Precalentar zona de trabajo	2,02	1,06	1,20	2,96	2,08	1,86	1,06	2,96	1,57	0,77	
20	Recuperar por soldadura	3,06	1,59	1,80	4,41	3,03	2,78	1,59	4,41	2,33	1,14	
21	PROCESO DE SOLDADURA	6,09	3,69	4,01	8,38	6,15	5,66	3,69	8,38	4,92	1,90	ERLANG
22	Mecanizado	3,02	1,59	1,78	4,44	3,03	2,77	1,59	4,44	2,29	1,15	ERLANG
23	Pulido intermedio	1,01	0,53	0,60	1,48	1,01	0,93	0,53	1,48	0,77	0,38	BETA
24	Inspección general del proceso	1,51	0,80	0,90	2,22	1,47	1,38	0,80	2,22	1,13	0,57	BETA
25	Reproceso		0,30					0,30	0,30	0,30	0,00	
26	Calaje de buje	0,54	0,54	0,54	0,54	0,50	0,53	0,50	0,54	0,55	0,02	TRIANGULAR
27	Soldadura de Unión de Bujes	0,38	0,38	0,44	0,46	0,38	0,41	0,38	0,46	0,38	0,04	POISSON
28	Pulido final	0,33	0,33	0,34	0,35	0,33	0,34	0,33	0,35	0,33	0,01	WEIBULL
29	Inspección final de control de calidad	5,34	2,65	2,60	7,39	5,50	4,70	2,60	7,39	4,10	2,05	UNIFORME
30	Reproceso		0,25	0,25				0,25	0,25	0,25	0,00	
31	Marceje	0,47	0,57	0,51	0,51	0,55	0,52	0,47	0,57	0,53	0,04	BETA
32	Pintura	2,38	2,04	1,94	2,40	2,44	2,24	1,94	2,44	2,33	0,23	BETA
33	Embalaje	0,87	0,76	0,74	0,89	0,94	0,84	0,74	0,94	0,84	0,09	BETA
34	Despacho de componente	2,02	2,02	2,00	2,02	2,01	2,01	2,00	2,02	2,02	0,01	
TOTAL HORAS DESTINADAS PARA UN BALANCÍN		31	22	22	41	32	30	22	41	27	1	
TOTAL DIAS LABORALES DESTINADOS A UN BALANCÍN		3	2	2	5	4	3	2	5	3	1	

Tabla 36: Resultados de Medición de Balancines.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

8.4 Conjunto de Frenos Híbridos

FLUJOGRAMA DE UN CONJUNTO DE FRENO HÍBRIDOS		Freno 1	Freno 2	Freno 3	Freno 4	Freno 5	Freno 6	Freno 7	Freno 8	Freno 9	Freno 10	Freno 11	Freno 12	Promedio X	MINIMO	MAXIMO	MODA	DESVIACIÓN ESTANDAR	TIPO DE DISTRIBUCION SEGUN SOFTWARE ARENA
1	Recepción de componente	1,84	2,16	2,06	2,12	2,19	2,16	1,96	2,08	2,22	2,05	1,70	2,16	2,06	1,70	2,22	2,25	0,15	
2	Se genera O/S de evaluación	2,52	2,55	2,52	2,67	2,72	2,52	2,55	2,62	2,15	2,41	2,51	2,77	2,54	2,15	2,77	2,70	0,16	
3	Instrucciones de desarme del conjunto	0,42	0,41	0,42	0,42	0,42	0,41	0,42	0,44	0,51	0,43	0,46	0,42	0,43	0,41	0,51	0,38	0,03	POISSON
4	Desarme del conjunto	4,03	4,29	4,27	4,24	4,03	3,77	4,01	4,03	4,28	3,94	4,03	4,39	4,11	3,77	4,39	4,16	0,18	POISSON
5	Limpieza del componente	3,24	3,20	3,21	3,02	2,94	3,19	3,03	3,03	3,23	2,83	3,02	3,03	3,08	2,83	3,24	3,18	0,13	BETA
6	Inspección inicial y emisión de informe.	18,00	0,24	0,24	12,22	20,13	2,55	2,88	12,10	1,80	19,80	4,20	6,60	8,40	0,24	20,13	4,82	7,69	GAMMA
7	Análisis de informe de inspección																		
8	Elaboración y envío de cotización al cliente																		
9	Verificar repuestos en Bodega 20																		
10	Instrucciones para el proceso de soldadura	0,34	0,34	0,28	0,34	0,30	0,34	0,34	0,36	0,27	0,34	0,33	0,36	0,33	0,27	0,36	0,35	0,03	
11	Torchado de Bujes (6 bujes)	2,00	2,02	3,14	2,02	2,22	1,90	1,36	2,02	2,12	2,02	2,18	2,16	2,10	1,36	3,14	1,78	0,40	TRIANGULAR
12	Medición del componente	0,34	0,33	0,34	0,33	0,36	0,34	0,36	0,37	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,37	0,33	0,01	
13	Pulir zona de trabajo	1,78	1,51	1,62	1,51	1,47	2,33	1,58	1,51	1,51	1,01	1,59	1,51	1,58	1,01	2,33	1,40	0,30	
14	Precalentar zona de trabajo	0,55	0,55	0,53	0,12	0,50	0,95	0,75	0,75	0,67	0,50	0,44	0,50	0,57	0,12	0,95	0,64	0,20	
15	Recuperar por soldadura	3,41	4,94	1,65	3,39	5,95	3,42	0,76	3,23	1,74	7,16	1,11	1,74	3,21	0,76	7,16	1,70	1,99	
16	PROCESO DE SOLDADURA	6,42	7,67	4,42	5,68	8,58	7,37	3,79	6,22	4,53	9,34	3,80	4,45	6,02	3,79	9,34	4,94	1,90	BETA
17	Mecanizado	7,03	7,05	7,63	7,12	11,75	7,41	1,68	7,19	1,68	11,69	7,49	7,07	7,07	1,68	11,75	7,77	3,05	TRIANGULAR
18	Pulido intermedio	2,12	2,16	2,10	2,14	4,54	2,02	0,48	2,16	0,92	3,34	2,04	2,16	2,18	0,48	4,54	1,52	1,02	NORMAL
19	Inspección general del proceso	0,54	0,46	0,54	0,53	0,84	0,96	0,50	0,45	0,31	0,58	0,60	0,53	0,57	0,31	0,96	0,44	0,17	POISSON
20	Reproceso			1,75			1,81					1,63		1,73	1,63	1,81	1,75	0,09	
21	Calaje de buje (Son 6 bujes)	2,02	2,18	2,14	2,04	2,02	2,14	2,18	2,22	2,15	2,14	2,04	2,16	2,12	2,02	2,22	2,12	0,07	BETA
22	Soldadura de Unión de Bujes (6 bujes)	2,67	2,52	2,75	2,51	2,60	2,67	2,52	2,50	2,62	2,72	2,52	4,97	2,80	2,50	4,97	0,92	0,69	
23	Pulido final (6 bujes)	2,10	2,16	1,85	3,12	2,12	2,14	2,02	1,96	2,02	2,18	2,01	2,10	2,15	1,85	3,12	1,48	0,32	POISSON
24	Inspección final de control de calidad	7,55	7,06	0,91	7,12	13,14	1,49	1,68	3,05	2,45	7,12	2,45	7,41	5,12	0,91	13,14	1,30	3,68	BETA
25	Reproceso			0,20								0,20		0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	
26	Armado del conjunto Freno Híbrido	4,81	4,85	3,74	4,57	4,75	4,44	4,87	4,85	4,71	4,77	4,76	4,80	4,66	3,74	4,87	5,38	0,32	BETA
27	Marceje	1,56	1,60	1,55	1,57	1,62	1,52	1,62	1,46	1,66	1,41	1,57	1,63	1,56	1,41	1,66	1,62	0,07	NORMAL
28	Pintura	4,31	4,07	3,32	4,07	4,07	4,31	3,88	4,27	4,31	4,07	4,39	4,10	4,10	3,32	4,39	4,58	0,29	BETA
29	Embalaje	1,15	1,24	1,29	1,23	1,25	1,25	1,28	1,25	1,10	1,18	1,45	1,26	1,24	1,10	1,45	1,18	0,08	NORMAL
30	Despacho de componente	3,04	2,77	2,92	3,23	3,21	3,21	3,18	3,07	3,11	3,14	3,02	2,95	3,07	2,77	3,23	3,21	0,14	
TOTAL HORAS PARA UN FRENO HÍBRIDO		77	61	53	72	95	59	46	67	48	87	58	67	67	46	95	61	15	
TOTAL DIAS UN FRENO HÍBRIDO		9	7	6	8	11	7	5	7	5	10	6	7	7	5	11	7	2	

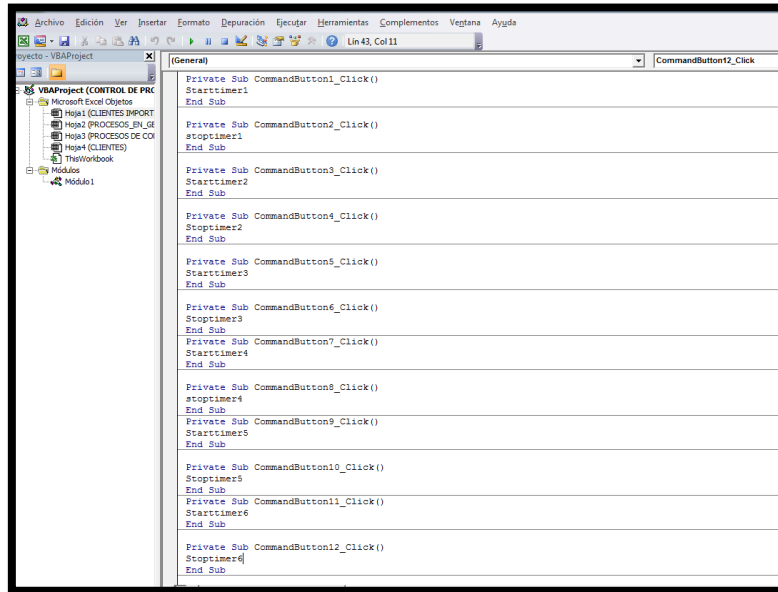
Tabla 37: Resultados de Medición de Conjuntos de Frenos Híbridos.
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

8.5 Conjunto de Padlock

FLUJOGRAMA DE REPARACIONES DE UN CONJUNTO DE PADLOCK		ANÁLISIS DE LA TRAZABILIDAD DE CONJUNTO PADLOCK														TIPO DE DISTRIBUCION SEGUN SOFTWARE ARENA	
		Padlock 1	Padlock 2	Padlock 3	Padlock 4	Padlock 5	Padlock 6	Padlock 7	Padlock 8	Padlock 9	Padlock 10	Promedio X	MINIMO	MAXIMO	MODA		DESVIACIÓN ESTANDAR
1	Recepción de componente	1,98	2,16	1,94	2,01	2,04	2,02	2,02	2,05	1,70	2,04	2,00	1,70	2,16	2,13	0,12	
2	Se genera O/S de evaluación	2,67	2,55	2,52	2,28	2,60	2,55	2,15	2,41	2,68	2,57	2,50	2,15	2,68	2,66	0,17	
3	Instrucciones de desarme del conjunto	0,36	0,32	0,28	0,34	0,33	0,33	0,41	0,35	0,37	0,34	0,34	0,28	0,41	0,34	0,03	LOGNORMAL
4	Desarme del conjunto	2,02	2,00	2,02	2,01	2,12	2,08	2,14	2,01	2,04	2,02	2,04	2,00	2,14	1,99	0,05	LOGNORMAL
5	Limpieza del componente	4,54	4,63	4,67	4,41	4,51	4,54	4,54	4,24	4,58	4,54	4,52	4,24	4,67	4,65	0,12	NORMAL
6	Inspección Inicial y emisión de informe.	2,64	13,06	11,16	12,94	9,87	8,64	9,74	7,71	14,13	16,56	10,65	2,64	16,56	12,74	3,90	NORMAL
7	Análisis de informe de inspección																
8	Elaboración y envío de cotización al cliente																
9	Verificar repuestos en Bodega 20																
10	Instrucciones para el proceso de soldadura	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,20	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,20	0,16	0,01	
11	Torchado de Buje (Son 10 bujes)	3,36	3,34	3,35	3,39	3,40	3,46	3,35	3,35	3,36	3,37	3,37	3,34	3,46	3,32	0,04	LOGNORMAL
12	Medición del componente	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,22	0,17	0,18	0,17	0,17	0,16	0,22	0,14	0,02	
13	Pulir zona de trabajo	0,34	0,35	0,36	0,33	0,35	0,36	0,35	0,32	0,34	0,36	0,35	0,32	0,36	0,35	0,01	
14	Precalear zona de trabajo	1,51	1,51	1,60	1,51	1,51	1,54	2,01	1,59	1,54	1,59	1,59	1,51	2,01	1,26	0,15	
15	Recuperar por soldadura	4,95	22,63	22,72	22,70	18,50	16,20	18,25	14,45	26,50	31,05	19,80	4,95	31,05	23,39	7,17	
16	PROCESO DE SOLDADURA	7,14	24,82	25,02	24,88	20,71	18,45	21,03	16,71	28,73	33,35	22,08	7,14	33,35	25,76	7,18	NORMAL
17	Mecanizado	2,64	12,22	12,72	12,24	9,87	8,64	9,74	7,71	14,13	16,56	10,65	2,64	16,56	12,74	3,87	NORMAL
18	Pulido intermedio	0,88	4,24	4,20	4,03	3,29	2,88	3,25	2,57	4,71	5,52	3,56	0,88	5,52	4,27	1,29	NORMAL
19	Inspección general del proceso	1,18	0,91	1,68	1,57	1,92	0,89	0,98	1,16	1,21	1,06	1,26	0,89	1,92	0,95	0,35	BETA
20	Reproceso		0,68			0,70				0,63		0,67	0,63	0,70	0,68	0,04	
21	Calaje de buje (Son 10 bujes)	6,73	6,72	6,74	6,72	6,74	6,73	6,71	6,73	6,74	6,79	6,73	6,71	6,79	6,70	0,02	LOGNORMAL
22	Soldadura de Unión de Bujes (10 bujes)	4,25	4,21	4,21	4,34	4,20	4,18	4,37	4,20	4,29	4,50	4,27	4,18	4,50	4,14	0,10	LOGNORMAL
23	Pulido final (10 bujes)	3,37	3,40	3,39	3,53	3,36	3,36	3,50	3,63	3,36	3,36	3,42	3,36	3,63	3,28	0,10	LOGNORMAL
24	Inspección final de control de calidad	1,54	7,41	4,57	10,06	5,76	5,04	5,68	4,50	8,24	9,66	6,25	1,54	10,06	7,14	2,62	NORMAL
25	Reproceso		0,50						0,50		0,50	0,50	0,50	0,50	0,00		
26	Armado del conjunto Padlock	4,54	4,54	4,53	4,75	4,44	4,53	4,71	4,54	4,53	4,29	4,54	4,29	4,75	4,58	0,13	TRIANGULAR
27	Marcaje	1,56	1,60	1,55	1,53	1,52	1,46	1,66	1,41	1,72	1,63	1,56	1,41	1,72	1,56	0,09	BETA
28	Pintura	4,03	4,03	4,06	4,07	4,03	4,03	4,31	4,07	4,39	4,02	4,11	4,02	4,39	3,90	0,13	LOGNORMAL
29	Embalaje	1,01	1,06	1,10	1,07	1,07	1,57	0,94	1,17	1,04	0,93	1,10	0,93	1,57	0,79	0,18	WEIBULL
30	Despacho de componente	3,25	2,77	3,08	2,82	3,03	3,07	3,11	3,14	3,02	2,95	3,02	2,77	3,25	3,06	0,14	
TOTAL HORAS PARA UN CONJUNTO PADLOCK		60	107	103	109	95	88	94	84	116	126	99	60	126	112	19	
TOTAL DIAS LABORALES PARA UN CONJUNTO PADLOCK		7	12	11	12	11	10	10	9	13	14	11	7	14	12	2	

Tabla 38: Resultados de Medición Conjunto de Padlock
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel.

Anexo 10: Definición de Variables y Programación de los Comandos



```

Private Sub CommandButton1_Click()
StartTimer1
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
stopTimer1
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
StartTimer2
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
Stoptimer2
End Sub

Private Sub CommandButton5_Click()
StartTimer3
End Sub

Private Sub CommandButton6_Click()
Stoptimer3
End Sub

Private Sub CommandButton7_Click()
StartTimer4
End Sub

Private Sub CommandButton8_Click()
stoptimer4
End Sub

Private Sub CommandButton9_Click()
StartTimer5
End Sub

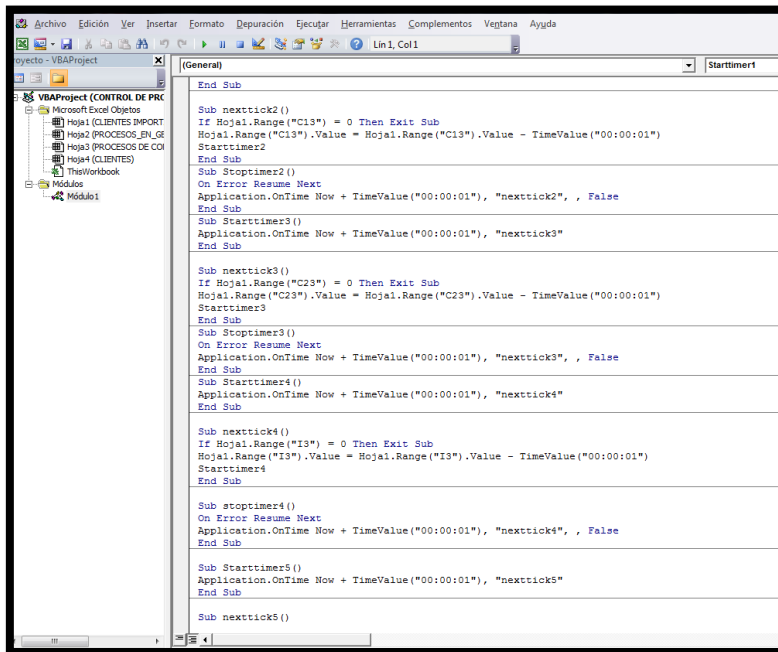
Private Sub CommandButton10_Click()
Stoptimer5
End Sub

Private Sub CommandButton11_Click()
StartTimer6
End Sub

Private Sub CommandButton12_Click()
Stoptimer6
End Sub

```

Ilustración 61: Definición de Variables.
Fuente: Elaboración Propia en Visual Basic.



```

Sub nexttick2()
If Hoja1.Range("C13") = 0 Then Exit Sub
Hoja1.Range("C13").Value = Hoja1.Range("C13").Value - TimeValue("00:00:01")
StartTimer2
End Sub

Sub Stoptimer2()
On Error Resume Next
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick2", , False
End Sub

Sub Starttimer3()
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick3"
End Sub

Sub nexttick3()
If Hoja1.Range("C23") = 0 Then Exit Sub
Hoja1.Range("C23").Value = Hoja1.Range("C23").Value - TimeValue("00:00:01")
StartTimer3
End Sub

Sub Stoptimer3()
On Error Resume Next
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick3", , False
End Sub

Sub Starttimer4()
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick4"
End Sub

Sub nexttick4()
If Hoja1.Range("I3") = 0 Then Exit Sub
Hoja1.Range("I3").Value = Hoja1.Range("I3").Value - TimeValue("00:00:01")
StartTimer4
End Sub

Sub stoptimer4()
On Error Resume Next
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick4", , False
End Sub

Sub Starttimer5()
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "nexttick5"
End Sub

Sub nexttick5()

```

Ilustración 62: Programación de Comandos.
Fuente: Elaboración Propia en Visual Basic.

Anexo 11: Elección de Máquina Mandrinadora Convencional

Al momento de elegir la máquina Mandrinadora convencional se tiene por regla, cotizar como mínimo 3 máquinas, de relativo o igual dimensión de trabajos. Es por ello que se cotizaron en el portal de máquinas herramientas más conocidas a nivel de maestranzas, el cual es: <https://www.machinetools.com>. En este portal distintas empresas del mundo ofrecen máquinas herramientas nuevas y usadas. Ahora para efectos de evaluación económica financiera, se cotizaron máquinas Mandrinadoras nuevas, ya que de esta manera se puede depreciar en el flujo de caja y disminuir la base impositiva.

Antes de explicar qué máquina se eligió es importante conocer los siguientes conceptos que rigen el comercio exterior y cobros de aduana:

- FOB = Free On Board (libre a bordo). El vendedor pone las mercancías a bordo de un transporte sin costo para el comprador hasta ese punto. A partir de ahí todos los costos del transporte (seguros y fletes) hasta su destino final corren por cuenta del comprador.
- CIF = Cost, Insurance and Freight (Costo, Seguro y Flete). El precio cotizado por el vendedor incluye esos cargos hasta el destino final que le señale el comprador.
- Importaciones superiores a 1.000 USD, se debe contratar un agente de aduana.

Luego de entender los conceptos anteriores, se evaluó y eligió la siguiente máquina, según las cotizaciones con precio FOB que enviaron por correo los vendedores:

- Mandrinadora HBM-130XL
- Precio FOB: 68.250 USD = \$47.297.250

Al ya tener el precio FOB de la Mandrinadora elegida, es de interés del estudio realizar un prorrateo de todos los costos involucrados hasta poner en marcha la máquina; es por ello que se investigó cuáles serán los costos de seguro y flete.

En relación al cálculo de flete marítimo que se obtuvo de la página: www.etraders.cl/tarifas/, que se resume en la siguiente Ilustración:

FLETE MARÍTIMO	
A.- ½ Metro cúbico/500kg :	125 USD
B.- 1 Metro cúbico/Tonelada:	250 USD
(*) Por cada Metro Cúbico adicional:	200 USD
(**) Por cada ¼ MC Adicional:	75 USD

Todos los paquetes o bultos inferiores a 15 KG/VKg por razones de seguridad tendrán que ser embarcados vía d-container agregando un costo de USD 30 al total del embarque.
A modo de ejemplo, usted decide importar un motor, y este pesa 400 Kilos y mide 1,20 Metro Cúbico. Su valor de flete marítimo será: 250 + 125 + 4 = USD 379 Se cobra: 1 Metro Cúbico por USD 250 + ½ más por USD 125 + USD 4 por concepto de ingreso a bodega (scann fee)

Ilustración 63: Costos de Flete Marítimo
Fuente: Elaboración Propia

La máquina Mandrinadora posee las siguientes dimensiones según lo enviado por el vendedor:

- Volumen Embalado : 125 (mts^3)
- Peso : 27.500 (kg)

De acuerdo a la información anterior, se tiene la siguiente fórmula para calcular el costo del flete:

$$\text{Costo Flete(USD)} = \text{Costo Flete} \left(\frac{\text{USD}}{\text{mts}^3} \right) \times \text{Volumen Máquina Embalada (mts}^3) + \text{Costo Ingreso a Bodega (USD)}$$

Reemplazando los costos y dimensiones en la fórmula anterior y tomando como referencia (1USD= \$693), da como resultado lo siguiente:

$$\text{Costo Flete(USD)} = 250 \left(\frac{\text{USD}}{\text{mts}^3} \right) \times 125 (\text{mts}^3) + 4 (\text{USD})$$

$$\text{Costo Flete(USD)} = 31155,20202(\text{USD}) \equiv \$21.590.555$$

Una vez calculado el costo del flete y al poseer el precio FOB, se calculan los demás costos asociados según agente de aduana, el cuál arroja los siguientes resultados que se muestran a continuación:

Cláusula:	FOB
Cantidad:	68250
Tipo Moneda:	Estados Unidos - Dólar EE.UU.
Total Dólares:	68250
FOB:	68250
Seguro:	1365
Flete:	32000
CIF:	101615
Derechos:	6097
IVA:	20466
Total Derechos e Impuestos:	26563
Tipo cambio:	674.16
Total: CLP 17.907.713	

Ilustración 64: Cálculo de Derechos e IVA
Fuente: Elaboración Propia

Fuente: <http://www.aaca.cl/convertidor-y-calculo-de-derechos-e-iva/>

De la Ilustración anterior se deducen los siguientes montos:

N°	COSTOS	MONTO %	RESPECTO A	FORMULA
1	SEGURO	2%	FOB	FOB
2	DERECHOS	6%	CIF	CIF=FOB+SEGURO+FLETE
3	IVA	19%	COSTO ANTES DE IMPUESTO (CAI)	CAI=CIF+DERECHO

Tabla 39: Costos Asociados a Comprar en el Extranjero
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Los costos de adquisición de la máquina se resumen en la siguiente Tabla:

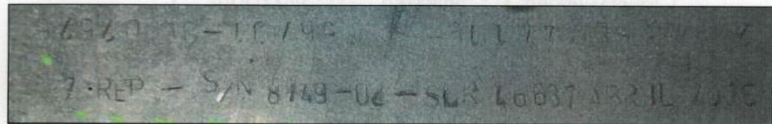
COSTO FOB	SEGURO (6%)	FLETE	COSTO CIF	COSTO EN DERECHOS (6%)	COSTOS ANTES DE I.V.A.	I.V.A. (19%)	TOTAL DERECHOS E IMPUESTOS	COSTO TOTAL MÁQUINA A PUERTO	COSTOS DE PUESTA EN MARCHA	COSTO TOTAL MÁQUINA EN FORJADOS
\$ 47.297.250	\$ 945.945	\$ 21.590.555	\$ 69.833.750	\$ 4.190.025	\$ 74.023.775	\$ 14.064.517	\$ 18.254.542	\$ 65.551.792	\$ 2.000.000	\$ 67.551.792

Tabla 40: Resumen Costo Total Máquina en Forjados S.A.
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

CLIENTE : ANGLO AMERICAN SUR.

DESCRIPCIÓN : PESTILLO # 334 OT : 20247

FOTOGRAFÍA DE RECEPCIÓN



MARCA DE IDENTIFICACIÓN POCO LEGIBLE.

TAG: - 1º REP. JUNIO 2014 SDR 44119 S/N 56701-OCD 2525
- 2º REP. S/N 8749-02 SDR 46637 ABRIL 2015

OBSERVACIONES GENERALES :

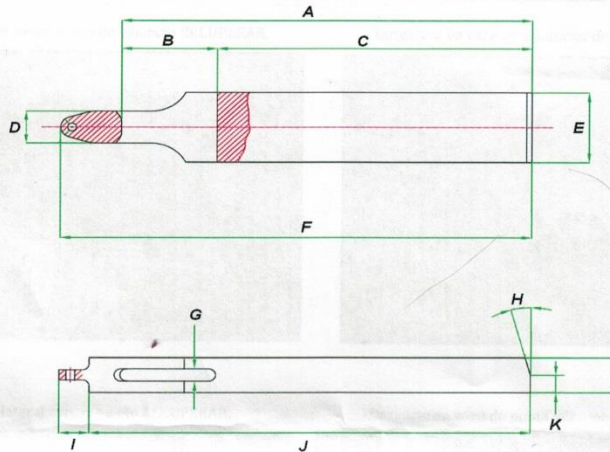
Se realizó Inspección mediante los siguientes métodos:

- Control de Dureza
- Inspección Visual
- Control Dimensional.
- Inspección de Partículas Magnéticas.
- Inspección de Ultrasonido.

INFORME DE INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN

N° 9385

Pag. 3 de 5

CONTROL DIMENSIONAL N° PLANO BUC-W-FOR-334575 REV. 0

ITEM TOLERANCIA GRAL (+/-0,5)	SOLICITADO	OBTENIDO	OBSERVACIONES
A	1612,9	1613	CUMPLE
B	374,65	374	NO CUMPLE
C	1238,25	1240	NO CUMPLE
D	139,7	138,30/139,10	CUMPLE
E	304,8	301,80/304,40	CUMPLE
F	1851,15	1852	NO CUMPLE
G	54,1 ($\pm 0,762$)	54,40/54,90	NO CUMPLE
H	15°	DEFORMADO	NO CUMPLE
I	117,6	119	NO CUMPLE
J	1733,25	1732	NO CUMPLE
K	76,2	72	NO CUMPLE
L	152,4 (-1,52)	146,80/152,30	NO CUMPLE
DUREZA PUNTA (HB) 400-450HB			460-474 HB NO CUMPLE

INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL CONTROL DIMENSIONAL:

INSTRUMENTO	IDENTIFICACIÓN	RANGO	CERTIFICADO
Pie de Metro	CC-PIE-036	0-12 "	N/C
Durómetro	CC-MD-004	N/A	N/C
Flexometro	S/I	0-10 m	N/C

* Las medidas que no cumplen son producto del uso del repuesto y no requieren intervención ni reparación.

David Sáez
Inspector de Calidad



Camino Sta Rosa S/N Parcela 6 Ruta G-154 Fono: 751 1500 Fax: 751 1511 Lampa -Santiago

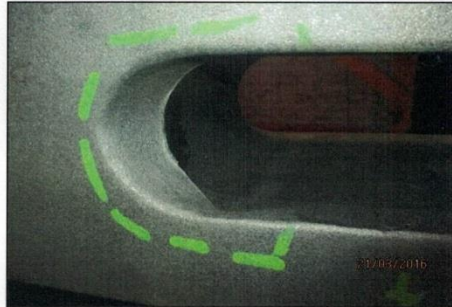
INFORME DE INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN

Nº 9385

Pag. 4 de 5

INSPECCIÓN VISUAL

- Desgaste en Zona de alojamiento de balancín. RECUPERAR.



- Desgarros en cara axial interior de ojo. PULIR



- Desgaste zona lateral cercana a ojo. RECUPERAR.



- Desgaste en zona de punta por ambos lados. RECUPERAR.



- Desgaste con pérdida de geometría en zona de punta de pestillo. RECUPERAR:



	Camino Sta Rosa S/N Parcela 6 Ruta G-154 Fono: 751 1500 Fax: 751 1511 Lampa -Santiago
INFORME DE INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN	
Nº 9385 INSPECCIÓN	
Pag. 5 de 5	
- Inspección con partículas magnéticas, Sin defectos Superficiales.	
- Inspección con Ultrasonido, Sin Defectos internos .	
David Sáez Inspector de Calidad	Víctor Carreño. Supervisor de Inspecciones

Ilustración 65: Informe de Inspección por Control de Calidad
Fuente: Empresa Forjados S.A

Anexo 13: Tabla de Sigma del Proceso

TABLA DE CONVERSIÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO EN SIGMAS – METODO 1

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Tabla 41: Tabla de Sigma del Proceso
Fuente: (Quirola, 2014)

Anexo 14: Algunas Imágenes de las Etapas del Proceso de Reparación



Conjuntos de padlock y frenos híbridos listos para ser despachados.



Recuperación por soldadura de un picaporte 4340.



Recuperación por soldadura de un balancín.



Mecanizado de un picaporte al manganeso.



Aplicación de líquidos penetrantes para inspección final por control de calidad.



Preparación de calentamiento de polea padlock para el calaje de bujes.



Preparación de enfriamiento de buje para su calaje.

Ilustración 66: Imágenes de las etapas de reparación
Fuente: Empresa Forjados S.A.

Anexo 15: Validación de la Distribución de Probabilidades para la Simulación

15.1 Etapa Desarme de Frenos Híbridos

Function	Sq Error
Poisson	0.15
Triangular	0.154
Beta	0.154
Uniform	0.155
Normal	0.155
Weibull	0.157
Erlang	0.16
Gamma	0.16
Exponential	0.164
Lognormal	0.17

Ilustración 67: Tipo de Distribución Para el Desarme de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

Distribution Summary						
Distribution:		Poisson				
Expression:		POIS (247)				
Square Error:		0.150297				
Data Summary						
Number of Data Points		= 12				
Min Data Value		= 226				
Max Data Value		= 264				
Sample Mean		= 247				
Sample Std Dev		= 10.9				
Histogram Summary						
Histogram Range		= 226 to 265				
Number of Intervals		= 39				

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density		Cumulative Distribution	
			Data	Function	Data	Function
0	1	226.	0.0833	0.0992	0.0833	0.0992
1	0	227.	0.000	0.0119	0.0833	0.111
2	0	228.	0.000	0.0129	0.0833	0.124
3	0	229.	0.000	0.0139	0.0833	0.138
4	0	230.	0.000	0.0149	0.0833	0.153
5	0	231.	0.000	0.0159	0.0833	0.169
6	0	232.	0.000	0.0169	0.0833	0.185
7	0	233.	0.000	0.0178	0.0833	0.203
8	0	234.	0.000	0.0188	0.0833	0.222
9	0	235.	0.000	0.0197	0.0833	0.242
10	1	236.	0.0833	0.0206	0.167	0.262

Ilustración 68: Expresión de Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

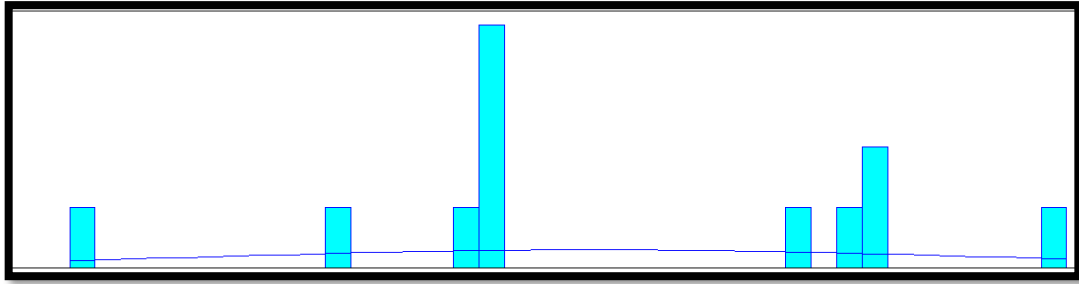


Gráfico 27: Distribución de Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.2 Etapa Limpieza de Frenos Híbridos

Function	Sq Error
Beta	0.109
Uniform	0.127
Normal	0.131
Poisson	0.131
Weibull	0.132
Erlang	0.137
Gamma	0.137
Triangular	0.138
Exponential	0.144
Lognormal	0.149

Ilustración 69: Tipo de Distribución Para Limpieza de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 170 + 25 * BETA(0.94, 0.593)
Square Error: 0.109428

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 170
Max Data Value = 194
Sample Mean = 185
Sample Std Dev = 7.65

Histogram Summary
Histogram Range = 170 to 195
Number of Intervals = 25
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density		Cumulative Distribution	
			Data	Function	Data	Function
0	1	170.	0.0833	0.0299	0.0833	0.0299
1	0	171.	0.000	0.0279	0.0833	0.0579
2	0	172.	0.000	0.0276	0.0833	0.0854
3	0	173.	0.000	0.0275	0.0833	0.113
4	0	174.	0.000	0.0276	0.0833	0.141
5	0	175.	0.000	0.0279	0.0833	0.168
6	0	176.	0.000	0.0282	0.0833	0.197
7	1	177.	0.0833	0.0286	0.167	0.225
8	0	178.	0.000	0.0291	0.167	0.254
9	0	179.	0.000	0.0296	0.167	0.284
10	0	180.	0.000	0.0303	0.167	0.314

Ilustración 70: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

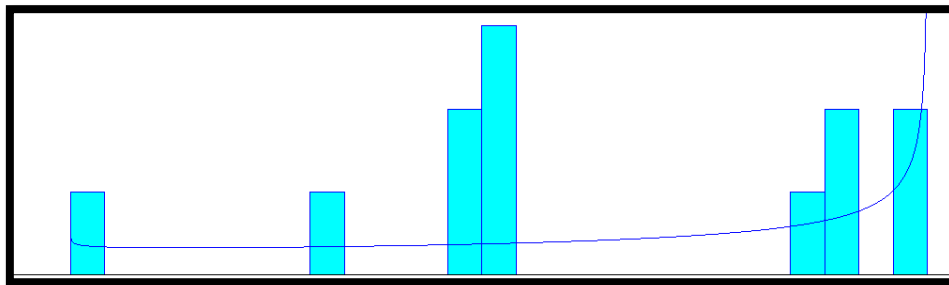


Gráfico 28: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.3 Etapa de Inspección Inicial

Function	Sq Error
Gamma	0.0582
Weibull	0.0605
Erlang	0.0786
Exponential	0.0786
Lognormal	0.102
Beta	0.114
Uniform	0.133
Triangular	0.16
Normal	0.183

Ilustración 71: Tipo de Distribución Para Inspección Inicial de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Gamma
Expression: 14 + GAMM(1.65e+003, 0.297)
Square Error: 0.058166

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 14.8
Corresponding p-value < 0.01

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 14
Max Data Value = 1.21e+003
Sample Mean = 504
Sample Std Dev = 461

Histogram Summary
Histogram Range = 14 to 1.21e+003
Number of Intervals = 5

```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Function	Cumulative Distribution	Function
0	6	253.	0.500	0.406	0.500	0.406
1	1	492.	0.0833	0.115	0.583	0.522
2	1	730.	0.0833	0.0685	0.667	0.590
3	1	969.	0.0833	0.0466	0.750	0.637
4	3	1.21e+003	0.250	0.0337	1.00	0.671

Ilustración 72: Expresión de Distribución Gamma
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

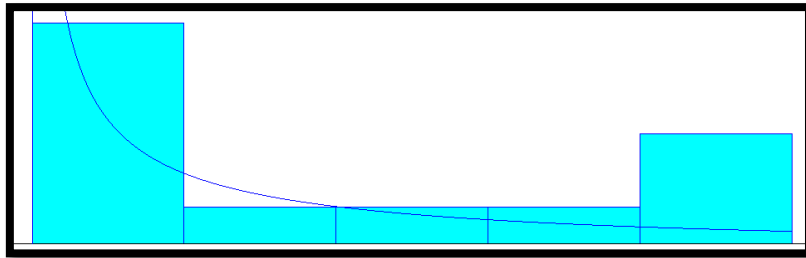


Gráfico 29: Distribución Gamma
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.4 Etapa de Torchado de Bujes

Function	Sq Error
Triangular	0.0566
Normal	0.0625
Beta	0.088
Uniform	0.175
Exponential	0.204
Erlang	0.204
Weibull	0.207
Gamma	0.259
Lognormal	0.361

Ilustración 73: Tipo de Distribución Para Torchado de Bujes de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(82, 114, 188)
Square Error: 0.056633

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.301
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 82
Max Data Value = 188
Sample Mean = 126
Sample Std Dev = 23.6

Histogram Summary
Histogram Range = 82 to 188
Number of Intervals = 5
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Cumulative Distribution
0	1	103.	0.0833	0.133
1	6	124.	0.500	0.583
2	4	146.	0.333	0.771
3	0	167.	0.000	0.917
4	1	188.	0.0833	1.00

Ilustración 74: Expresión de Distribución Triangular
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

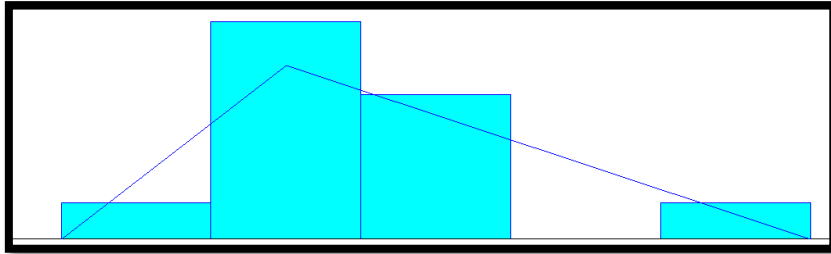


Gráfico 30: Distribución Triangular
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.5 Etapa de Proceso de Soldadura

Function	Sq Error
Beta	0.0275
Gamma	0.0381
Exponential	0.044
Erlang	0.044
Weibull	0.0511
Lognormal	0.0564
Uniform	0.0639
Triangular	0.0873
Normal	0.0997

Ilustración 75: Tipo de Distribución Para Soldadura de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

Distribution Summary						
Distribution: Beta						
Expression: $227 + 333 * \text{BETA}(0.428, 0.633)$						
Square Error: 0.027517						
Kolmogorov-Smirnov Test						
Test Statistic = 0.142						
Corresponding p-value > 0.15						
Data Summary						
Number of Data Points = 12						
Min Data Value = 227						
Max Data Value = 560						
Sample Mean = 361						
Sample Std Dev = 114						
Histogram Summary						
Histogram Range = 227 to 560						
Number of Intervals = 5						
Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Function	Cumulative Distribution	Function
0	5	294.	0.417	0.547	0.417	0.547
1	1	360.	0.0833	0.155	0.500	0.702
2	2	427.	0.167	0.130	0.667	0.831
3	2	493.	0.167	0.129	0.833	0.961
4	2	560.	0.167	0.218	1.00	1.18

Ilustración 76: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

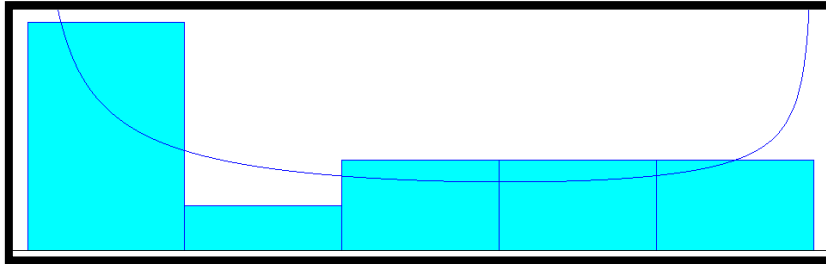


Gráfico 31: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.6 Etapa de Mecanizado

Function	Sq Error
Triangular	0.224
Normal	0.258
Uniform	0.3
Beta	0.315
Exponential	0.356
Erlang	0.356
Gamma	0.432
Lognormal	0.449
Weibull	0.505

Ilustración 77: Tipo de Distribución Para Mecanizado de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(101, 403, 705)
Square Error: 0.224267

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.394
Corresponding p-value = 0.0361

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 101
Max Data Value = 705
Sample Mean = 424
Sample Std Dev = 183

Histogram Summary
Histogram Range = 101 to 705
Number of Intervals = 5
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Function	Cumulative Distribution	Function
0	2	222.	0.167	0.0800	0.167	0.0800
1	0	343.	0.000	0.240	0.167	0.320
2	8	463.	0.667	0.360	0.833	0.680
3	0	584.	0.000	0.240	0.833	0.920
4	2	705.	0.167	0.0800	1.00	1.00

Ilustración 78: Expresión de Distribución Triangular
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

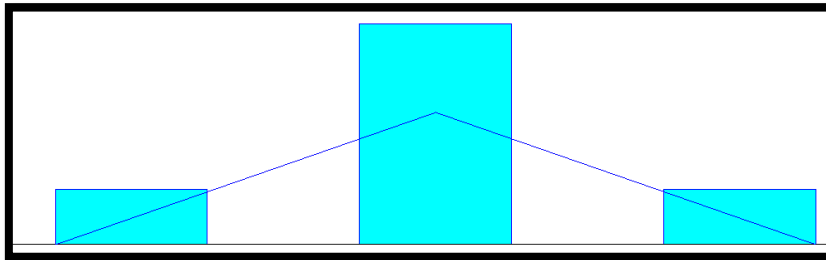


Gráfico 32: Distribución Triangular
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.7 Etapa de Pulido Intermedio

Function	Sq Error
Normal	0.023
Triangular	0.0354
Beta	0.0484
Uniform	0.0778
Exponential	0.12
Erlang	0.12
Weibull	0.149
Gamma	0.167
Lognormal	0.225

Ilustración 79: Tipo de Distribución Para Pulido Intermedio de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(131, 58.5)
Square Error: 0.023005

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.227
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 29
Max Data Value = 272
Sample Mean = 131
Sample Std Dev = 61.1

Histogram Summary
Histogram Range = 29 to 272
Number of Intervals = 5

-----
Int. No. of Probability Cumulative
No. Data Pts. x Density Distribution
-----
Data Function Data Function
0 2 77.6 0.167 0.141 0.167 0.181
1 3 126. 0.250 0.288 0.417 0.468
2 5 175. 0.417 0.305 0.533 0.773
3 1 223. 0.0533 0.169 0.917 0.942
4 1 272. 0.0533 0.0485 1.00 0.990
    
```

Ilustración 80: Expresión de Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

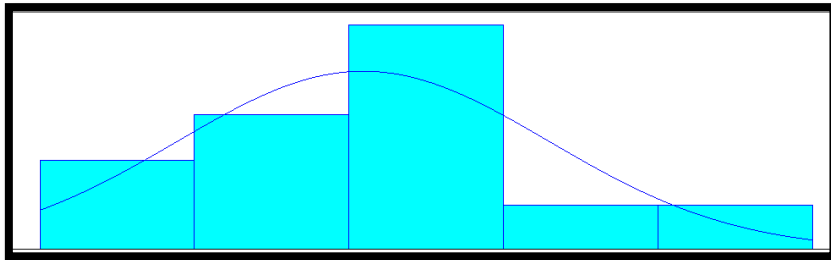


Gráfico 33: Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.8 Etapa de Inspección Intermedia

Function	Sq Error
Poisson	0.142
Triangular	0.146
Normal	0.148
Weibull	0.149
Erlang	0.149
Gamma	0.151
Beta	0.153
Uniform	0.156
Exponential	0.157
Lognormal	0.162

Ilustración 81: Tipo de Distribución Inspección Intermedia de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Poisson
Expression: POIS(34.2)
Square Error: 0.141966

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 19
Max Data Value = 58
Sample Mean = 34.2
Sample Std Dev = 10.4

Histogram Summary
Histogram Range = 18.5 to 58.5
Number of Intervals = 40
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Function	Cumulative Distribution
0	1	19.0	0.0533	0.00347	0.0533
1	0	20.0	0.0000	0.00280	0.0533
2	0	21.0	0.0000	0.00456	0.0533
3	0	22.0	0.0000	0.00708	0.0533
4	0	23.0	0.0000	0.0105	0.0533
5	0	24.0	0.0000	0.0150	0.0533
6	0	25.0	0.0000	0.0205	0.0533
7	0	26.0	0.0000	0.0269	0.0533
8	2	27.0	0.167	0.0340	0.250
9	0	28.0	0.0000	0.0415	0.250
10	0	29.0	0.0000	0.0489	0.250

Ilustración 82: Expresión de Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

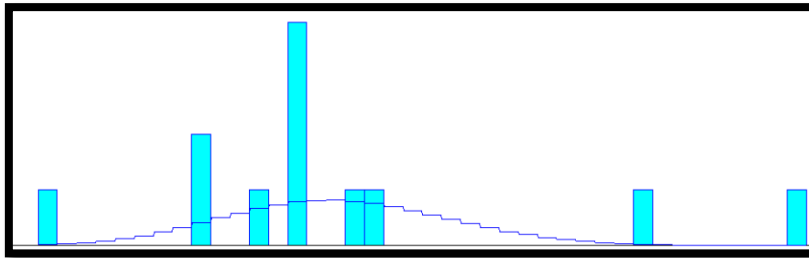


Gráfico 34: Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.9 Etapa de Calaje de Bujes

Function	Sq Error
Beta	0.0842
Uniform	0.0897
Exponential	0.103
Erlang	0.103
Normal	0.107
Gamma	0.109
Weibull	0.112
Lognormal	0.115
Triangular	0.118
Poisson	0.119

Ilustración 83: Tipo de Distribución Para Calaje de Bujes de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 121 + 13 * BETA(0.822, 0.897)
Square Error: 0.084195

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 121
Max Data Value = 133
Sample Mean = 127
Sample Std Dev = 4.33

Histogram Summary
Histogram Range = 121 to 134
Number of Intervals = 13
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Cumulative Distribution
			Data	Function
0	2	121.	0.167	0.113
1	2	122.	0.167	0.200
2	0	123.	0.000	0.280
3	0	124.	0.000	0.356
4	0	125.	0.000	0.430
5	0	126.	0.000	0.501
6	0	127.	0.000	0.572
7	3	128.	0.250	0.642
8	1	129.	0.0833	0.712
9	1	130.	0.0833	0.783
10	2	131.	0.167	0.855

Ilustración 84: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

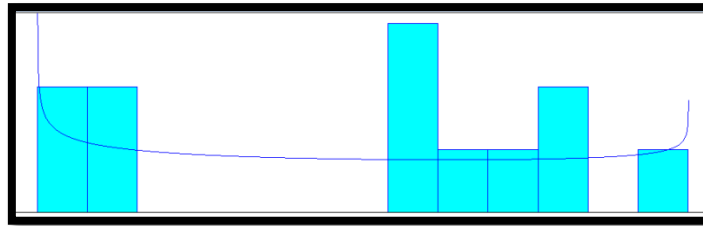


Gráfico 35: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.10 Etapa de Soldadura de Unión de Bujes

Function	Sq Error
Beta	0.00655
Weibull	0.0191
Exponential	0.0422
Erlang	0.0422
Gamma	0.139
Lognormal	0.181
Normal	0.466
Triangular	0.56
Uniform	0.647

Ilustración 85: Tipo de Distribución Soldadura de Bujes de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 150 + 148 * BETA(0.0423, 0.31)
Square Error: 0.006553

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.682
Corresponding p-value < 0.01

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 150
Max Data Value = 298
Sample Mean = 168
Sample Std Dev = 41.3

Histogram Summary
Histogram Range = 150 to 298
Number of Intervals = 5
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Cumulative Distribution
0	11	180.	0.917	0.968
1	0	209.	0.000	0.0311
2	0	239.	0.000	0.0236
3	0	268.	0.000	0.0245
4	1	298.	0.0833	0.126

Ilustración 86: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

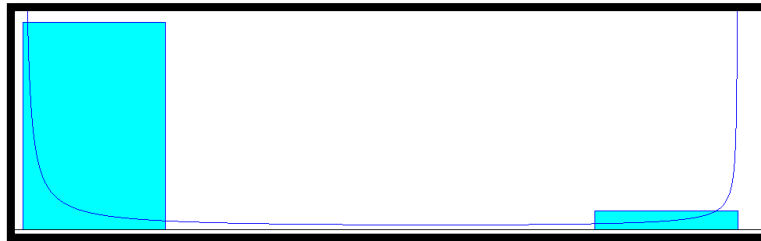


Gráfico 36: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.11 Etapa de Pulido Final

Function	Sq Error
Poisson	0.104
Gamma	0.112
Weibull	0.112
Exponential	0.115
Erlang	0.115
Normal	0.116
Triangular	0.117
Beta	0.118
Lognormal	0.121
Uniform	0.126

Ilustración 87: Tipo de Distribución Para Pulido Final de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Poisson
Expression: POIS(129)
Square Error: 0.104418

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 111
Max Data Value = 187
Sample Mean = 129
Sample Std Dev = 19.1

Histogram Summary
Histogram Range = 111 to 188
Number of Intervals = 77
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability		Cumulative Distribution	
			Data Density	Function	Data	Function
0	1	111.	0.0833	0.0599	0.0833	0.0599
1	0	112.	0.000	0.0115	0.0833	0.0717
2	0	113.	0.000	0.0194	0.0833	0.0851
3	0	114.	0.000	0.0152	0.0833	0.100
4	0	115.	0.000	0.0170	0.0833	0.117
5	0	116.	0.000	0.0189	0.0833	0.136
6	0	117.	0.000	0.0209	0.0833	0.157
7	1	118.	0.0833	0.0228	0.167	0.180
8	0	119.	0.000	0.0247	0.167	0.205
9	0	120.	0.000	0.0265	0.167	0.231
10	3	121.	0.250	0.0283	0.417	0.260

Ilustración 88: Expresión de Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

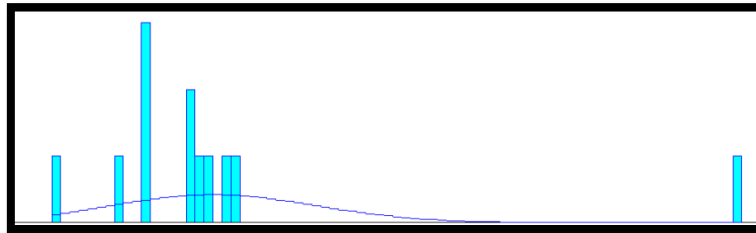


Gráfico 37: Distribución Poisson
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.12 Etapa de Inspección Final

Function	Sq Error
Beta	0.126
Gamma	0.138
Weibull	0.14
Erlang	0.15
Exponential	0.15
Lognormal	0.161
Triangular	0.171
Normal	0.218
Uniform	0.231

Ilustración 89: Tipo de Distribución Para Inspección Final de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 55 + 734 * BETA(0.515, 0.983)
Square Error: 0.126034

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.236
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 55
Max Data Value = 789
Sample Mean = 307
Sample Std Dev = 221

Histogram Summary
Histogram Range = 55 to 789
Number of Intervals = 5
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Data	Function	Cumulative Distribution	Data	Function
0	6	202.	0.500	0.530	0.530	0.500	0.530	0.530
1	0	349.	0.000	0.189	0.189	0.500	0.719	0.719
2	5	495.	0.417	0.147	0.147	0.917	0.866	0.866
3	0	642.	0.000	0.126	0.126	0.917	0.991	0.991
4	1	789.	0.0833	0.114	0.114	1.00	1.11	1.11

Ilustración 90: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

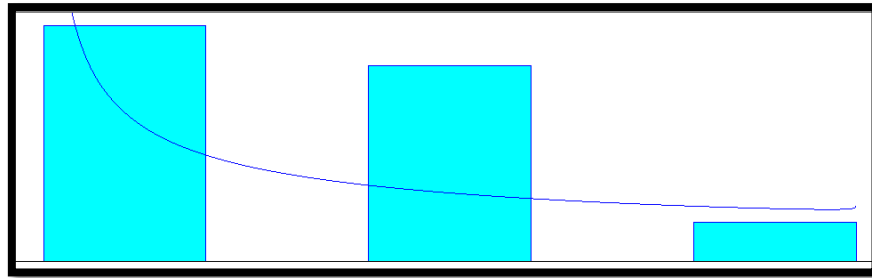


Gráfico 38: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.13 Etapa de Armado de Frenos Híbridos

Function	Sq Error
Beta	0.0764
Poisson	0.0881
Normal	0.0886
Triangular	0.0958
Weibull	0.0965
Uniform	0.0966
Erlang	0.103
Gamma	0.104
Exponential	0.105
Lognormal	0.11

Ilustración 91: Tipo de Distribución Para Armado de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 224 + 69 * BETA(0.993, 0.408)
Square Error: 0.076405

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 224
Max Data Value = 232
Sample Mean = 280
Sample Std Dev = 19.1

Histogram Summary
Histogram Range = 224 to 293
Number of Intervals = 69
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density		Cumulative Distribution	
			Data	Function	Data	Function
0	1	224.	0.0833	0.00620	0.0833	0.00620
1	0	225.	0.000	0.00620	0.0833	0.0124
2	0	226.	0.000	0.00623	0.0833	0.0186
3	0	227.	0.000	0.00628	0.0833	0.0249
4	0	228.	0.000	0.00632	0.0833	0.0312
5	0	229.	0.000	0.00637	0.0833	0.0376
6	0	230.	0.000	0.00643	0.0833	0.0440
7	0	231.	0.000	0.00648	0.0833	0.0505
8	0	232.	0.000	0.00654	0.0833	0.0571
9	0	233.	0.000	0.00660	0.0833	0.0637
10	0	234.	0.000	0.00666	0.0833	0.0703

Ilustración 92: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

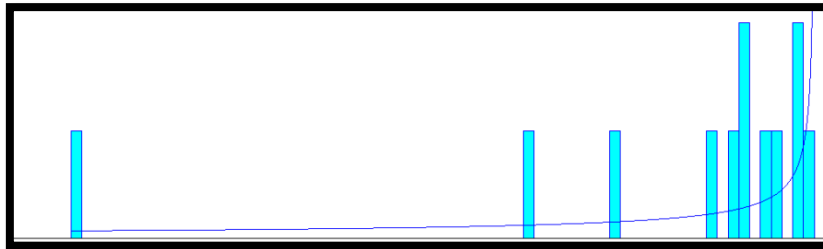


Gráfico 39: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.14 Etapa de Marcaje

Function	Sq Error
Normal	0.0577
Triangular	0.0581
Beta	0.0593
Uniform	0.0625
Weibull	0.068
Gamma	0.0788
Erlang	0.0796
Poisson	0.0819
Exponential	0.0881
Lognormal	0.093

Ilustración 93: Tipo de Distribución Para Marcaje de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(93.8, 4.23)
Square Error: 0.057726

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 85
Max Data Value = 100
Sample Mean = 93.8
Sample Std Dev = 4.41

Histogram Summary
Histogram Range = 84.5 to 101
Number of Intervals = 16
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Cumulative Distribution
0	1	85.0	0.0833	0.0111
1	0	86.0	0.000	0.0177
2	1	87.0	0.0833	0.0265
3	0	88.0	0.000	0.0375
4	0	89.0	0.000	0.0502
5	0	90.0	0.000	0.0636
6	1	91.0	0.0833	0.0763
7	0	92.0	0.000	0.0865
8	2	93.0	0.167	0.0927
9	2	94.0	0.167	0.0940
10	0	95.0	0.000	0.0902

Ilustración 94: Expresión de Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

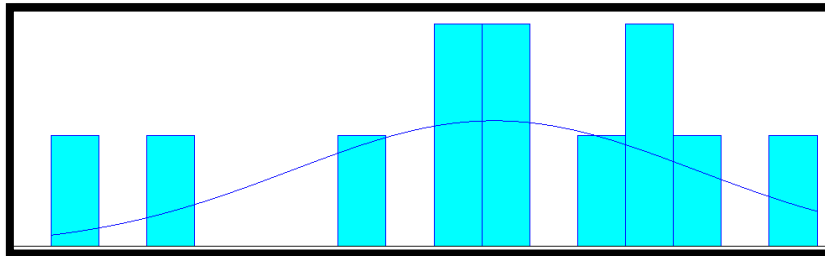


Gráfico 40: Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.15 Etapa de Pintura

Function	Sq Error
Beta	0.185
Poisson	0.187
Normal	0.187
Weibull	0.193
Uniform	0.193
Triangular	0.194
Erlang	0.199
Gamma	0.2
Exponential	0.202
Lognormal	0.206

Ilustración 95: Tipo de Distribución Para Pintura de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 199 + 66 * BETA(1.07, 0.589)
Square Error: 0.185367

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 199
Max Data Value = 264
Sample Mean = 246
Sample Std Dev = 17.4

Histogram Summary
Histogram Range = 199 to 265
Number of Intervals = 66
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density	Cumulative Distribution
0	1	199.	0.0833	0.00653
1	0	200.	0.000	0.00719
2	0	201.	0.000	0.00749
3	0	202.	0.000	0.00772
4	0	203.	0.000	0.00790
5	0	204.	0.000	0.00806
6	0	205.	0.000	0.00821
7	0	206.	0.000	0.00834
8	0	207.	0.000	0.00847
9	0	208.	0.000	0.00860
10	0	209.	0.000	0.00872

Ilustración 96: Expresión de Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

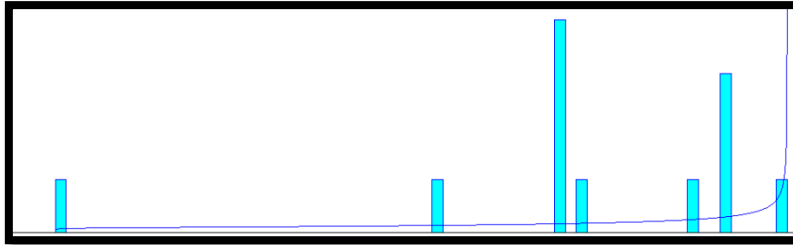


Gráfico 41: Distribución Beta
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

15.16 Etapa de Embalaje

Function	Sq Error
Normal	0.0847
Triangular	0.0866
Weibull	0.0941
Beta	0.0978
Gamma	0.102
Erlang	0.103
Poisson	0.106
Uniform	0.107
Exponential	0.116
Lognormal	0.117

Ilustración 97: Tipo de Distribución Para Embalaje de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

```

Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(74.7, 4.89)
Square Error: 0.084660

Data Summary
Number of Data Points = 12
Min Data Value = 66
Max Data Value = 87
Sample Mean = 74.7
Sample Std Dev = 5.1

Histogram Summary
Histogram Range = 65.5 to 87.5
Number of Intervals = 22
    
```

Int. No.	No. of Data Pts.	x	Probability Density		Cumulative Distribution	
			Data	Function	Data	Function
0	1	66.0	0.0833	0.0170	0.0833	0.0473
1	0	67.0	0.000	0.0239	0.0833	0.0713
2	0	68.0	0.000	0.0322	0.0833	0.103
3	1	69.0	0.0833	0.0417	0.167	0.145
4	0	70.0	0.000	0.0517	0.167	0.197
5	1	71.0	0.0833	0.0616	0.250	0.258
6	0	72.0	0.000	0.0702	0.250	0.329
7	0	73.0	0.000	0.0769	0.250	0.406
8	2	74.0	0.167	0.0807	0.417	0.486
9	3	75.0	0.250	0.0813	0.667	0.568
10	1	76.0	0.0833	0.0785	0.750	0.646

Ilustración 98: Expresión de Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

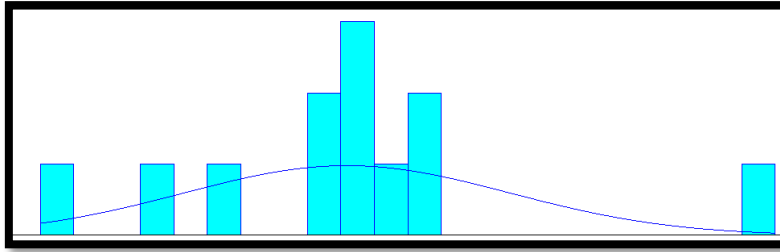



Gráfico 42: Distribución Normal
Fuente: Elaboración Propia en Arena Rockwell Automation

Anexo 16: Propuestas de Mejoras

16.1 Propuesta N°1: Verificación de Estatus de Componentes en Excel.

ESTATUS PICAPORTE ACERO SAE 4340																			
Revisó																			
Fecha Actual		08-06-2016																	
Hora de Revisión																			
TIPO PROCESO			PROCESO NORMAL						REPROCESO				PROCESO NORMAL	TIEMPO TOTAL PN	TIEMPO TOTAL RP	ESTATUS			
TIEMPO PROMEDIO (Hrs)			1,57	4,66	17	11,06	4,12	2,8	4,6	3,3	1,24	0,84	1,38	3,39	49,2	55,96			
# TAREAS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	% Avance Proceso Normal	% Avance con Reproceso	Proceso	Área	Lugar
N°	N° OS	Cliente	Limpieza	Inspección Inicial	Alivio de Tensión	Recup. con Soldadura	Mecanizado	Pulido Final	Inspección Final	Soldar Indicaciones	Mecanizado c/reproceso	Pulido c/reproceso	Insp. Final c/Reproceso	Marcaje, Pintura y Embalaje					
1	20228	ANGLO AMERICAN SUR	1,57	4,66	12	11,06									59,53%	52,34%	Soldadura	Rep.	SOL01
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

FIRMA REVISO _____

Tabla 42: Estatus de Picaportes de Acero SAE 4340
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En la Tabla 42, se puede observar los tiempos totales del proceso normal, las cuales son de 49,2 horas, equivalentes a 5 días laborales, y el tiempo total con reproceso es de 55,96 horas, equivalentes a 6 días laborales. Estos tiempos fueron medidos en terreno a cuatro picaportes 4340, resultado un tiempo promedio de referencia.

Por otro lado según indicaciones de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción, se considerará un 30% de reproceso respecto al tiempo promedio de reparación en cada etapa de un picaporte 4340.


ESTATUS BALANCÍN																				FORJADOS INDUSTRIAL S.A.S.			
Revisó																							
Fecha Actual		08-06-2016																					
Hora de Revisión																							
TIPO PROCESO			PROCESO NORMAL											REPROCESO				PROCESO NORMAL	TIEMPO TOTAL PN	TIEMPO TOTAL RP	ESTATUS		
TIEMPO PROMEDIO (Hrs)			1,03	3,74	0,34	5,88	2,77	0,93	1,38	0,53	0,41	0,34	4,7	1,76	0,83	0,28	0,41	3,6	25,65	28,938			
# TAREAS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	% Avance Proceso Normal	% Avance con Reproceso	Proceso	Área	Lugar
N°	N° OS	Ciente	Limpieza	Insp. Inicial	Torchado de Buje	Recup. por Soldadura	Mecanizado Final	Pulido Intermedio	Insp. gral del Proceso	Calaje de Buje #124	Soldar Union de Buje	Pulido Final	Insp. Final	Soldar indicaciones	Mecanizado c/reproceso	Pulido c/reproceso	Insp. Final de C.C	Marcaje, pintura y embalaje					
1	20238	COLLAHUASI	1,03	3,74	0,34	5,88	2,77	0,93	1										61,17%	54,22%	Inspección	Rep.	INS01
2																			0,00%	0,00%			
3																			0,00%	0,00%			
4																			0,00%	0,00%			
5																			0,00%	0,00%			
6																			0,00%	0,00%			
7																			0,00%	0,00%			
8																			0,00%	0,00%			
9																			0,00%	0,00%			
10																			0,00%	0,00%			

FIRMA REVISÓ

Tabla 43: Estatus de Balancines
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la Tabla 43, se puede observar los tiempos totales del proceso normal, los cuales son 25,65 horas equivalentes a 3 días laborales y el tiempo total del reproceso que son 28,94 horas equivalentes a 3 días laborales. Estos tiempos fueron medidos en terreno a cinco balancines, resultando un tiempo promedio de referencia.

Por otro lado según las indicaciones de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción se considera un 30% de reproceso respecto al tiempo promedio de la reparación en cada etapa de un balancín.

ESTATUS CONJUNTO FRENOS HÍBRIDOS																										
Revisó																										
Fecha Actual		08-06-2016																								
Hora de Revisión																										
TIPO PROCESO			PROCESO NORMAL												REPROCESO				PROCESO NORMAL		TIEMPO TOTAL PN	TIEMPO TOTAL RP	ESTATUS			
TIEMPO PROMEDIO (Hrs)			4,54	3,08	8,4	2,1	5,89	7,07	2,18	0,57	2,12	2,8	2,15	5,12	1,767	2,12	0,65	1,54	4,66	6,9	57,58	63,66				
# TAREAS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	% Avance Proceso Normal	% Avance con Reproceso	Proceso	Área	Lugar	
N°	N° OS	Cliente	Desarme de Conjunto	Limpieza	Insp. Inicial C.C	Torcha do de Buje	Recup. por Soldadura	Mecanizado	Pulido Interm edio	Insp. Graf. del Proceso	Calajes de Bujes	Soldar Unión de Buje	Pulido Final	Insp. Final	Soldar indicaciones	Mecanizado c/reproceso	Pulido c/reproceso	Insp. Final c/reproceso	Armado del conjunto	Marcaje, pintura y embalaje						
1	20222	COLLAHUASI	4,54	3,08	8,4	2,1	5,89	7,07	2,18	0,57	2,12	2,8	2,15	0	0	0	0	0	0	0	0	71,03%	64,25%	Pulido	Rep.	PUL01
2																						0,00%	0,00%			
3																						0,00%	0,00%			
4																						0,00%	0,00%			
5																						0,00%	0,00%			
6																						0,00%	0,00%			
7																						0,00%	0,00%			
8																						0,00%	0,00%			
9																						0,00%	0,00%			
10																						0,00%	0,00%			

FIRMA REVISÓ

Tabla 44: Estatus de Conjunto de Frenos Híbridos
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la Tabla 44, se puede observar los tiempos totales del proceso normal, los cuales son 57,58 horas, equivalentes a 6 días laborales y el tiempo total del reproceso que son 63,66 horas, equivalentes a 7 días laborales. Estos tiempos fueron medidos en terreno a doce conjuntos de frenos híbridos, resultando un tiempo promedio de referencia.

Por otro lado según las indicaciones de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción se considera un 30% de reproceso respecto al tiempo de reparación en cada etapa de un conjunto de frenos híbridos.

ESTATUS CONJUNTO PADLOCK																				FORJADOS CORSA S.A. - PRODUCTOS - REPRESO					
Revisó																									
Fecha Actual		08-06-2016																							
Hora de Revisión																									
TIPO PROCESO		PROCESO NORMAL										REPROCESO				PROCESO NORMAL		TIEMPO TOTAL PN	TIEMPO TOTAL RP	ESTATUS					
TIEMPO PROMEDIO (Hrs)		2,38	4,52	10,65	3,37	22,08	10,65	3,56	1,26	6,73	4,27	3,42	6,25	6,62	3,20	1,07	1,88	4,54	6,67	90,35	103,112				
# TAREAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	% Avance Proceso Normal	% Avance con Reproceso	Proceso	Área	Lugar	
N°	N° OS	Cliente	Desarme de Conjunto	Limpieza	Insp. Inicial	Torchado de Buje	Recup. por Soldadura	Mecanizado Final	Pulido Intermedio	Insp. Gral. del Proceso	Calaje de Bujes	Soldadura Unión Buje	Pulido Final	Insp. Final	Soldar indicaciones	Mecanizado Reproceso	Pulido c/reproceso	Insp. Final c/reproceso	Armado del conjunto	Marcaje, pintura y embalaje					
1	20258	ANGLO AMERICAN SUR	2,38	4,52	10,65	3,37	22,08	10,65	3,56	1,26	6,73	4,27	3,42	6,25	6,624	3,195	1,068	1,875	1	0	88,70%	90,10%	Pulido	Rep.	PUL01
2	20260	MINERA ESCONDIDA	2,38	4,52	10,65	3,37	22,08	10,65	3,56	1,26	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68,59%	60,10%	Calaje	Rep.	CAL01
3																					0,00%	0,00%			
4																					0,00%	0,00%			
5																					0,00%	0,00%			
6																					0,00%	0,00%			
7																					0,00%	0,00%			
8																					0,00%	0,00%			
9																					0,00%	0,00%			
10																					0,00%	0,00%			


FIRMA REVISÓ

Tabla 45: Estatus Conjunto Padlock
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la Tabla 45, se puede observar los tiempos totales del proceso normal, los cuales son 90,35 horas, equivalentes a 10 días laborales y el tiempo total del reproceso que son 103,11 horas, equivalentes a 11 días laborales. Estos tiempos fueron medidos en terreno a diez conjuntos de padlock, resultando un tiempo promedio de referencia.

Por otro lado según las indicaciones de la Sub-Gerencia de Planificación y Producción se considera un 30% de reproceso respecto al tiempo de reparación en cada etapa de un conjunto de padlock.


16.2 Rediseño de la Orden de Servicio

CLIENTE:				DT:	
DESCRIPCION: PICAPORTE 4340			Fecha de Entrega		
			Fecha de Ingreso		
CANT.:			PLANO N.:		
INSPECCION			GD.		
			OBS.		
L. Penetrantes	X	Ultrasonido	X	Normalizado	
Prop. Mecánicas		P. Magnéticas	X	Templado	
Metalografía		Dimensional	X	Revenido	
Dureza	X	Alivio de Tensión	X	Temple a la Llama	

N°	PROCESO	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término
1	Limpieza del componente	34				
2	Inspección inicial por control de calidad	230				
3	Alivio de tensiones	1020				
4	Recuperación por soldadura	664				
5	Mecanizado	247				
6	Palido	168				
7	Inspección final por control de calidad	276				
8	Marcado	32				
9	Pintura	123				
10	Embalaje	47				

FECHA	APROBADO
__/__/__	SUPERVISOR REPARACIONES
	GERENCIA OPERACIONES

Ilustración 99: Rediseño de Orden de Servicio de un Picaporte 4340
Fuente: Elaboración Propia

CLIENTE:				DT:	
DESCRIPCION: PICAPORTE DE ACERO AL MANGANESO			Fecha de Entrega		
			Fecha de Ingreso		
CANT.:			PLANO N.:		
INSPECCION			GD.		
			OBS.		
L. Penetrantes	X	Ultrasonido	X	Normalizado	
Prop. Mecánicas		P. Magnética		Templado	
Metalografía		Dimensional	X	Revenido	
Dureza	X	Otros		Temple a la Llama	

N°	Procesos	Tiempo estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término
1	Limpieza del componente	89				
2	Inspección inicial por control de calidad	242				
3	Recuperación por soldadura	567				
4	Mecanizado	145				
5	Palido	118				
6	Inspección final por control de calidad	256				
7	Marcado	26				
8	Pintura	100				
9	Embalaje	48				

FECHA	APROBADO
__/__/__	SUPERVISOR REPARACIONES
	GERENCIA OPERACIONES

Ilustración 100: Rediseño de la Orden de Servicio de un Picaporte al Manganeso
Fuente: Elaboración Propia

CLIENTE:		FORJADOS <small>SOLUCIONES PARA MAQUINARIA Y EQUIVOS</small>		OT:																																																																																																										
DESCRIPCION: BALANCIN				Fecha de entrega																																																																																																										
CANT.: INSPECCION				Fecha de ingreso PLANO N:																																																																																																										
				GD.																																																																																																										
				OBS.																																																																																																										
L. Penetrante	X	Ultrasonido	X	Normalizado																																																																																																										
Prop. Mecánicas		P. Magnética	X	Templado																																																																																																										
Metalografía		Dimensional	X	Reveado																																																																																																										
Dureza	X	Otros		Temple a la llama																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Proceso</th> <th>Tiempo Estimado (Min)</th> <th>Fecha de Inicio</th> <th>Hora de Inicio</th> <th>Fecha de Término</th> <th>Hora de Término</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Limpieza del Balancin</td><td>52</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Inspección Inicial por control de calidad</td><td>224</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Torchado de Bujes</td><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Recuperación por soldadura</td><td>353</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Mecanizado</td><td>166</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Pulido Intermedio</td><td>56</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Inspección general del proceso</td><td>63</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Cabaje de Bujes</td><td>32</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Soldadura de Unión de Bujes</td><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Pulido Final</td><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Inspección Final por Control de Calidad</td><td>282</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Marcaje</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Pintura</td><td>134</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Embalsaje</td><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						N°	Proceso	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término	1	Limpieza del Balancin	52					2	Inspección Inicial por control de calidad	224					3	Torchado de Bujes	20					4	Recuperación por soldadura	353					5	Mecanizado	166					6	Pulido Intermedio	56					7	Inspección general del proceso	63					8	Cabaje de Bujes	32					9	Soldadura de Unión de Bujes	25					10	Pulido Final	20					11	Inspección Final por Control de Calidad	282					12	Marcaje	31					13	Pintura	134					14	Embalsaje	50				
N°	Proceso	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término																																																																																																								
1	Limpieza del Balancin	52																																																																																																												
2	Inspección Inicial por control de calidad	224																																																																																																												
3	Torchado de Bujes	20																																																																																																												
4	Recuperación por soldadura	353																																																																																																												
5	Mecanizado	166																																																																																																												
6	Pulido Intermedio	56																																																																																																												
7	Inspección general del proceso	63																																																																																																												
8	Cabaje de Bujes	32																																																																																																												
9	Soldadura de Unión de Bujes	25																																																																																																												
10	Pulido Final	20																																																																																																												
11	Inspección Final por Control de Calidad	282																																																																																																												
12	Marcaje	31																																																																																																												
13	Pintura	134																																																																																																												
14	Embalsaje	50																																																																																																												
FECHA		APROBADO																																																																																																												
//		SUPERVISOR REPARACIONES																																																																																																												
		GERENCIA OPERACIONES																																																																																																												

Ilustración 101: Rediseño de la Orden de Servicio de un Balancín
Fuente: Elaboración Propia

CLIENTE:		FORJADOS <small>SOLUCIONES PARA MAQUINARIA Y EQUIVOS</small>		OT:																																																																																																																								
DESCRIPCION: CONJUNTO DE FRENSOS HIBRIDOS				Fecha de ingreso																																																																																																																								
CANT.: INSPECCION				Fecha de ingreso PLANO N:																																																																																																																								
				GD.																																																																																																																								
				OBS.																																																																																																																								
L. Penetrante	X	Ultrasonido	X	Normalizado																																																																																																																								
Prop. Mecánicas		P. Magnética	X	Templado																																																																																																																								
Metalografía		Dimensional	X	Reveado																																																																																																																								
Dureza	X	Otros		Temple a la llama																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Proceso</th> <th>Tiempo Estimado (Min)</th> <th>Fecha de Inicio</th> <th>Hora de Inicio</th> <th>Fecha de Término</th> <th>Hora de término</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Desarme del conjunto Frenos Híbridos</td><td>272</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Limpieza del conjunto de Frenos Híbridos</td><td>185</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Inspección Inicial por Control de Calidad</td><td>504</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Torchado de Bujes</td><td>126</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Recuperación por soldadura</td><td>353</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Mecanizado</td><td>424</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Pulido Intermedio</td><td>151</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Inspección general del proceso</td><td>34</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Cabaje de Bujes</td><td>127</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Soldadura Unión de Bujes</td><td>165</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Pulido Final</td><td>129</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Inspección final de Control de Calidad</td><td>307</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Armado de Conjunto del Conjunto Frenos Híbridos</td><td>260</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Marcaje</td><td>34</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Pintura</td><td>246</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Embalsaje</td><td>74</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						N°	Proceso	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de término	1	Desarme del conjunto Frenos Híbridos	272					2	Limpieza del conjunto de Frenos Híbridos	185					3	Inspección Inicial por Control de Calidad	504					4	Torchado de Bujes	126					5	Recuperación por soldadura	353					6	Mecanizado	424					7	Pulido Intermedio	151					8	Inspección general del proceso	34					9	Cabaje de Bujes	127					10	Soldadura Unión de Bujes	165					11	Pulido Final	129					12	Inspección final de Control de Calidad	307					13	Armado de Conjunto del Conjunto Frenos Híbridos	260					14	Marcaje	34					15	Pintura	246					16	Embalsaje	74				
N°	Proceso	Tiempo Estimado (Min)	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de término																																																																																																																						
1	Desarme del conjunto Frenos Híbridos	272																																																																																																																										
2	Limpieza del conjunto de Frenos Híbridos	185																																																																																																																										
3	Inspección Inicial por Control de Calidad	504																																																																																																																										
4	Torchado de Bujes	126																																																																																																																										
5	Recuperación por soldadura	353																																																																																																																										
6	Mecanizado	424																																																																																																																										
7	Pulido Intermedio	151																																																																																																																										
8	Inspección general del proceso	34																																																																																																																										
9	Cabaje de Bujes	127																																																																																																																										
10	Soldadura Unión de Bujes	165																																																																																																																										
11	Pulido Final	129																																																																																																																										
12	Inspección final de Control de Calidad	307																																																																																																																										
13	Armado de Conjunto del Conjunto Frenos Híbridos	260																																																																																																																										
14	Marcaje	34																																																																																																																										
15	Pintura	246																																																																																																																										
16	Embalsaje	74																																																																																																																										
FECHA		APROBADO																																																																																																																										
//		SUPERVISOR REPARACIONES																																																																																																																										
		GERENCIA OPERACIONES																																																																																																																										

Ilustración 102: Rediseño de la Orden de Servicio de un Conjunto Frenos Híbridos.
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Planillas de Control de las Propuestas de Mejora

17.1 Propuesta N°1: Rediseño de la Orden de Servicio


		VERSION: 1
		PAGINA: 2 DE 2
		AUTORES: OSCAR ARRAGADA Y GABRIEL SEPÚLVEDA
Propuesta N°1	Rediseño de la orden de servicio en excel	
Encargado N°1 de Ejecución	Jefe de reparaciones (José Rivera)	
Encargado N°2 de Ejecución	Supervisor de soldadura (Luís Hidalgo)	
Encargado N°3 de Ejecución	Supervisor de control de calidad (Victor Carreño)	
Encargado del Control	Sug-Gerente de reparaciones (Nelson Ortiz)	
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> -Estimar el tiempo total de reparación de los componentes en cada etapa del proceso. -Informar a los trabajadores sobre el proceso completo de reparación. -Establecer comparaciones entre los tiempos de los mismos componentes. -Llevar un control de los tiempos de cada componente. -Ayudará a contribuir a la simulación con tiempos representativos. 	
Control	<p>El encargado N°1 de ejecución, debe pasar la Orden de Servicio donde se inicia el proceso, esto empieza con el desarme del conjunto o limpieza, cerciorandose de que los trabajadores cumplan en llenar cada etapa con los tiempos de reparación. Luego el encargado N°2 de ejecución, debe pasar la Orden de Servicio a sus trabajadores y darle las indicaciones. Finalmente el encargado N°3 de ejecución, debe dar las instrucciones a sus trabajadores.</p> <p>El encargado del control, al finalizar la reparación del componente, debe ir actualizando en el excel con respecto a los tiempos de la orden de servicio. Además, mensualmente se debe verificar las ordenes de servicio y comparar los tiempos de los componentes para realizar una simulación con tiempos representativos.</p> <p>El encargado de control, semanalmente debe verificar que los trabajadores estén cumpliendo con el registro de las fechas y tiempos del proceso de reparación.</p>	
Autorizado por:		
Fecha:		

Tabla 46: Planilla de Control del Rediseño de Orden de Servicio en Excel
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

17.2 Propuesta N°2: Sistema Visual de Procesos mediante Temporizador


		VERSION: 1
		PAGINA: 1 DE 1
		AUTORES: OSCAR ARRIAGADA Y GABRIEL SEPÚLVEDA
Propuesta N°2	Sistema de control visual de procesos mediante temporizador en excel	
Encargado N°1 de Ejecución	Planificador de reparaciones (Carlos Caiceo)	
Encargado N°2 de Ejecución	Mecánico líder (José Fernández)	
Encargado del Control	Sug-Gerente de reparaciones (Nelson Ortiz)	
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> -Mejorar el control de los tiempos. -Acelerar etapas en la reparación cuando se estime conveniente. -Tomar decisiones de la reparación de un componente. -Fijar metas y objetivos en la reparación de componentes. -Retroalimentar el proceso. -Dar una respuesta más verídica al cliente con respecto a los plazos de entrega. -Reprogramar los tiempos de la etapa de un proceso de acuerdo a las metas de la dirección. -Sistema visual para los trabajadores en el área de reparaciones. 	
Control	<p>Esta propuesta puede ser monitoreada por los encargados N°1 y N°2 de ejecución y también por el encargado de control mediante un computador proyectada a una pantalla LED.</p> <p>El encargado será responsable de llevar el seguimiento a 9 componentes instantáneamente, el que dará click al botón de inicio del temporizador de cada proceso, el que se proyectará en la pantalla de su computador.</p> <p>El encargado de ejecución deberá verificar y comparar el avance del tiempo en el temporizador con el avance real del proceso, para luego informar al encargado de control.</p>	
Autorizado por:		
Fecha:		

Tabla 47: Planilla de Control del Sistema Visual de Procesos en Temporizador
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

17.3 Propuesta N°3: Elección del mejor Escenario 5


		VERSION: 1
		PAGINA: 1 DE 1
		AUTORES: OSCAR ARRAGADA Y GABRIEL SEPÚLVEDA
Propuesta N°3	Mejor escenario: mandrinadora con un inspector adicional.	
Encargado N°1 de Ejecución	Planificador de reparaciones (Carlos Caiceo)	
Encargado N°2 de Ejecución	Sub- Gerente de reparaciones (Nelson Ortiz)	
Encargado del Control	Sug-Gerente de reparaciones (Nelson Ortiz)	
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> -Estimar el tiempo de reparación de un conjunto de componentes. -Disminuir la utilización de los recursos. -Disminuir los tiempos de esperas. -Saber cuantos componentes se pueden reparar frente a una determinada tasa de llegada. -Saber la capacidad del área de reparaciones. -Programa adaptable a cualquier modificación del proceso. 	
Control	<p>El encargado N°1 y N°2 de la ejecución, serán los responsables de simular el proceso de reparaciones mensualmente, frente a una determinada tasa de llegada de componentes.</p> <p>El control se realizará de acuerdo a los informes que arroja el programa Arena y se irá verificando el avance de los componentes que están en proceso para ir ajustando los tiempos que se ingresaron a la simulación.</p> <p>Además, el encargado del control, revisará semanalmente la productividad de la nueva maquinaria y el rendimiento de los nuevos trabajadores (Mecánico e Inspector).</p>	
Autorizado por:		
Fecha:		

Tabla 48: Planilla de Control del Escenario 5
Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel