

**ANALISIS Y DIAGNOSTICO BASADOS EN LA METODOLOGIA SEIS SIGMA
ENFOCADOS EN LA BUSQUEDA DE DISMINUCION DE TIEMPOS EN LOS
CICLOS DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS
LAVCO LTDA.**

**SERGIO FERNANDO BALLESTEROS MACIAS
ROGER MORENO ROMERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**ANALISIS Y DIAGNOSTICO BASADOS EN LA METODOLOGIA SEIS SIGMA
ENFOCADOS EN LA BUSQUEDA DE DISMINUCION DE TIEMPOS EN LOS
CICLOS DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS
LAVCO LTDA.**

**SERGIO FERNANDO BALLESTEROS MACIAS
ROGER MORENO ROMERO**

**Trabajo de grado para optar al título de:
Ingeniero Mecánico**

**Director:
Isnardo González Jaimes
Ingeniero Mecánico**

**Codirector:
Juan Andrés Bernal Fino
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

Agradecimientos,

Principalmente A Mi Padre Y A Mi Madre Por Su Amor, Ejemplo Y Apoyo Incondicionales, Por Ser Mis Mejores Amigos, Mis Aliados, Por Haberme Brindado La Oportunidad De Esta Gran Experiencia, La UIS. A Mi Hermana Patricia Por Su Gran Ejemplo De Madurez Y Responsabilidad, A Mi Hermano Mauricio, Por Su Gran Ejemplo De Serenidad Y Seguridad Que Nunca Debemos Perder, A Mi Hermana Adriana, Ejemplo De Valentía Ante Las Situaciones Difíciles, A Mi "Cuñis" Zaida, Por Demostrarme Que ¡Hay Que Seguir Luchando! A Mi Padrino Pablo Y Mi Madrina Gilma, Ejemplo De Lucha Ante La Adversidad. A Mis Sobrinas Aura, Alejandra, Laura Y Zalmita Junto Con Mi Sobrino José Luis...

A Mis Amigos De Toda La Vida: Diego, Gerson, Juancho Duvan, Mateo, Ricardo, Oscar, Laura Juliana "The Little Thing" Y Mery.

A La Familia Militar La Cual Me Brindó La Oportunidad De Fortalecerme, "A Mi Doc. Patico" A Todos Mis Compañeros Y Profesores De La UIS, Los Cuales Formaron Parte De Ésta Aventura Y Siempre Quedarán En Mis Recuerdos.

Y A Los Que Están En El Cielo: A Mis Sobrinas Angélica Y Guadalupe, A Mi Primo Elkin Mauricio Que Allá Desde El Cielo Me Protege.

*Con Todo Mi Cariño,
Sergio
☺*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	25
1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA EN INDUSTRIAS LAVCO.	28
1.1 DISTRIBUCION DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	28
1.2 DESCRIPCION DE LA EMPRESA LAVCO LTDA.	32
1.2.1 Política de calidad.....	33
1.2.2 Misión.....	33
1.2.3 Visión.....	34
1.2.4 Organigrama.....	34
1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	35
1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	37
1.4.1 Objetivo general.....	37
1.4.2 Objetivos específicos.	37
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: MEDIANTE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	38
2. METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	40
2.1 LAS FASES DMAIC DE SEIS SIGMA.	40
2.1.1 Fase de definición	41
2.1.2 Fase de medición	42
2.1.3 Fase de análisis	47
2.1.4 Fase de mejora.....	48

2.1.5 Fase de control	50
2.2 MEDICIONES PARA SEIS SIGMA.....	51
3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA EMPRESA EN SU PROCESO PRODUCTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO.....	55
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CAMISA SECA.	56
3.1.1 Proceso de mecanizado.....	56
3.1.2 Actividades realizadas en el Departamento de mecanizado.	57
3.1.2.1 Transporte de las piezas en bruto desde el patio central hasta corte y despunte.	57
3.1.2.2 Corte y despunte de las camisas.....	57
3.1.2.3 Mecanizado del Diámetro Interior..	58
3.1.2.4 Proceso de Corrección de la Longitud Final..	59
3.1.2.5 Mecanizado del Diámetro exterior.....	60
3.1.2.6 Proceso de Rectificado..	60
3.1.2.7 Proceso de Lavado y Empaque.....	61
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CAMISA RENAULT.....	62
3.2.1 Mecanizado del diámetro exterior.....	62
3.2.2 Rectificado interior.	63
3.2.3 Operación de Fresado.....	63
3.2.4 Revisión, medición y corrección de la deformación en el fresado..	63
3.2.5 Operación de Biselado y bruñido..	63
3.3 SISTEMA DE PROGRAMACION DEL MECANIZADO ACTUAL.	64

4.	ESTUDIO DEL TRABAJO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.....	66
4.1	CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD.....	66
4.2	FUNCIÓN DE LA PLANTA DIRECTIVA.....	67
4.3	CONSTITUCIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE UN TRABAJO	68
4.4	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN BAJO LAS CONDICIONES EXISTENTES.	70
4.4.1	Tiempo Productivo.....	71
4.4.2	Tiempo Total Improductivo.....	71
4.4.3	Trabajo adicional a causa de un mal diseño del producto y mala utilización de materiales.....	71
4.4.4	Trabajo adicional a causa de métodos y operaciones de manufactura inadecuados.	72
4.4.5	Trabajo adicional referente a Recursos Humanos..	73
4.4.6	Relación de Actividades en búsqueda de la disminución de los tiempos improductivos.	73
4.5	DESCOMPOSICIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO.....	74
5.	DESARROLLO DEL PROYECTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA: ETAPAS DE DEFINICION Y MEDICION.....	76
5.1	VALIDAR OPORTUNIDAD DEL NEGOCIO.....	76
5.2	REQUERIMIENTOS CRÍTICOS DEL CLIENTE – CTQ.....	76
5.3	Modelo SIPOC.....	80
5.4	DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DEL AMEF EN INDUSTRIAS LAVCO	86
5.5	BENCHMARKING DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	88

5.6	ESTUDIO DEL TIEMPO TOTAL DE TRABAJO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA. ..	93
5.6.1	Organización.....	96
5.6.1.1	Herramientas de corte.	96
5.6.1.2	Interrupción por cambio de una referencia a otra.....	97
5.6.1.3	Actuales celdas de trabajo..	98
5.6.1.4	Disposición de espacio.....	99
5.6.1.5	Manipulación de Piezas.....	100
5.6.2	Maquinas.....	100
5.6.3	Recursos humanos..	102
5.6.3.1	Ausentismos y retrasos.....	105
5.6.3.2	Riesgo de accidentes.....	105
5.6.4	Medio ambiente - Desecho de materiales.	105
5.7	ANÁLISIS DOFA EN INDUSTRIAS LAVCO Ltda.	107
5.8	QFD EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.....	110
5.8.1	Estrategia de Competitividad en Industrias Lavco Ltda.....	111
5.8.2	Metodología de QFD.....	113
5.8.2.1	Seleccionar un producto/servicio importante a mejorar..	113
5.8.2.2	Obtención, extracción y organización de las necesidades del cliente ...	113
5.9	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA – SEIS SIGMA.....	115
5.9.1	Estudio de la capacidad del proceso.....	117
5.9.2	Límites de control.....	119
5.9.3	Estadística de los tiempos para la fabricación de Camisas Secas..	122

5.9.4	Estadística para los tiempos de fabricación de camisas Renault.....	127
5.9.5	Propuesta para tiempos de mecanizado.....	133
6.	DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO EN LAVCO LTDA.....	136
6.1	PROPUESTA DE INSERTOS PARA MECANIZAR CAMISAS SECAS Y CAMISAS RENAULT.....	142
6.1.1	Herramienta para Tronzado – R123J2-0500-0502-CM 4125.....	145
6.1.2	Herramienta para Mecanizado Desbaste Exterior - Camisa Seca – RCKT 16 06 MO 6190.....	145
6.1.3	Herramienta para Mecanizado Exterior Acabado - Camisa Seca – DCMW 11 T3 04 H13A.....	146
6.1.4	Herramienta para Mecanizado Exterior Desbaste y Acabado – Camisas Renault – CCMT 09 T3 12-KR 3215.....	147
6.1.5	Herramienta para Mecanizado Interior Desbaste y Acabado - CCMT 09 T3 08-KR-3215.....	148
6.2	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA ACTUAL FILOSOFÍA DE TRABAJO EN EL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.....	149
6.2.1	Identificación del problema.....	151
6.2.2	Recolección de datos.....	152
6.2.3	Propuesta de formación de célula de manufactura.....	154
6.2.4	Análisis del equipo clave.....	156
6.2.5	Análisis de flujo de producción.....	157
6.2.6	Análisis de Aglomeración (Agrupamiento).....	158
6.2.7	Recomendaciones enfocadas en las celdas de trabajo.....	162

6.2.7.1	Capacitación del personal.	163
6.2.7.2	Observaciones para las herramientas utilizadas en la celda de trabajo.	164
6.2.7.3	Observaciones para el mantenimiento de los equipos.	165
6.3	PROSPECTIVA DE PRODUCTOS DE LA LÍNEA METALMECÁNICA PARA LA FABRICACION DE CAMISAS HUMEDAS DIESEL.	166
6.3.1	Estrategia de Negocio en Industrias Lavco Ltda.	167
6.3.2	Expectativas a corto y mediano plazo.	169
6.3.3	Estructura comercial.	170
6.3.4	Camisa Diesel Húmeda y Requerimientos en el Departamento de Mecanizado.	172
6.3.5	Justificación para adquirir nuevas tecnologías.	178
6.3.6	Elementos a tener en cuenta antes de automatizar una línea de producción en Industrias Lavco Ltda.	181
6.3.7	Recomendaciones Generales para una muy buena Gestión del Cambio Tecnológico en Industrias Lavco Ltda.	184
6.3.7.1	Desarrollar un plan maestro en la Automatización.	187
6.3.7.2	Explorar los Riesgos de la Automatización.	188
6.3.7.3	Crear un departamento encargado de la administración de ésta nueva tecnología.	188
6.3.7.4	Conceder tiempo suficiente para el desarrollo del proyecto.	189
6.3.7.5	Evitar automatizar todo al mismo tiempo.	189
6.3.7.6	Recursos humanos.	190
6.3.7.7	Agilizar los procesos de adopción de nuevas tecnologías.	190

7. CONCLUSIONES	191
BIBLIOGRAFIA	194
ANEXOS	196

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución Industrias Lavco Ltda	28
Figura 2. Fachada Industrias LAVCO Ltda.....	32
Figura 3. Productos y Servicios ofrecidos por Industrias LAVCO Ltda.....	33
Figura 4. Organigrama Industrias LAVCO Ltda.....	34
Figura 5. Cilindros compresores de gas marca Superior.	35
Figura 6. Fases Seis Sigma para mejora de procesos.....	41
Figura 7. Herramientas empleadas en la definición del problema.....	42
Figura 8. Herramientas empleadas en la medición del problema.....	43
Figura 9. Herramientas empleadas en el análisis del problema.....	48
Figura 10. Herramientas empleadas en la fase de mejora.	49
Figura 11. Herramientas empleadas en la fase de control.....	50
Figura 12. Porcentaje de mejora solicitado para elevar el nivel sigma.....	51
Figura 13. Defectos por cada nivel sigma.....	52
Figura 14. La figura muestra el número de partes por millón (ppm) que estarían fuera de los límites de especificación.	53
Figura 15. . Distribución normal centrada.	53
Figura 16. Proceso de producción actual en el departamento de mecanizado.	55
Figura 17. Máquina de corte	58
Figura 18. Equipo Utilizado para el desbaste interior.....	59
Figura 19. Equipo utilizado para el acabado interior.	59
Figura 20. Equipo encargado del desbaste y acabado del diámetro exterior.....	60
Figura 21. Equipo de rectificado	61
Figura 22. Zona de lavado y empaque	62
Figura 23. Papel de la dirección en la coordinación de recursos de una empresa ...	68

Figura 24. Descomposición del Tiempo de Trabajo	69
Figura 25. Descomposición del tiempo de trabajo si las herramientas son aplicadas	75
Figura 26. CTQ1.....	77
Figura 27. CTQ2.....	78
Figura 28. CTQ3.....	79
Figura 29. Proceso SIPOC	80
Figura 30. Mapa de proceso para Camisa Seca.....	82
Figura 31. Mapa de proceso para Camisa Renault.....	83
Figura 32. Recorrido de las líneas de fabricación de Camisas Secas y Camisas Renault	84
Figura 33. Distribución de planta de Mecanizado.....	85
Figura 34. Paralelo de Rendimiento: Línea de Camisa Seca Vs Línea Renault.	92
Figura 35. Diagrama Causa-Efecto Industrias Lavco Ltda.....	94
Figura 36. Arrumes de camisas secas con diferentes referencias	97
Figura 37. Maltratos en las piezas debido a caídas de los arrumes de material	99
Figura 38. Montañas de material en bruto y terminado	99
Figura 39. Equipo en mantenimiento.....	101
Figura 40. Torno en Mantenimiento.....	102
Figura 41. Daños en los insertos.....	104
Figura 42. Material de desecho posiblemente debido a problemas de fundición.	106
Figura 43. Evidencia de posible fallo a causa de porosidad en el material	106
Figura 44. Esquema DOFA de la empresa	109
Figura 45. Diagrama del cliente interno en Lavco Ltda.	112
Figura 46. Ecuación de lealtad del Cliente.....	112
Figura 47. Estructura Mental de los Clientes	114

Figura 48. Matriz QFD - Industrias Lavco Ltda.....	115
Figura 49. Comparativa de la Capacidad de Proceso "Cp"	118
Figura 50. Aclaratorio de términos usados en la estadística SIX SIGMA.....	121
Figura 51. Longitud para la cual se validaron los tiempos de camisas secas.....	122
Figura 52. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior I Camisa Seca	123
Figura 53. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior II Camisa Seca	123
Figura 54. Resultados estadísticos para Desbaste Exterior Camisa Seca	124
Figura 55. Resultados estadísticos para Acabado Exterior Camisa Seca.....	124
Figura 56. Resultados estadísticos para Biselado Camisa Seca	125
Figura 57. Resultados estadísticos para Montaje Camisa Seca	125
Figura 58. Resultados estadísticos para Longitud Final Camisa Seca.....	126
Figura 59. Resultados estadísticos para Montaje Longitud Final Camisa Seca.....	126
Figura 60. Resultados estadísticos para Tronzado de Camisa Renault.....	128
Figura 61. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior I de Camisa Renault	128
Figura 62. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior II de Camisa Renault	129
Figura 63. Resultados estadísticos para Mecanizado Exterior I de Camisa Renault	129
Figura 64. Resultados estadísticos para Mecanizado Exterior II de Camisa Renault	130
Figura 65. Resultados estadísticos para Fresado de Camisa Renault.....	130
Figura 66. Resultados estadísticos para Rectificado Interior de Camisa Renault....	131
Figura 67. Resultados estadísticos para Biselado de Camisa Renault.....	131
Figura 68. Resultados estadísticos para Bruñido de Camisa Renault.....	132
Figura 69. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Secas mejorara un 20%.....	133

Figura 70. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Secas además de mejorar un 20% fuese 6σ	134
Figura 71. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Renault mejorara un 20%	134
Figura 72. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Renault además de mejorar un 20% fuese 6σ	135
Figura 73. Disponibilidad en Planta durante el primer periodo de 2010.....	137
Figura 74. Confiabilidad de los equipos durante el primer periodo de 2010	138
Figura 75. Diagrama de Pareto de fallas más comunes en los equipos.....	139
Figura 76. Costos de Mantenimiento durante el primer periodo de 2010.....	141
Figura 77. Glosario de términos para insertos Sandvik	144
Figura 78. Herramienta de corte para tronzado.....	145
Figura 79. Herramienta de corte para Desbaste Exterior – Camisa Seca	146
Figura 80. Herramienta para Mecanizado Exterior Acabado - Camisa Seca.....	147
Figura 81. Herramienta para Mecanizado Exterior Desbaste y Acabado – Camisas Renault	148
Figura 82. Herramienta para Mecanizado Interior Desbaste y Acabado	149
Figura 83. Propuesta celda de trabajo en "U"	161
Figura 84. Hoja de Ruta para camisas dentro de la celda propuesta.....	162
Figura 85. Despliegue de los conocimientos en cada Departamento.	163
Figura 86. Clasificación de clientes en Industrias Lavco Ltda.....	171
Figura 87. Camisa Húmeda para motor Diesel	172
Figura 88. Paralelo del proceso de producción Camisa Seca Vs Camisa Diesel Húmeda	173
Figura 89. Actividades que realiza el operario en el Mecanizado II, de la Línea de Camisa Diesel Húmeda.....	174

Figura 90. Actividades que realiza el operario en el Bruñido I y II, de la Línea de Camisa Diesel Húmeda.....	175
Figura 91.Paralelo de Producción Actual Vs CNC.....	177
Figura 92. Ventajas de nuevas tecnologías.....	179
Figura 93. Parámetros de Estudio dentro del Departamento de Mecanizado en Industrias Lavco Ltda.....	182
Figura 94. Recomendaciones para una muy buena gestión del cambio tecnológico en Industrias Lavco Ltda.	184
Figura 95. Torno CNC sugerido.....	185
Figura 96. Características de torno CNC.	186
Figura 97. Hoja de ruta para fabricar camisas diesel húmeda.....	187
Figura 98. Causas de variación en el análisis del problema.....	206
Figura 99. Metodología cíclica Seis Sigma.....	211
Figura 100. Esquema de un subproceso.....	215
Figura 101. Pasos Motorola para calidad 6σ	218
Figura 102. Tipos de AMEF'S.....	222
Figura 103. Disposición por posiciones fijas.....	228
Figura 104. Disposición por proceso o función (Actual).....	228
Figura 105. Disposición de producto en línea.....	229
Figura 106. Disposición por grupos, aplicación de métodos de producción por grupos.....	229
Figura 107. Proceso adaptado al ritmo del equipo.....	232
Figura 108. Proceso adaptado al ritmo Humano.....	233
Figura 109. Metodología para el Desarrollo de Células de Manufactura.....	241

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen herramientas usadas en la fase de medición.....	44
Tabla 2. Número de Maquinas por Operación.....	65
Tabla 3. Oportunidad del negocio	76
Tabla 4. SIPOC - camisa seca y camisa para Renault.....	81
Tabla 5. AMEF de proyecto.....	86
Tabla 6. AMEF de proyecto.....	87
Tabla 7. AMEF de proyecto.....	88
Tabla 8. Parámetros de Percepción del proceso.....	90
Tabla 9. Evaluación de la percepción de Criticidad en los procesos de Línea de Camisa Seca y Renault.....	91
Tabla 10. Análisis Global tipo Benchmarking en el Departamento de Mecanizado.	92
Tabla 11. Paralelo de Rendimiento	98
Tabla 12. Parámetros en relación con la lealtad del cliente.....	113
Tabla 13. Referencias sobre cuándo, cómo y definición de cada uno de los índices usados en SIX-SIGMA.....	120
Tabla 14. Resumen Camisa Seca.....	127
Tabla 15. Resumen Camisa Renault.....	132
Tabla 16. Porcentajes de Indicadores de Mantenimiento	137
Tabla 17. Ventajas económicas y tiempos de la celda de manufactura	155
Tabla 18. Análisis del flujo de producción.....	157
Tabla 19. Matriz de relación Maquina–Pieza de Camisa Seca	158
Tabla 20. Matriz de relación Maquina–Pieza de Camisa Renault	159
Tabla 21. Mediciones de tiempos de producción actual para Camisa Diesel Húmeda comparándola con un sistema CNC e insertos Sandvik.....	176

Tabla 22. Elementos clave a considerar en la selección del equipo desde el punto de vista del Departamento de Mecanizado.....	179
Tabla 23. Escala de Medición comparando una Línea de Flujo Automatizada Vs Línea Actual en el Departamento de Mecanizado	183
Tabla 24. Relación entre las variables de entrada y salida.	204
Tabla 25. Diferencia entre YRT y YFT.....	216
Tabla 26. Pasos para el Desarrollo del AMEF	222
Tabla 27. Criterios de Evaluación Sugeridos para la Severidad del Efecto	223
Tabla 28. Criterios de Evaluación Sugeridos para la Ocurrencia	224
Tabla 29. Criterios de Evaluación sugeridos para la Detección	225
Tabla 30. Formación de familias y celdas	244
Tabla 31. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca	246
Tabla 32. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca (continuación)	249
Tabla 33. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca (continuación)	252
Tabla 34. Tiempos en segundos para mecanizado de una camisa para Renault....	254
Tabla 35. Tiempos en segundos para mecanizado de una camisa para Renault (continuación).....	256

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. COMPLEMENTO FASES DEMAIC	197
ANEXO B. CÁLCULO DE SIGMAS DEL PROCESO.	215
ANEXO C. DIEZ PASOS DE MOTOROLA PARA LA MEJORA DE PROCESOS.....	218
ANEXO D. AMEF.....	221
ANEXO E. CÉLULAS DE MANUFACTURA Y SUS METODOLOGÍAS EXISTENTES.	227
ANEXO F. TABLAS DE TIEMPOS DE MECANIZADO.....	246

RESUMEN

TITULO: ANALISIS Y DIAGNOSTICO BASADOS EN LA METODOLOGIA SEIS SIGMA ENFOCADOS EN LA BUSQUEDA DE DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LOS CICLOS DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.*

AUTOR: SERGIO FERNANDO BALLESTEROS MACIAS, ROGER MORENO ROMERO**

PALABRAS CLAVES: Control Estadístico, Seis Sigma, Capacidad de proceso, Crítico para la Calidad.

DESCRIPCIÓN:

El proyecto se desarrolló en Industrias Lavco Ltda., justificado en la necesidad de reducir los tiempos de mecanizado y satisfacción del cliente final, tomando decisiones con base en información confiable y oportuna, además teniendo en cuenta las consecuencias de la falta de control en el proceso productivo, las exigencias del mercado y la competencia del sector.

La metodología utilizada se basa en la filosofía Seis Sigma que en este caso cuantifica la calidad en términos de cumplimiento de las condiciones de operación y de las especificaciones del cliente. Además otras metodologías como Análisis de Criticidad y AMEF permitieron la identificación de las variables críticas consideradas el objeto de estudio. El estudio se inició con la descripción general de las variables del proceso posteriormente se identificaron las variables críticas, se definió la frecuencia y método de medición, se identificó el tipo de grafico de control de acuerdo al proceso productivo que se estaba analizando, se tomaron los datos y se calcularon los limites preliminares para iniciar el período de monitoreo de las variables críticas.

En el período de análisis y en equipo con el departamento de mantenimiento, operarios y metrología se identificaron las causas para las cuales se disminuyen los volúmenes de producción, se elaboraron gráficos de control y por último se calcularon índices de capacidad y el nivel sigma con el objeto de enfocar los esfuerzos y recursos en las operaciones que requieren de manera prioritaria una mejora.

Al culminar el estudio se concluyó que el proceso cumple con las especificaciones del cliente, pero deben enfocarse los esfuerzos hacia las condiciones de operación donde se obtuvieron índices de capacidad y niveles sigma poco aceptables.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ing. Mecánica. Director Isnardo González Jaimes. Codirector Juan Andrés Bernal Fino

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS AND DIAGNOSIS METHODOLOGY BASED ON SIX SIGMA FOCUS ON REDUCING SEARCH TIME IN THE CYCLE OF WORK OF THE DEPARTMENT OF MACHINES IN INDUSTRIES LAVCO LTDA.*

AUTHOR: SERGIO FERNANDO BALLESTEROS MACIAS, ROGER MORENO ROMERO**

KEY WORDS: Statistical Control, Six Sigma, Process Capability, Quality Critical.

DESCRIPTION:

The project was developed in LAVCO Industries Ltd., justified by the need to reduce machining times and customer satisfaction, making decisions based on reliable and timely information, as well as taking into account the consequences of the lack of control in the process production, market demand and competition in the sector.

The methodology is based on the Six Sigma philosophy in this case quantifies the quality in terms of compliance with the conditions of operation and customer specifications. In addition, other methodologies such as FMEA and criticality analysis allowed the identification of critical variables considered the object of study. The study began with a general description of the process variables were subsequently identified the critical variables, we defined the frequency and method of measurement, identify the type of control chart according to the production process being analyzed, were taken data and calculated the preliminary boundaries for the beginning of monitoring of critical variables.

In the period of analysis and computer maintenance department, and metrology operators identified the causes for which lower production volumes, control charts were developed and finally capacity indices were calculated and the sigma level order to focus efforts and resources in operations that require improvement as a priority.

Upon completion of the study concluded that the process meets customer specifications, but the focus of efforts to operating conditions where rates were obtained sigma levels of capacity and less acceptable.

* Work of Grade

** Physical Faculty of Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director Isnardo González Jaimes. Co Juan Andrés Bernal Fino

INTRODUCCIÓN

El sector metalmecánico es una de las áreas que por tradición representa un elevado porcentaje de participación en el mercado Colombiano a nivel nacional e internacional. En el Departamento de Santander, es considerado después del sector petrolero y de calzado, uno de los elementos con mayor influencia en la economía local.

La actual tendencia de Globalización en nuestro país, representa un gran número de nuevas oportunidades que permiten una expansión económica a nivel internacional y regional (Latinoamérica), pero también son razones de peso para evaluar las actuales campañas involucradas en mejorar los procesos de producción que se llevan a cabo en mencionado sector. Las crisis económicas que han surgido en los últimos años han disminuido en gran medida el ánimo de inversión de las empresas en adquirir tecnología de punta, ya que los grandes costos que conllevan los nuevos equipos acompañados de una serie de elementos que comparten ése incremento indeseado en el producto final, paralizan la iniciativa de toda empresa.

Siendo consecuentes y fundamentándonos en la situación actual de la Industria Colombiana, las empresas de hoy, buscan mejorar sus procesos de producción mediante la implementación de nuevas filosofías de trabajo, las cuales con una menor inversión, buscan optimizar sus métodos de trabajo enfocados en mejorar su productividad, calidad y costos de fabricación.

Industrias Lavco Ltda. no puede ser la excepción, gracias a la implementación de calidad ISO 9001:2008 la cual da vía libre hacia una mejora continua en sus procesos y el visto bueno de sus directivos, el deseo de ser próximamente líderes en éste mercado, ha permitido el desarrollo de éste trabajo de grado, fundados en

la metodología Seis Sigma, la cual es una estrategia de trabajo de clase mundo, enfocada en buscar soluciones prácticas a los problemas que se encuentran en todo tipo de área de trabajo y gracias al ciclo DMAIC, (Definición, Medición, Análisis, Implementación, Control) el cual, son una serie de pasos muy disciplinados que vienen acompañados de herramientas sistemáticas muy versátiles, permitieron ordenadamente observar los elementos que impiden un desarrollo óptimo del proceso, los cuales incrementan los ciclos de trabajo en el departamento de mecanizado.

Organización, mantenimiento y recursos humanos forman parte de una serie de elementos detectados de los cuales la inexistencia de una filosofía adecuada de trabajo, la ausencia de campañas de mantenimiento y un control estricto de los empleados complementan respectivamente la creación de un banco de problemas enfocados en la búsqueda de incrementar la producción de los productos que actualmente ofrece Industrias Lavco Ltda. como lo son Camisas Secas para Motores a Gasolina, Camisas Húmedas para Motores a Gasolina, Camisas Húmedas para Motores Diesel y finalmente Bujes para Asientos de Válvulas.

Por medio de una investigación de campo la cual estuvo acompañada de las tres primeras fases del ciclo DMAIC, realizada directamente en el entorno natural de trabajo, por medio de observaciones, charlas y revisión de parámetros de mantenimiento, se evidenciaron los problemas actuales.

Con el desarrollo de éste proyecto de grado, se buscó brindar una noción acerca del estado actual del departamento de mecanizado, el cual reveló bases muy sólidas para generar aportes de mejoramiento en el mismo, permitiendo identificar los problemas más representativos de dicho sector de los cuales basados en la experiencia de nuestro director de proyecto, colaboración por parte de los ejecutivos y operarios de los equipos, se ofrecieron diagnósticos, los cuales van

dirigidos a la optimización de algunas actividades que están a cargo de dicho sector.

En este orden de ideas, las soluciones se complementaron con un análisis crítico y consecuente a un desarrollo estratégico del departamento de mecanizado, decidiendo que es lo que se busca y hacia donde se orientaron las soluciones de prioridad establecidas de trabajo. Con una herramienta adecuada y metodología establecida referente a como se aportó eficazmente al crecimiento de una empresa que desea ser líder a nivel nacional e internacional en la industria manufacturera.

1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA EN INDUSTRIAS LAVCO.

1.1 DISTRIBUCION DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

Figura 1. Distribución Industrias Lavco Ltda



Fuente: Autores del proyecto

INDUSTRIAS LAVCO LTDA, es una organización Empresarial Privada, de carácter industrial, ubicada dentro del sector económico de Fabricantes de Partes para Motores.

La compañía se encuentra en capacidad de atender la fabricación de camisas bajo plano técnico o muestra física desde 25mm hasta 500mm de diámetro y hasta 1.25m de longitud, contando como una de sus fortalezas su enorme facilidad para el desarrollo de productos especiales, sin limitantes de tamaño o especificación.

LAVCO LTDA. tiene como Política de Calidad, la satisfacción de sus clientes a nivel nacional e internacional.

Las camisas de cilindros son uno de los principales componentes internos del motor, que influye de forma directa en su desempeño y que hace parte principal de la cámara de combustión junto con la culata y el pistón en motores de combustión interna.

Lavco ofrece una variedad de camisas de tipo húmeda y seca (Dry & Wet) fabricadas mediante el proceso de centrifugado, que es reconocido mundialmente por ser el mejor método para la obtención de camisas de gran calidad y alto desempeño. Este proceso le da al metal propiedades especiales que lo hacen resistente a la abrasión y su estructura es la más apropiada para la retener y conservar la película de lubricante.

Las camisas Lavco poseen una aleación especial con propiedades especiales de desempeño en cuanto a resistencia al desgaste, control de la lubricación y transferencia de calor durante la operación del motor. Entre sus productos Industrias Lavco cuenta con:

- Camisa Seca Motor Diesel

Camisas tipo seca y Camisas con pestaña (ceja), parallamas, escalas, etc. Su aplicación es para motores diesel que no tienen refrigeración por agua directamente.

Se entregan semiterminadas (UC) o completamente terminadas (UCO) siguiendo los requerimientos del cliente. No todas las referencias se fabrican UCO por política interna de la empresa.

- Barras centrifugadas (Bujes / Lingotes)

Es un material cilíndrico usado para la fabricación de asientos de válvulas. Se entrega semiterminado en el interior y exterior de acuerdo con las medidas requeridas. Lavco produce dos tipos de barras, Normales para admisión de gasolina y Hipper para escape de gasolina y admisión y escape de diesel. Las barras son producidas en material de hierro gris aleado de alta calidad, sometidas a centrifugación y premechanizadas en su diámetro interior y exterior.

Este material es fabricado en gran variedad de referencias que van en intervalos de 5mm. Buscando permitir al usuario un rango de selección amplio para aplicar a sus necesidades específicas.

- Insertos para asientos de válvulas motores a gas

Este material reúne todas las especificaciones de alto desempeño para asientos de válvulas de vehículos adaptados a Gas Natural Vehicular.

Se trata de uno de los materiales más avanzados en cuanto a tecnología de asientos de válvulas. Los insertos para asientos de válvulas sinterizados SERIE DIAMANTE que distribuye para Colombia Industrias Lavco Ltda. son fabricados mediante el proceso de metalurgia de polvos (Powder Metal) cuya estructura está compuesta principalmente por carburo de tungsteno (aleación especial de uso en la industria aeroespacial).

- Camisa Húmeda Motor Gasolina

Con la más alta precisión y calidad, Lavco fabrica este tipo de camisas principalmente para aplicaciones en motores Renault.

Se entregan completamente terminadas tanto en interior como exterior y en sus caras planas. Se venden como piezas sueltas, o como suministro completo para juegos o "kits" de reparación.

- Camisa Húmeda Motor Diesel

Las camisas húmedas poseen ranuras de sellado para los "O" rings y siempre están en contacto directo con agua o líquido refrigerante. Una camisa húmeda es generalmente pesada y de pared gruesa.

Se entregan terminadas completamente, siguiendo las especificaciones técnicas del producto original. Van marcadas con nuestro logotipo y el código interno de control de calidad, protegidas contra la oxidación y envueltas en papel contramarcado, con una etiqueta que indica la referencia del producto, las dimensiones y el código de control interno de colada.

- Servicios Especiales Lavco

Los servicios especiales de Lavco están enfocados a Camisas para grandes motores estacionarios y Camisas para equipo de alta minería.

Con certificación ISO 9001/2000 y su amplia experiencia, Industrias Lavco se perfila como el principal aliado de las empresas del sector petróleo, gas y energía y sus contratistas.

Industrias LAVCO Ltda. Empresa manufacturera privada del sector metalmecánico especializada en la fabricación de piezas para el mercado de reposición tales como camisas centrifugadas en fundición gris para el sector automotriz, industrial, petróleo y del gas, posee un mercado que está conformado por empresas de Colombia y principalmente en el exterior, encargadas de la comercialización de partes para motores.

1.2 DESCRIPCION DE LA EMPRESA LAVCO LTDA.¹

Industrias Lavco Ltda., empresa manufacturera privada del sector metalmecánico especializada en la fabricación de piezas para el mercado de reposición tales como camisas centrifugadas en fundición gris para sector automotriz, industrial, petróleo y gas, reparación de cilindros compresores reciprocantes, bombas reciprocantes, fabricación de pistones y demás componentes para la industria petrolera y de gas y fundiciones especiales de piezas industriales en aluminio y bronce. Los clientes de Industrias Lavco a nivel nacional e internacional son las empresas encargadas de la comercialización de las partes para motor, rectificadoras de motores y especialmente las organizaciones del sector industrial y energético así como sus proveedores de servicios de mantenimiento y reparaciones.

Figura 2. Fachada Industrias LAVCO Ltda.



INDUSTRIAS LAVCO LTDA.
kilómetro 4 Autopista -Florida-
Piedecuesta

Tel: (57-7)638-1921

Fax: (57-7)638-4993

Bucaramanga - Colombia

¹ Fuente: Industrias Lavco, Manual de calidad.

1.2.1 Política de calidad. LAVCO LTDA. tiene como Política de Calidad, la satisfacción de sus clientes a nivel nacional e internacional. Para el logro de la Política de Calidad, se apoyan en el siguiente Objetivo:

“Alcanzar la excelencia, a través del establecimiento, gestión y logro de exigentes metas de productividad, tanto en los procesos operativos como administrativos y comerciales”.

Figura 3. Productos y Servicios ofrecidos por Industrias LAVCO Ltda.



Líneas de Productos
ofrecidos por Industrias
Lavco Ltda.



Línea de Camisas
Húmedas para Motores a
Gasolina



Línea de Camisas y bujes
Automotrices

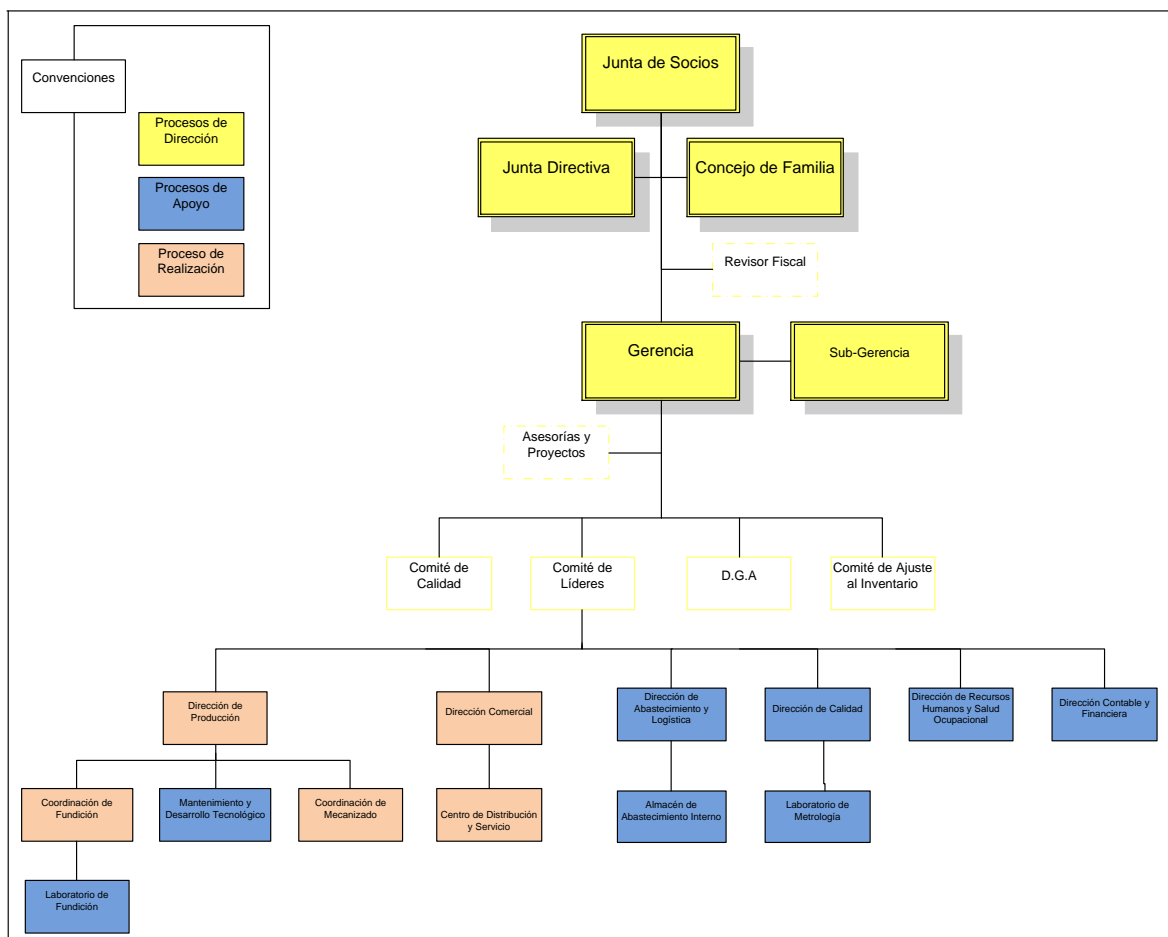
1.2.2 Misión. Industrias Lavco es una empresa industrial productora y comercializadora de partes para motor, proveedora de servicios de reparación y otros componentes internos relacionados directamente con el desempeño de motores y compresores.

Cuenta con clientes a nivel nacional e internacional en los segmentos de: Comercialización de partes, Talleres de Rectificación de Motores y Mecánica Industrial Diesel, así como organizaciones del sector Industrial y Energético que son atendidas directamente o a través de sus respectivos proveedores de servicios.

1.2.3 Visión. Ser un proveedor líder del mercado colombiano, reconocido en Latinoamérica, por la calidad de los productos fabricados y comercializados así como un ofertante de servicios metalmecánicos consolidado en los sectores industriales y energéticos que cuente con aliados estratégicos a nivel nacional e internacional, de quienes recibamos inversión en transferencia de conocimiento, tecnología y capital.

1.2.4 Organigrama

Figura 4. Organigrama Industrias LAVCO Ltda.



Fuente: Industrias Lavco Ltda. y autores del proyecto

1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO.

Figura 5. Cilindros compresores de gas marca Superior.



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

Debido a que su principal participación está reflejada en un ambiente internacional, debe competir con empresas de talla mundial las cuales día a día quieren alcanzar la mejora continua de sus productos, basadas en metodologías de calidad las cuales permiten reducir costos a través de la eliminación de errores, disminuyendo los tiempos de los ciclos, incrementando su productividad, mejorando la calidad en el proceso de desarrollo y lanzando nuevos productos exitosamente al mercado. Industrias Lavco Ltda. no puede ser la excepción, gracias a la implementación de calidad ISO 9001:2008 la cual da vía libre hacia una mejora continua en sus procesos y el visto bueno de sus directivos, el deseo de ser próximamente líderes en éste mercado ha permitido un visto bueno a la implementación de la

metodología Seis Sigma dirigido al mejoramiento del departamento de mecanizado de la empresa. Esto permite brindar una noción mucho más amplia de todos los procesos involucrados en éste departamento, permitiendo ver reflejados con las diferentes herramientas que utiliza ésta metodología aquellos factores que impiden un desarrollo mucho más eficiente dentro del proceso de mecanizado. A su vez, por medio de los resultados que se brinden de esta aplicación, se irradiaría a otros sectores de la empresa y de ésta forma contribuir de alguna forma en el crecimiento de Lavco Ltda.

Con la implementación de ésta metodología se busca brindar una noción acerca del estado actual del departamento de mecanizado lo cual revelaría bases muy sólidas para generar futuros aportes de mejoramiento en el mismo, permitiendo identificar los problemas más representativos de dicho sector de los cuales basados en la experiencia de nuestro director de proyecto, colaboración por parte de los ejecutivos y operarios de la maquinaria, se ofrecerían diagnósticos mucho más acertados los cuales van dirigidos a la optimización de algunas actividades que están a cargo de dicho sector. En este orden de ideas, las soluciones deben complementarse con un análisis crítico y consecuente a un desarrollo estratégico del departamento de mecanizado, decidiendo que es lo que se busca y hacia donde se orientan las soluciones de prioridad establecidas de trabajo. Con una herramienta adecuada y metodología establecida referente a como se contribuirá eficazmente al crecimiento de una empresa que desea ser líder a nivel nacional e internacional en la industria manufacturera.

1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.

1.4.1 Objetivo general. Contribuir con la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, para fortalecer los convenios con la empresa Lavco Ltda., realizando en el departamento de Mecanizado un análisis y diagnóstico del proceso actual que se lleva a cabo en éste sector de la empresa y por medio de la metodología Seis Sigma plantear estrategias de solución a los problemas encontrados.

1.4.2 Objetivos específicos. Identificar la forma de optimizar cada operación de mecanizado automotriz buscando una eficiencia vía reducción de costos mediante:

- El proceso de determinación y diseño de medidas contra las causas de falla identificadas, con planes de acción priorizados a través de un análisis de modos y efectos de falla AMEF.
- Realizar análisis y diagnóstico de los equipos y herramientas de corte que se encuentran en el departamento de mecanizado para evaluar las deficiencias en los volúmenes de producción y sugerir la viabilidad de nuevas tecnologías.
- El Diseño de un modelo de producción de camisas Diesel Húmeda desde el punto de vista del departamento de mecanizado y planteándolo como oportunidad de nuevo negocio para Industrias Lavco Ltda.
- Elaborar una propuesta de diseño de celdas de trabajo en base al conocimiento de los ciclos de tiempo, dirigidas al área de mecanizado automotriz, permitiendo un replanteamiento de los modelos de producción aprovechando al máximo la maquinaria con la que se cuenta actualmente eliminando los tiempos muertos.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: MEDIANTE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.

Seis Sigma (6σ) es un sistema diseñado para reducir a un mínimo los defectos en fabricación y busca la satisfacción de las necesidades del cliente. Seis Sigma obliga un cambio de pensar con el fin de posicionar a una empresa de manera que satisfaga mejor a los clientes haciéndola más productiva y competitiva.

Podríamos decir que Seis Sigma es un guía completa y flexible que tiene como norte, conservar y extender el éxito en los negocios. Seis Sigma precisa el conocimiento total de las necesidades del cliente, requiere un análisis disciplinado de datos y hechos, además del perfeccionamiento y reinención de los procesos empresariales.

Por medio de la metodología 6σ es posible promover en gran medida el trabajo en equipo, esto gracias a que, en la mayoría de las herramientas, el mecanismo para proyectar las diversas ideas hacia la solución del problema, es el producto de la contribución de todas las personas involucradas, es por esto que la mejora permanente de los procesos se convierte en el objetivo común.

El manejo de la Estadística es común dentro de la metodología 6σ , pero es importante dilucidar que esta es un medio y no un fin. El interés de los clientes es tener un producto de excelente calidad, a tiempo, sin defectos y que sea lo más económico posible, por lo que no le afecta si este ha sido producido bajo el esquema Seis Sigma o no.

Durante la implementación, el alcanzar un nivel de capacitación óptimo implica altos gastos generados por los costos ocasionados por capacitación, tiempos, materiales, entre otros; no obstante la restitución de dicha inversión puede ser elevada, esto cuando los proyectos son conducidos de forma adecuada, ya que el

incremento financiero y las mejoras que se presentan en el momento en que un proyecto 6 σ funciona son considerables.

Un aspecto fundamental de la metodología es la supresión o reducción de la inspección, al seguir las diferentes técnicas; muestra de esto es el uso de sistemas Poka-Yoke entre otros, donde la inspección deja de ser necesaria y se busca la raíz de los defectos para que puedan ser eliminados al máximo.

De manera general, los logros del proyecto son evaluados por el total del ahorro financiero que ha representado el mismo. De lo que se deduce la importancia de que el Champion, los directivos y el Black Belts consagren los espacios de tiempo suficientes a razonar de manera articulada con los integrantes del equipo que atraviesan por el periodo de adiestramiento y los asistan para que la selección del tema de su proyecto de mejora sea lo más asertiva que se pueda.

2. METODOLOGIA SEIS SIGMA.

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

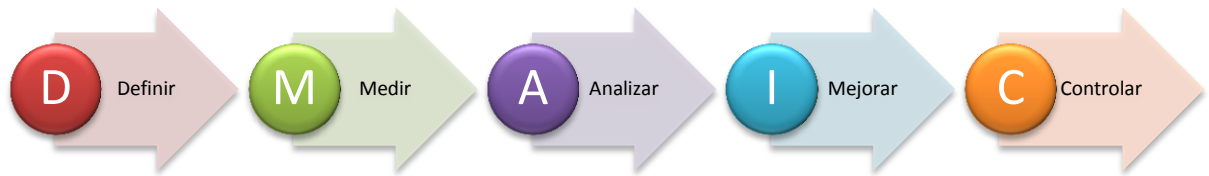
Seis Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología seis sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

En los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Unas, de tipo general como las herramientas de Calidad las cuales se emplean para la recogida y tratamiento de datos; las otras, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis ANOVA, contraste de hipótesis, diseño de experimentos y, también, algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMEF.

2.1 LAS FASES DMAIC DE SEIS SIGMA.

En la figura 6 son expuestas las diferentes fases de la metodología Seis Sigma: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control (DMAIC), las cuales permiten que éste sea un método ordenado de mejora de los procesos.

Figura 6. Fases Seis Sigma para mejora de procesos.



Fuente: Autores del proyecto

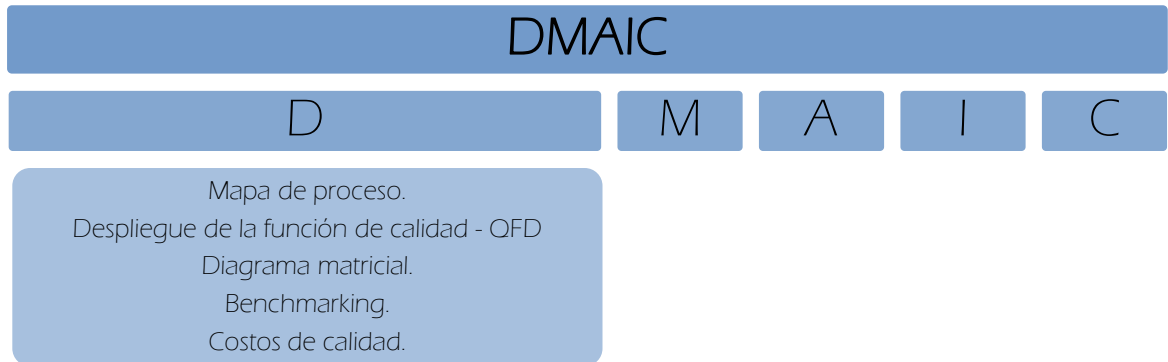
2.1.1 Fase de definición



La metodología Seis Sigma tiene como fin en su etapa inicial localizar de manera específica el problema, precisar los atributos que desmejoran la calidad (CTQ's- Critical to Quality) apoyándose en la voz del cliente (VOC), asimismo realiza un sondeo acerca de en qué medida repercute la realización del proyecto en el negocio, las metas que se pretenden alcanzar, del mismo modo que el alcance y los ahorros financieros.

En esta primera fase se utiliza la categorización, tanto como sea viable, como método de caracterización del problema. A continuación es descrita una situación que puede ser empleada como ejemplo: un cliente presenta una queja a causa de una falla en una camisa, la familia de productos es identificada según su importancia para lo cual es utilizado el diagrama de Pareto, una vez hecho esto se pasa a registrar el producto, la línea donde se hace, el equipo determinado, etc. Al finalizar este proceso ya es posible definir de manera exacta la situación que está generando el problema y hallar así mismo la oportunidad del perfeccionamiento. Las herramientas que pueden ser empleadas en la fase de definición se muestran en la figura 7.

Figura 7. Herramientas empleadas en la definición del problema.



Fuente: Autores del proyecto

En esta fase son establecidas las siguientes metas:

- Definición del problema.
- Establecer las repercusiones del proyecto.
- Determinar el uso de las herramientas correspondiente a esta fase.

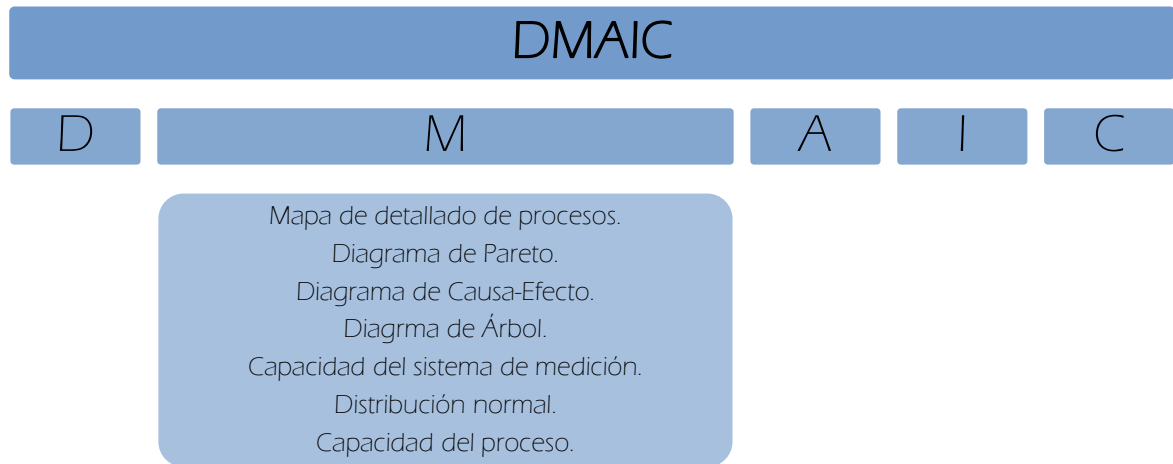
2.1.2 Fase de medición



En esta etapa del proceso lo que se busca es realizar la selección de uno o más aspectos no sólo para que sean medidos, sino que además, en esta fase se determina la forma en que se hará la medición, pero lo cual será establecido un plan de recolección de datos y así mismo será llevada a cabo dicha recolección.

La importancia de esta fase del proceso se basa en que garantiza la precisión, rigor y confiabilidad de aquellos datos que mantengan relación con las exigencias del cliente y el desempeño actual. Algunas herramientas que pueden ser utilizadas para realizar este tipo de trabajo se exponen en la figura 8.

Figura 8. Herramientas empleadas en la medición del problema.



Fuente: Autores del proyecto

Con la fase de medición se busca alcanzar las siguientes metas:

- Manejar de manera apropiada los conocimientos necesarios para la utilización de las diferentes herramientas que pueden ser empleadas en la fase de medición.
- Establecer cuáles son las medidas que tienen una mayor relevancia para el proyecto.
- No basta con determinar los tipos de variación en el proceso, además de esto es conveniente para el proyecto hallar el origen de dicha variación.
- Desarrollar un plan de recolección de datos relevantes.
- Transformar en números los datos que se han recolectado, para así analizarlos y conocer sus comportamientos.
- Efectuar un estudio del sistema de medición (MSA).
- Determinar con qué frecuencia se producen los desperfectos.

La variación hace presencia en todos y cada uno de los procesos, por lo que se hace importante su medición y así percibir la existencia de datos que se encuentren

fuera de las especificaciones, los cuales podrían ocasionar dificultades en los procesos. Lo básico para llevar a cabo esta actividad es saber con exactitud qué es lo que se necesita medir y cómo se va efectuar dicha medición.

Estos aspectos dependen de las condiciones y necesidades que se tienen, por lo que es posible que se tenga que seleccionar una o más herramientas, según sea el caso, de donde se afirma que no es algo forzoso utilizar todas las herramientas, lo verdaderamente esencial es realizar una selección de manera cuidadosa, donde sean seleccionadas aquellos instrumentos que proporcionen la información más objetiva y específica.

A continuación se enunciarán de manera general las herramientas que han sido seleccionadas ya que se consideran acordes a las necesidades del proyecto, esto para determinar los CTQ's del proceso.

Tabla 1. Resumen herramientas usadas en la fase de medición.

Herramienta	Utilidad
5 Porqués?	Se utiliza después de haber determinado las causas más importantes de un problema, preguntando sistemáticamente 5 veces porqué, podremos llegar a la solución del problema
5W/1H	Técnica en la cual se responde a las siguientes preguntas: que, quién, porque, cuando, donde, como, para la solución de problemas.
Análisis de Campo de Fuerzas.	Analizar cuáles son las fuerzas dentro de una organización o proceso que están dando empuje a las soluciones y cuales están frenando el progreso.
Benchmarking	Estudio que ayuda a realizar un comparativo de

	productos, procesos o servicios contra el "mejor en la clase" puede ser dentro de la empresa o, para identificar oportunidades de mejora.
Capacidad de los sistemas de medición (MSA)	Sirve para determinar que tan grandes son las variaciones en base a ciertos parámetros de los sistemas de medición, incluyendo equipo y gente.
Carta de tendencias	Conocer el comportamiento de un proceso gráficamente para poder tomar las acciones correctivas a tiempo cuando es necesario.
Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa o Fishbone)	Representa de forma ordenada y completa todas las causas que pueden originar un problema (efecto) es una herramienta muy efectiva para encontrar las causas más importantes de un problema y en base al análisis de las causas encontrar la mejor solución.
Diagrama de Afinidad	Agrupar en categorías afines las posibles causas que ocasionan un problema, permitiendo obtener fácilmente la causa que lo origina.
Diagrama de Dispersión	Es una técnica utilizada para estudiar la relación entre dos variables, facilitando la comprensión del problema planteado.
Diagrama de Pareto	Priorizar los problemas que tienen el potencial más grande de mejora. Muestra la frecuencia relativa en una gráfica de barras descendiente.
Diagrama de Relaciones	Permite al equipo identificar, analizar y clasificar sistemáticamente las relaciones causa y efecto que existen entre todos los elementos críticos, para lograr

	una solución efectiva.
Diagramas Matriz	Método utilizado para mostrar las relaciones que existen entre métodos, causas, actividades etc., determinando la fuerza que existe entre estas. Permite Identificar las medidas más convenientes para la solución.
Hoja de Verificación	Recolectar datos basados en la observación del comportamiento de un proceso con el fin de detectar tendencias, por medio de la captura, análisis y control de información relativa al proceso.
Lluvia de ideas	Cada miembro del equipo propone posibles soluciones a un problema, se determinan las mejores soluciones por consenso.
Mapa de procesos	Proveen una secuencia gráfica de cada uno de los pasos o actividades que componen una operación desde el inicio hasta el final. Permitiendo una mejor visualización y comprensión del proceso. Sirve para identificar pasos innecesarios, compara el proceso actual contra el ideal.
Matriz Causa y efecto	Relaciona las entradas claves a los CTQ's y el diagrama de flujo del proceso como su principal fuente. Sirve para priorizar las entradas clave a usar en AMEF'S, planes de control y estudios de capacidad.
QFD	Método gráfico (matriz de relaciones) en el que se identifican los deseos del cliente (CTQ'S) y las características de diseño del producto, procesos o servicios. Permite traducir de un lenguaje ambiguo a los

	requerimientos específicos del diseño del producto, proceso o servicio. En otras palabras relacionas los "qué?" del cliente con los "cómo?" del proceso.
Técnica de grupos nominales.	Permite al equipo rápidamente realizar un consenso de la importancia relativa de asuntos, problemas o soluciones posibles. Las causas más importantes son atacadas y se priorizan para encontrar la mejor solución
AMEF	Es una metodología sistemática y dirigida, que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, producto u operación de manufactura/ensamble causadas por deficiencias en los procesos de diseño o manufactura. También identifica características de diseño o de proceso críticas que requieren controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla. AMEF es una herramienta utilizada para prevenir los problemas antes de que ocurran.

2.1.3 Fase de análisis

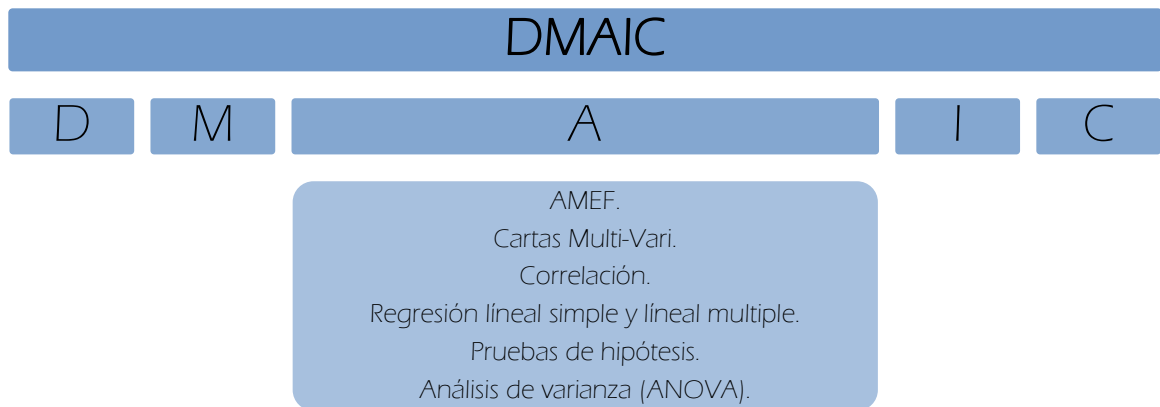


En esta fase se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de Medición, con el propósito de conocer las relaciones causales o causas raíz del problema.

La información de este análisis proporcionará evidencias de las fuentes de variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora del proceso.

En la figura 9 se muestran las Herramientas a utilizar en esta fase:

Figura 9. Herramientas empleadas en el análisis del problema.



Fuente: Autores del proyecto

Los objetivos de esta fase son:

- Determinar el nivel de desempeño del proceso actual.
- Identificar cuáles son las fuentes de variación.

Una vez identificadas las causas potenciales por medio de una lluvia de ideas y un diagrama de causa efecto, se realiza un proceso de validación estadística de las mismas apoyándose en Análisis de regresión, Pruebas de Hipótesis y Análisis de varianza.

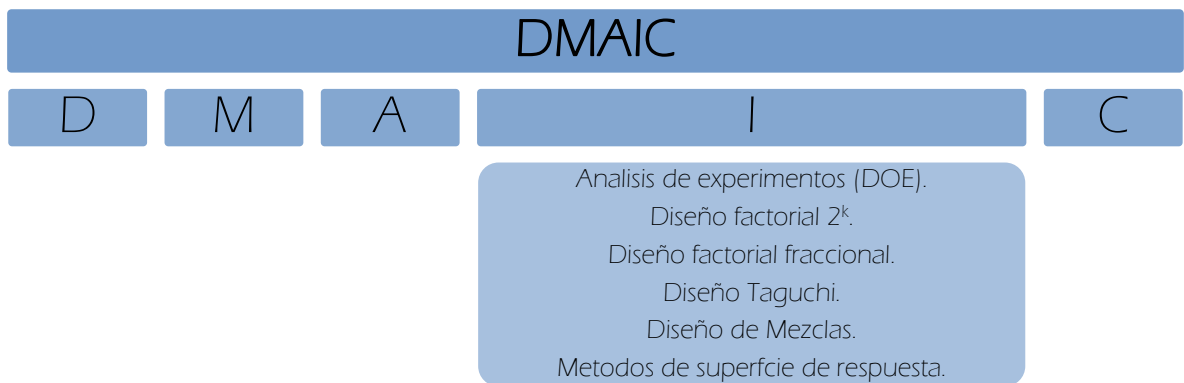
2.1.4 Fase de mejora



En la fase anterior es cuando el equipo selecciona las características de desempeño del producto que deben ser mejoradas para alcanzar la meta de mejora identificando las mayores fuentes de variación del proceso. En la fase de mejora se utilizará el diseño de experimentos (DOE), para seleccionar las causas que más afectan los CTQ e investigar estas causas para conocer el comportamiento del proceso.

El método de DOE consiste en realizar cambios en los niveles de operación de los factores para obtener los mejores resultados en la respuesta. Esta información es de gran ayuda para la optimización y mejora de procesos. En la figura 10 se muestran las Herramientas a utilizar en esta fase.

Figura 10. Herramientas empleadas en la fase de mejora.



Fuente: Autores del proyecto

Los objetivos de esta fase son:

- Identificar específicamente cómo el proceso debe ser mejorado.
- Conocer el uso de las herramientas de mejora.
- Conducir el diseño de experimentos para la optimización de procesos.
- Obtener las mejoras del proceso en el proyecto.

Los métodos de diseño de experimentos pueden también jugar un papel mayor en las actividades de ingeniería de desarrollo de nuevos productos o mejora de los productos actuales. Algunas aplicaciones del diseño de experimentos incluyen:

- Evaluación y comparación de configuraciones básicas de diseño.
- Evaluación de alternativas de material.

- Determinación de parámetros clave de diseño con impacto en el desempeño.

2.1.5 Fase de control



Una vez implementadas las mejoras en nuestro proceso, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan y estén siendo actualizadas a través del tiempo, nuestras salidas serán:

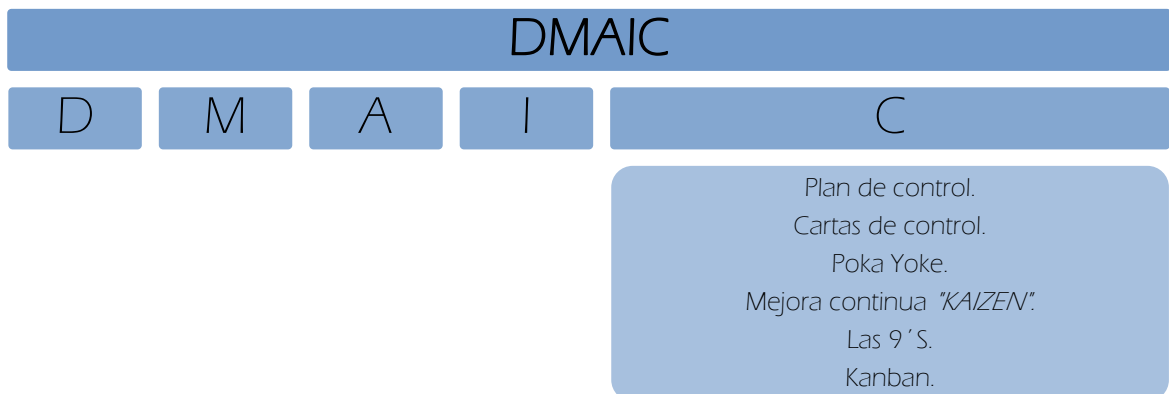
Plan de control y métodos de control implementados

Capacitación en los nuevos métodos

Documentación completa y comunicación de resultados, lecciones aprendidas y recomendaciones

En la figura 11 se muestran las herramientas a utilizar en esta fase:

Figura 11. Herramientas empleadas en la fase de control.



Fuente: Autores del proyecto

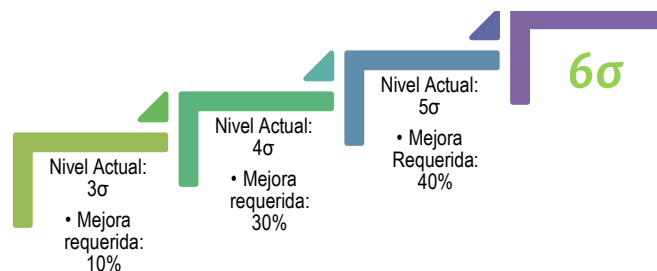
Los objetivos de esta fase son:

- Mantener las mejoras por medio de control estadístico de procesos, Poka-Yokes y trabajo estandarizado
- Anticipar mejoras futuras y preservar las lecciones aprendidas de este esfuerzo
- Uso de las herramientas de control.
- Verificar que las implementaciones se sigan y estén bajo control.
- Identificar las actividades o procesos que están fuera de control para corregirlos inmediatamente.
- Que las mejoras sean implementadas consistentemente para tener un adecuado control.

2.2 MEDICIONES PARA SEIS SIGMA.

En el método Seis Sigma es habitual emplear el valor sigma como medida, teniendo en cuenta las variaciones o movimientos "típicos" de $\pm 1.5\sigma^2$ de la media. Las relaciones de los diferentes niveles de calidad sigma no son lineales, pues para que un cambio de nivel de calidad se produzca, se debe ofrecer un porcentaje de mejora de nivel de calidad diferente, donde se entiende que cuando se avanza a un nivel mayor el porcentaje de mejora será más grande.

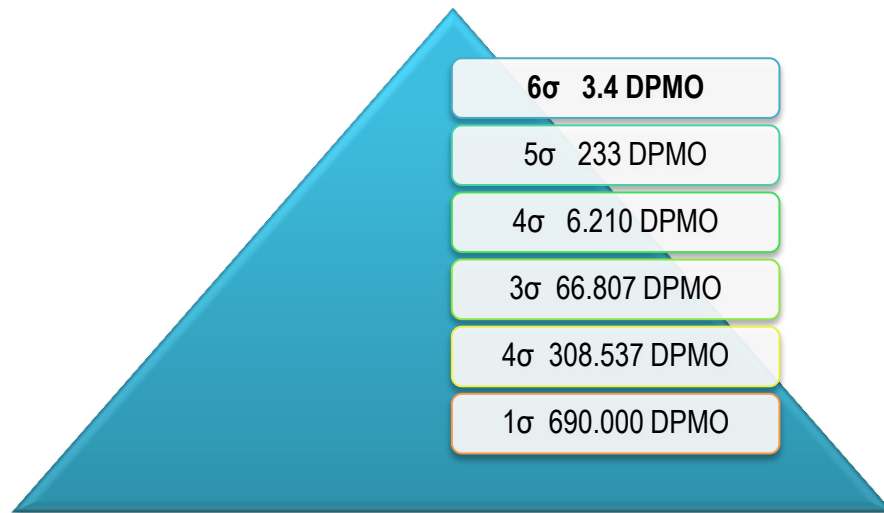
Figura 12. Porcentaje de mejora solicitado para elevar el nivel sigma.



Fuente: Autores del proyecto

² Juran J.M, Gryna F.M. "Análisis y planeación de la calidad", 3ª ed., Edit. MacGraw Hill, México, 1995

Figura 13. Defectos por cada nivel sigma.



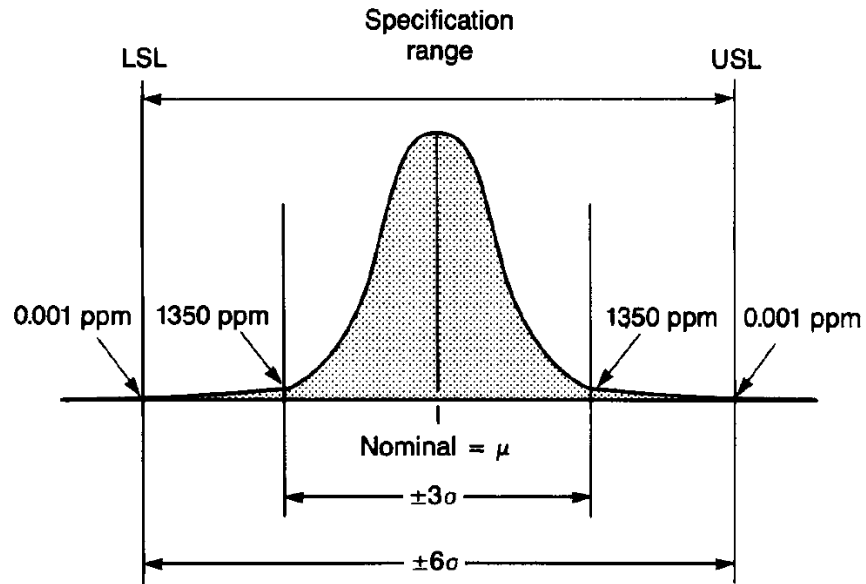
Fuente: Autores del proyecto

En la figura 13 se muestra el concepto básico de la métrica de Seis Sigma, en donde las partes, (DPMO = defectos por millón de oportunidades) deben de ser manufacturadas consistentemente y estar dentro del rango de especificaciones. Las empresas con nivel Seis Sigma son denominadas de "Clase Mundial" (World Class). El objetivo de la implementación Seis Sigma es precisamente convertirse a una empresa en Clase Mundial.

La figura 14 muestra el número de partes por millón (ppm) que se pierden en una empresa que utiliza el concepto 3σ, donde en un millón de unidades se tendrían 2700 defectos.

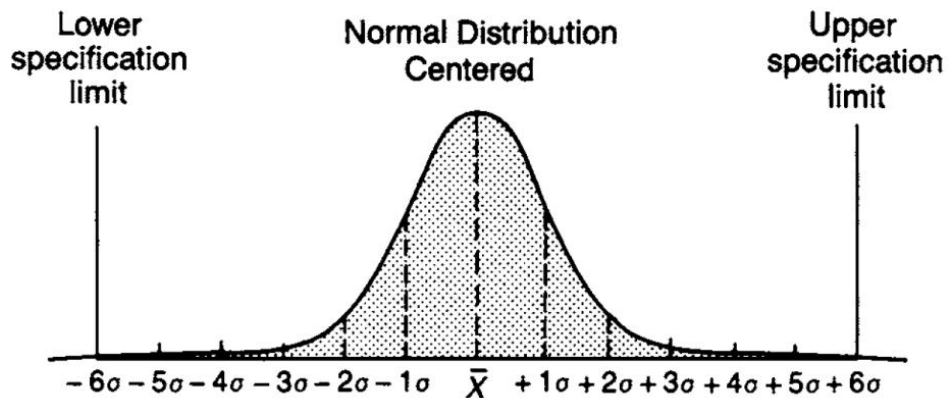
En la figura 15 se muestra que con la distribución normal centrada dentro de los límites 6σ, se tendría únicamente una porción de 0.002 ppm.

Figura 14. La figura muestra el número de partes por millón (ppm) que estarían fuera de los límites de especificación.



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

Figura 15. . Distribución normal centrada.



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

La letra griega sigma (σ) se usa como símbolo de la desviación estándar, ésta es una forma estadística de describir que tan variable es un conjunto de datos.

La medida de sigma se desarrolla para:

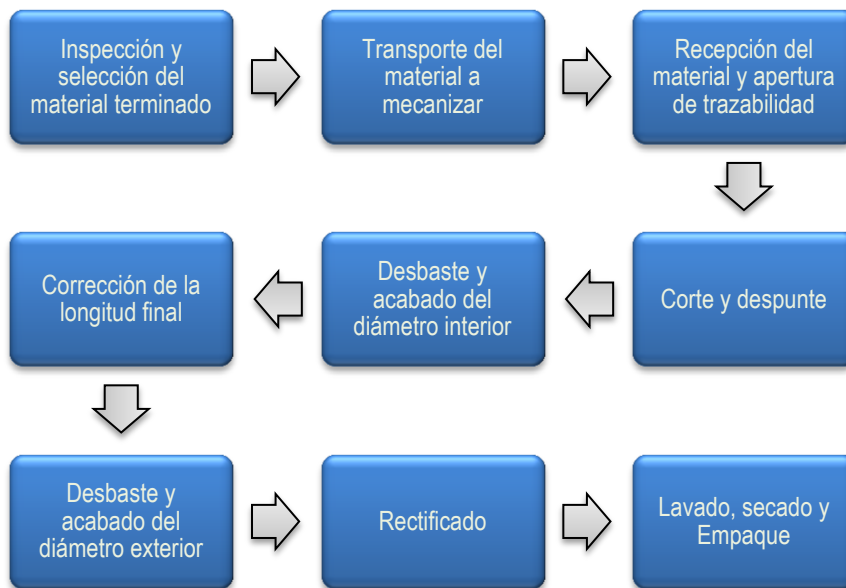
- Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costos, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo éstas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes.
- Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos.
- Medir la capacidad del proceso en términos cuantificables y monitorear las mejoras a través del tiempo.

3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA EMPRESA EN SU PROCESO PRODUCTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO.

El desarrollo de producción en Industrias Lavco está compuesto por dos grandes procesos: Fundición y mecanizado, cada uno de estos tiene instalaciones por separado y realiza una programación dependiente ya que según las necesidades en mecanizado se preparan los pedidos en fundición y así mismo el proceso de fundición es la materia prima para el proceso de mecanizado, por lo tanto mecanizado depende también del rendimiento y calidad que se realiza en fundición.

A continuación se presenta el proceso que se lleva a cabo en el departamento de mecanizado para obtener una unidad de producción.

Figura 16. Proceso de producción actual en el departamento de mecanizado.



Fuente: Industrias Lavco Ltda. y autores del proyecto

El proceso productivo difiere en operaciones de una línea a otra. La empresa cuenta con 6 líneas, entre las que se encuentran:

- Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina
- Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina
- Línea de Camisas Húmedas para Motores Diesel
- Línea de Camisas para Grandes Motores y Cilindros Compresores
- Línea de Bujes para Asientos de Válvulas
- Línea de Servicios Especializados de reparación de Cilindros Compresores

Se ha limitado el presente estudio a la producción de camisas para motores línea gasolina-seca y línea Renault ya que los procesos de producción para el resto de productos son muy similares, a partir del estudio de éstos dos elementos se pretende sean puntos de partida en pro del mejoramiento de toda el área de mecanizado lo cual si se llegase a implementar se obtendría una mejora significativa en el proceso productivo.

A continuación se describen los procesos de producción de la línea seca y línea Renault.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CAMISA SECA.

3.1.1 Proceso de mecanizado. El proceso de mecanizado es el eje central del proceso productivo, debido a que es su coordinador quien recibe la información de solicitud de material y está bajo su responsabilidad la entrega del producto terminado.

El jefe del Centro de Distribución y Servicios, entrega al coordinador de mecanizado la lista de piezas solicitadas con el respectivo número de la orden de pedido y si es el caso con especificaciones del producto en dos entregas parciales diarias.

Con esta información el coordinador de mecanizado verifica visualmente la posible existencia del tubo en patio y realiza la programación teniendo en cuenta cantidad y referencia.

Después de tener el tubo suministrado por fundición, un operario designado por el Coordinador de Mecanizado, reúne el material de acuerdo a las referencias y cantidades indicadas y posteriormente lo entrega al responsable de la primera operación de mecanizado, con su respectivo formato.

3.1.2 Actividades realizadas en el Departamento de mecanizado.

3.1.2.1 Transporte de las piezas en bruto desde el patio central hasta corte y despunte. Éste proceso se lleva a cabo por un solo operario, el cual por medio de un carro de tracción humana, es el encargado de suministrar éste material hasta la primera operación de mecanizado. En ocasiones se observa el montacargas colaborando en dicha acción.

3.1.2.2 Corte y despunte de las camisas. Esta operación incluye tanto el corte como el despunte de las piezas, desafortunadamente el equipo que es utilizado en dicha actividad no trabaja bajo las tolerancias pretendidas, lo cual impide que ésta longitud obtenida sea la requerida por el cliente.

Realizando inicialmente un corte al tubo por la mitad, a todas las piezas del lote de tal manera que después se le haga un despunte a cada camisa con el fin de quitar el otro extremo ya que este punto es el más propenso a presentar fallas, éstas se dan ya que el proceso de centrifugado envía la escoria hacia la superficie exterior y puntas, éste material es el que se retira y gracias a la experiencia de la empresa se tiene estandarizado cual es la cantidad de material a mecanizar.

Una vez terminado el total de unidades del lote, se ubica la camisa al lado del equipo para ser enviado a su próxima operación.

Figura 17. Máquina de corte



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

3.1.2.3 Mecanizado del Diámetro Interior. Una vez realizado el corte y despunte de la camisa en bruto, se procede a realizar el desbaste y acabado de la superficie interna, operación que se realiza en varias pasadas dependiendo del equipo en el cual se esté trabajando, ya que no todos los equipos poseen las características técnicas para realizar dichas operaciones o muy posiblemente debido a una filosofía de trabajo implementada por el coordinador de mecanizado, es por eso que se hace necesario realizar el desbaste interior en un equipo y luego ésta pieza es trasladada a otro torno con el fin de realizar el acabado interior.

Figura 18. Equipo Utilizado para el desbaste interior.



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

Figura 19. Equipo utilizado para el acabado interior.



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

3.1.2.4 Proceso de Corrección de la Longitud Final. Finalizado el desbaste y acabado del diámetro interior, se realiza ésta operación con el ánimo de brindarle a la pieza la longitud requerida por el cliente. Como se explicó anteriormente debido a la deficiencia de los tornos de corte y despunte referente a sus tolerancias, se hace necesario un torno con una mayor precisión para mencionado proceso.

3.1.2.5 Mecanizado del Diámetro exterior. La operación de desbaste y acabado de la superficie externa de la camisa busca dejar el diámetro externo en las dimensiones especificadas por el cliente y a la vez preparar el diámetro exterior de la camisa para el rectificado. Dependiendo del equipo es posible realizar dichas tareas en una misma máquina. La imagen que se presenta a continuación puede realizar el desbaste y acabado sin tener que realizar el desmontaje de la pieza y trasladarla a otro equipo.

Figura 20. Equipo encargado del desbaste y acabado del diámetro exterior



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

3.1.2.6 Proceso de Rectificado. El rectificado es la operación de mecanizado final y cuyo objetivo es dejar la pieza con el diámetro requerido, cumpliendo especificaciones propias de la referencia.

Figura 21. Equipo de rectificado



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

3.1.2.7 Proceso de Lavado y Empaque. El lavado y empaque de las camisas lo especifica el cliente al momento de concretar el pedido, ya que en ciertos casos el producto realizado toma la referencia del cliente y éste lo vende con su propia marca debido al bajo costo de la mano de obra colombiana, en éste caso el empaque es blanco, pero cuando el producto es comercializado por Lavco Ltda. el producto es empacado con la marca de la empresa. Una vez rectificado el total de unidades del lote, el operario de lavado y empaque es el encargado de llevarlas hasta su puesto de trabajo.

Inicialmente, limpia las piezas para quitar residuos del rectificado, realizando al mismo tiempo una inspección visual de poros, prosigue con la impresión del sello de la empresa, seguida de la protección aplicada a cada una de las piezas, continúa con el empaque de cada pieza que se realiza con un papel especial y por último coloca la etiqueta.

Figura 22. Zona de lavado y empaque



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CAMISA RENAULT.

El proceso productivo de Camisa Renault, se realiza de la misma forma hasta el mecanizado interior junto con la longitud final. Debido a que su diseño exterior es totalmente diferente, se pasa a otra línea de producción la cual está condicionada a los requerimientos del mencionado producto.

3.2.1 Mecanizado del diámetro exterior. En éste proceso se realiza inicialmente un desbaste y luego un acabado de acuerdo a las exigencias del producto. Debido a la complejidad de la geometría, se utiliza un copiador el cual facilita el desarrollo de la operación, lo cual permite al señor operario tan solo estar pendiente del correcto funcionamiento del equipo, de los montajes y realización del control de calidad.

A continuación se presentan en el orden correcto los trabajos que se deben realizar a cada unidad de producción de camisa Renault, información que se encuentra presente en el departamento de mecanizado. Es importante destacar que el protocolo no se está llevando a cabo correctamente ya que actualmente están

realizando el fresado y luego el rectificado, a pesar de que la distribución de planta sugiera lo contrario.

3.2.2 Rectificado interior. Se realiza el montaje en una rectificadora de cuatro husillos verticales, la cual posee un avance automático.

3.2.3 Operación de Fresado. Se realiza el montaje en una máquina que permite el trabajo de dos camisas al mismo tiempo. Dicha operación genera una deformación en la camisa la cual en el siguiente paso es corregida.

3.2.4 Revisión, medición y corrección de la deformación en el fresado. En éste paso el cual se realiza de forma manual, se observó al operario revisando con su instrumento la deformación en el diámetro sufrida en el proceso de fresado, el cual genera una especie de ovalo en la camisa.

Por medio de unos golpes brindados por un mazo, se trata de corregir dicho defecto, ésta operación no depende de máquina alguna pero está involucrada con la destreza del operario ya que experimentalmente recurre a éstos golpes hasta lograr eliminar dicha deformación. Es complicado realizar una actividad de medición de dicha actividad ya que el tiempo puede variar dependiendo del grado de deformación y los resultados obtenidos por estos golpes.

3.2.5 Operación de Biselado y bruñido. En ésta etapa se realiza el biselado de la camisa antes de pasar a la bruñidora.

3.3 SISTEMA DE PROGRAMACION DEL MECANIZADO ACTUAL.³

Actualmente la empresa realiza la programación de la producción sobre pedido. Esta programación se realiza por separado para las dos áreas, fundición y mecanizado, en donde cada uno de los coordinadores tiene sus propias políticas de programación; debido a esto, se observa la carencia de un sistema o modelo específico.

La programación de la producción se realiza siguiendo los lineamientos del Instructivo "Planificación de la producción". Cuando se trata de pedidos de exportación el responsable del Proceso comercial entrega al Coordinador de Mecanizado la orden de pedido, indicando las existencias en el Centro de Distribución y Servicio, junto con los documentos de soporte, observaciones técnicas, etc.

Los pedidos nacionales son entregados directamente al Coordinador de mecanizado, por el jefe o un funcionario del Centro de Distribución y servicio, indicando las existencias junto con las observaciones e información necesaria.

El Coordinador de Mecanizado, teniendo en cuenta esta información, revisa las existencias de material fundido en el patio de mecanizado y reporta los faltantes del pedido al Coordinador de Fundición para que programe su jornada.

El día siguiente a la jornada de fundición, el Coordinador de Fundición entrega al Coordinador de Mecanizado copia del formato "Programación y Control de fundición", registrando en él, el total de material fundido. El Coordinador de mecanizado verifica las cantidades registradas y las existencias entregadas en patio y programa sus actividades diligenciando el formato "Programación y control de Mecanizado", en donde consigna todas las referencias y cantidades a mecanizar (este

³ Fuente: Industrias Lavco, Manual de calidad.

documento queda abierto hasta dar entrega final de los productos programados al Centro de Distribución y Servicio).

Los "Registros de entrega a línea de trabajo" son distribuidos al operario de inventario y control de blancos de fundición, para que reúna el material de acuerdo a las referencias y cantidades indicadas en dicho registro y posteriormente lo entregue al responsable de la primera operación de mecanizado, con su respectivo formato.

La programación actualmente contiene solo la asignación de la primera operación (corte), las otras operaciones posteriores se asignan a través del desarrollo de la jornada dependiendo de varios aspectos como: acumulación de lotes, cantidad de piezas, máquina donde se encuentra la herramienta requerida, etc.

Tabla 2. Número de Maquinas por Operación

Operación	Número de máquinas y/o puestos de trabajo
Corte y Despunte	3
Diámetro Interior	10
Longitud Final	1
Diámetro Exterior	10
Rectificado	2
Bruñido	2
Fresado	5
Lavado y empaque	3
Taladro de Biselado	2
Esmeril	2

Fuente: Industrias Lavco

4. ESTUDIO DEL TRABAJO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

La inestabilidad y versatilidad de los mercados, los tratados de libre comercio, la competencia de los países orientales, la calidad, la globalización de productos y servicios han enmarcado nuevos rumbos en las industrias de clase mundo, enfocando sus estudios al incremento de un factor muy importante llamado "productividad", el cual logrando mejorar el contenido actual de las industrias por medio de un estudio de trabajo y sin necesidad de grandes inversiones, promueve el crecimiento de las empresas.

Así de éste modo, el estudio del trabajo busca como objetivo examinar la forma en que la empresa está realizando sus actividades en éste caso dirigidas exclusivamente al departamento de mecanizado, buscando herramientas que permitan simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, disminuir el uso poco rentable de recursos y tratar de fijar el tiempo normal para la realización de esas actividades, brindando soluciones prácticas que contribuyan el desarrollo de la empresa.

4.1 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD.

A continuación se presenta el significado de éste concepto por las diferentes organizaciones Internacionales:

- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico). Productividad es igual a producción dividida por cada uno de sus elementos de producción.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo). Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra,

capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad.

- EPA (Agencia Europea de Productividad). Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy. Requiere esfuerzos continuados para adaptar las actividades económicas a las condiciones cambiantes y aplicar nuevas técnicas y métodos. Es la firme creencia del progreso humano.

De acuerdo con las anteriores definiciones se puede observar la productividad no como una medida de la producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino como una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos logrados.

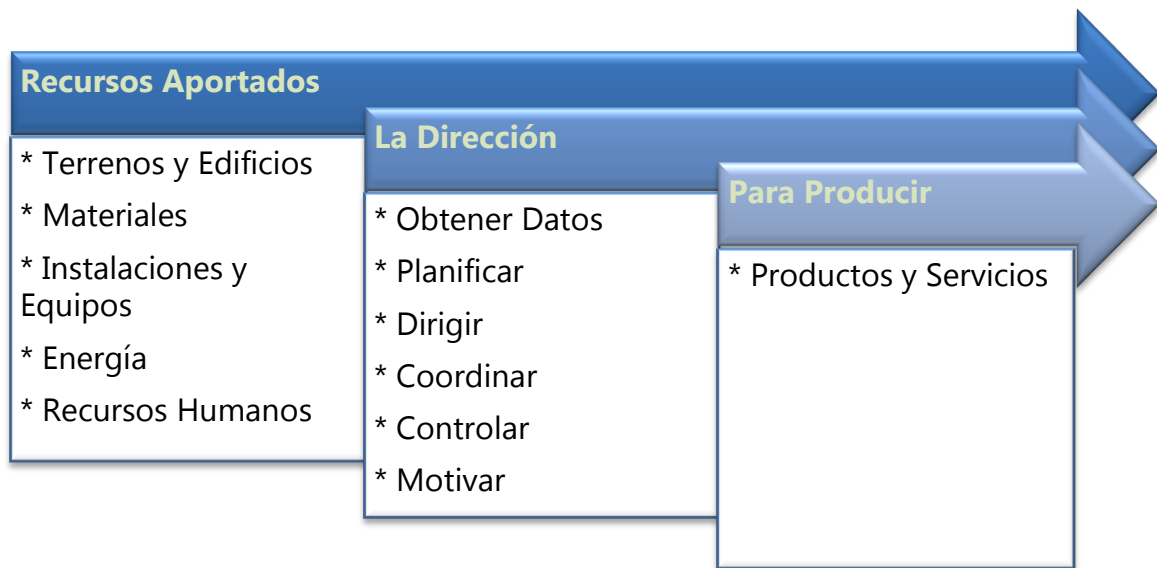
4.2 FUNCIÓN DE LA PLANTA DIRECTIVA.

La dirección de una empresa es la responsable de administrar los elementos con los que se cuenta, buscando por medio de la combinación de éstos, la armonía perfecta para alcanzar la máxima productividad. Por medio de una efectiva coordinación se plantea como objetivo el manejo equilibrado logrando realizar sus actividades de una forma adecuada, con la obligación de suministrar todas las herramientas necesarias para que la actividad que se está desarrollando no se vea afectada por la falta de materiales, equipos, fuentes de energía o tal vez porque los empleados no están dispuestos a dar lo mejor de sí.

Así mismo, es de este modo en que la Dirección puede producir una cantidad mayor de productos o servicios con los mismos insumos y equipos, logrando

mejores resultados por medio de inversiones en tecnología avanzada, sistemas de información o utilizando otras fuentes de materias primas.

Figura 23. Papel de la dirección en la coordinación de recursos de una empresa

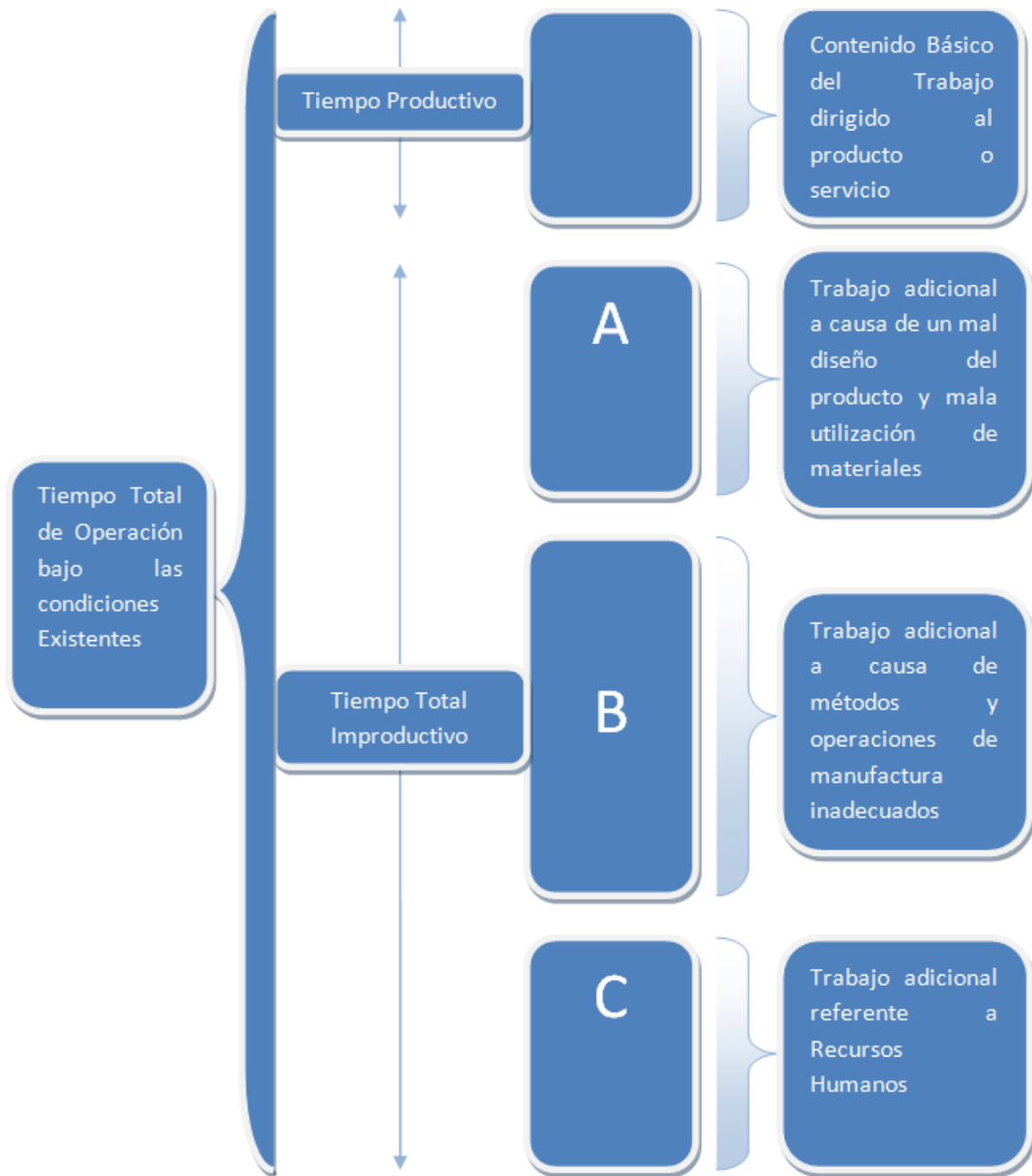


Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

4.3 CONSTITUCIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE UN TRABAJO

El tiempo total de un trabajo puede considerarse como aquel tiempo que tarda un empleado o equipo en realizar una actividad. Existen diferentes elementos que conforman el tiempo total de un trabajo, los cuales se presentan en la figura 24.

Figura 24. Descomposición del Tiempo de Trabajo



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

4.4 TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN BAJO LAS CONDICIONES EXISTENTES.

En la industria, realizar una división de las diferentes actividades que consumen el tiempo total de operaciones y actividades a los cuales está sometido un producto o servicio, brinda una clara visión de cuáles son los factores realmente involucrados en el proceso, permitiendo un mayor conocimiento de cada etapa, observando detenidamente el comportamiento individual y dependiendo del objetivo del estudio permite al usuario de dicha herramienta generar una serie de conocimientos que se describen a continuación.

- Obtener Datos como indicadores de trabajo referente a los tiempos que demora cada operación.
- Planificar nuevas estrategias que permitan mejorar los procesos en los que está involucrado el producto o servicio.
- Dirigir con mayor efectividad los diferentes departamentos existentes en la empresa, lo cual permite un mayor control y conocimiento de las actividades que se realizan en mencionadas áreas.
- Coordinar los recursos de formas más adecuadas lo cual permita una mejor combinación en búsqueda del cumplimiento de los objetivos específicos de la empresa
- Controlar y corregir las desviaciones a través de indicadores cualitativos y cuantitativos, a fin de lograr el cumplimiento de los objetivos claves para el éxito organizacional.
- Motivar el personal involucrado en las actividades que realiza la empresa en búsqueda de un mejor desempeño dentro de cada área de trabajo.

4.4.1 Tiempo Productivo. Está constituido por el Contenido Básico del Trabajo el cual ha sido invertido en un producto o servicio. Se refiere a ése tiempo ideal que se invertiría al realizar o fabricar un producto si sus procesos de diseño o especificaciones fuesen perfectos y no hubiese pérdida de tiempo por ningún motivo, lo cual nos concluye que sería ese tiempo irreductible que se demora en producir una unidad de producción, claro está sin incluir las pausas normales de un operario por descanso adquiridas por derecho propio.

En éste momento estamos describiendo el desarrollo de las actividades bajo condiciones ideales, estándares que son imposibles de alcanzar por los contenidos excesivos de trabajo, pero por medio de una excelente dirección sería posible conseguir una aproximación.

4.4.2 Tiempo Total Improductivo. Es el tiempo suplementario adicional acondicionado por diferentes elementos que están relacionados con el tiempo total en el desarrollo de un producto o servicio, involucrando diferentes factores como tiempos adicionales a causa de un mal diseño en el producto, un inadecuado manejo de los materiales, métodos y operaciones ineficaces de manufactura y por último pero no menos importante el tiempo suplementario adicional generado por recursos humanos.

4.4.3 Trabajo adicional a causa de un mal diseño del producto y mala utilización de materiales. El incremento del costo en el producto o servicio está relacionado con variables que están directamente involucradas en el proceso que se lleva a cabo en la elaboración de una unidad. Algunos de éstos factores pueden describirse a continuación:

- A.1 Inadecuado o cambio constante en el diseño del producto

- A.2 Desecho de materiales
- A.3 Normas incorrectas de Calidad

4.4.4 Trabajo adicional a causa de métodos y operaciones de manufactura inadecuados. Los métodos ineficientes de trabajo generan diferentes descontrolados en cualquier lugar de trabajo, éstos se pueden relacionar con los excesivos movimientos a los que se encuentra sometido el material en bruto, hasta el mismo desplazamiento innecesario del personal involucrado en los procesos los cuales generan desperdicio de tiempos que son vitales para un mejor desempeño en las actividades a realizar, lo cual es claro que se encuentra relacionado con el aumento de los costos de cada unidad producida.

Así mismo, los tiempos improductivos también se encuentran relacionados con un mal mantenimiento de los equipos, fallas frecuentes y averías que impiden el desarrollo normal dentro del área de trabajo, inadecuada manipulación de la maquinaria, la no disponibilidad de los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos. Adicionalmente existe una clasificación que se resume a continuación:

- B.1 Inadecuada disposición y utilización del espacio
- B.2 Inadecuada manipulación de los materiales
- B.3 Frecuentes interrupciones al pasar de la producción de un producto a otro.
- B.4 Métodos de trabajo ineficaz
- B.5 Deficiente planificación de las existencias
- B.6 Frecuentes averías en los equipos

4.4.5 Trabajo adicional referente a Recursos Humanos. Voluntaria o involuntariamente, los operarios pueden estar involucrados en el aumento de los ciclos de trabajo dentro de su área.

Cuando el ambiente de trabajo no presenta las condiciones adecuadas referentes hacia la seguridad de los operarios, higiene combinándolos con la inexistencia de un control de horarios, ausencia de capacitaciones obviamente no va a existir un desempeño óptimo dentro de un departamento, lo cual repercute directamente en la productividad de ése sector debido a una gran disminución en la moral del personal, añadiendo el hecho de la gran posibilidad de repetir operaciones debido a malos trabajos realizados en las piezas debido a la poca competencia de un personal poco preparado.

A continuación se realiza una división de todas éstas características para un mejor manejo de la información.

- C.1 Ausentismo y falta de puntualidad
- C.2 Mala ejecución del trabajo
- C.3 Riesgo de accidentes y enfermedades profesionales

4.4.6 Relación de Actividades en búsqueda de la disminución de los tiempos improductivos. Todos los elementos anteriormente mencionados, forman parte de un conjunto denominado suplemento de trabajo adicional. En la práctica es imposible eliminarlos a todos, pero es posible generar una aproximación por medio de estrictos controles junto con la participación de todo el personal de la empresa sin importar su relevancia dentro de la misma.

Es imposible la implementación de uno de estos elementos por separado, cada uno de ellos influye en los demás y cada uno es influido por ellos, en una estricta relación simbiótica.

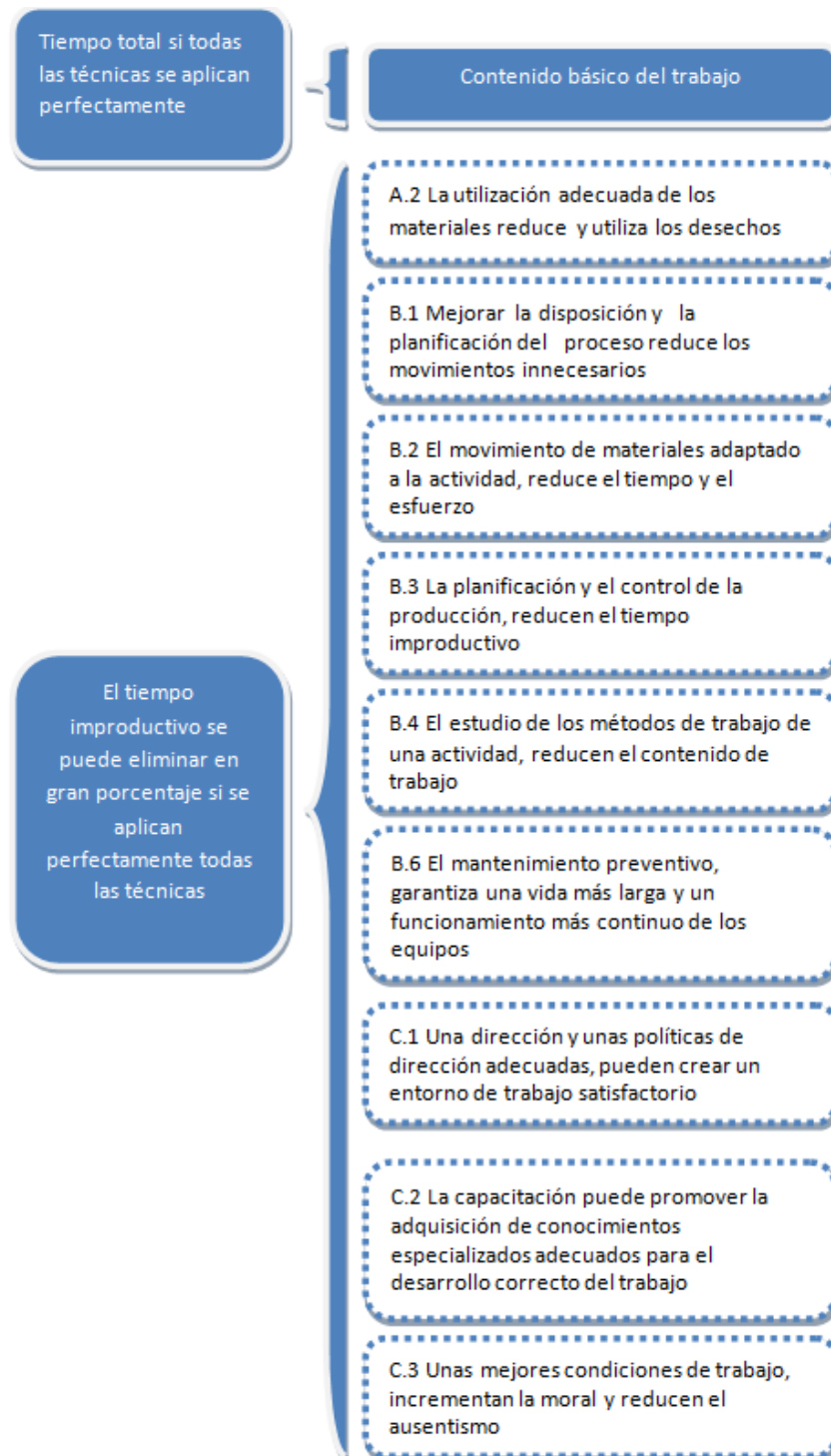
Gracias a la medición y control de los tiempos empleados en las operaciones, es posible planificar como es debido los programas de trabajo bajo normas estandarizadas y fijadas en un departamento.

Todas estas herramientas en combinación, facilitaran la planificación de la producción, acompañadas de muy buenas políticas de personal dirigidas a sistemas de incentivos en pro de la motivación del personal a trabajar con un mejor desempeño.

4.5 DESCOMPOSICIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO.

Aplicando a Industrias Lavco la descomposición del tiempo de trabajo se encontraron que los problemas más relevantes están en la siguiente clasificación (ver figura 25). El detalle de los ítems se encuentra en el capítulo 7.

Figura 25. Descomposición del tiempo de trabajo si las herramientas son aplicadas



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO MEDIANTE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA: ETAPAS DE DEFINICION Y MEDICION.

Para el desarrollo de los objetivos del proyecto, se evaluó el equipo de trabajo y se presentan las condiciones actuales de los procesos, de esta forma se evidencia el estado actual de la empresa desde el punto de vista del proceso de mecanizado.

5.1 VALIDAR OPORTUNIDAD DEL NEGOCIO.

Se denomina emprendedor a aquella persona que enfrenta con resolución acciones difíciles. En negocios, tiene el sentido más específico de ser aquella empresa que está dispuesta a asumir un riesgo económico. Desde este punto de vista el término -oportunidad del negocio- se refiere a la empresa que identifica una oportunidad y organiza los recursos necesarios para ponerla en marcha.

Tabla 3. Oportunidad del negocio

Impacto de la oportunidad sobre el cliente	Impacto de la oportunidad sobre el negocio	Beneficios intangibles
* Cumplir con los requerimientos en calidad y tiempo. * Lograr credibilidad con el cliente.	* Recuperar el negocio de fabricación de camisas. * Incrementar nuestra participación con el cliente. * Reducir el costo de producción por pieza.	* Mejorar la relación con nuestro cliente. * Mejorar el clima laboral.

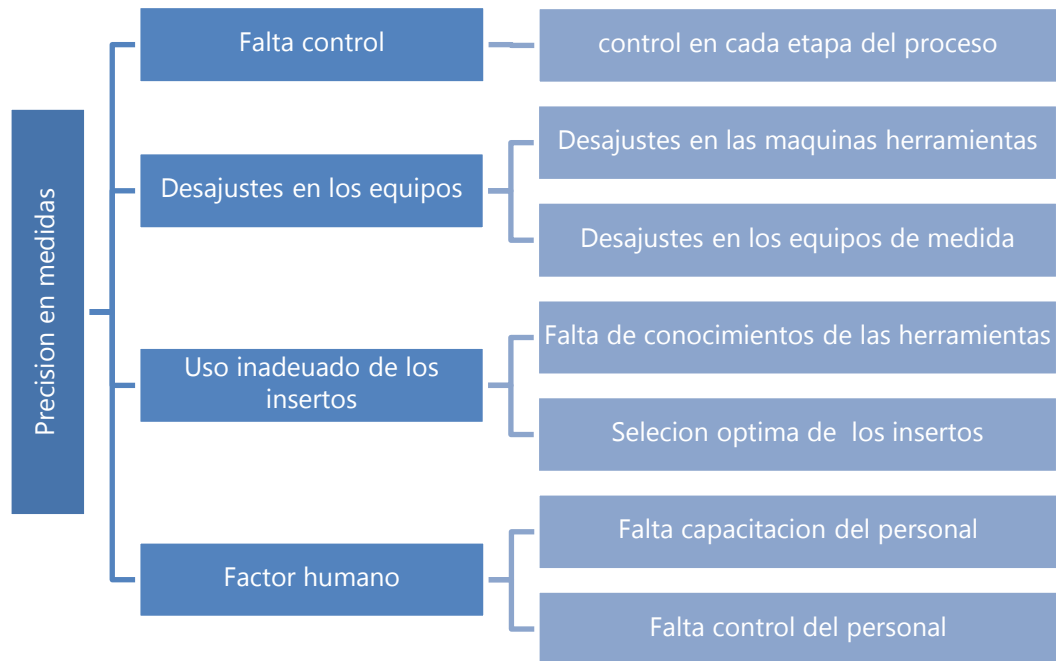
Fuente: Autores del proyecto

5.2 REQUERIMIENTOS CRÍTICOS DEL CLIENTE – CTQ.

Es indispensable para el posterior análisis de las no conformidades del producto que se conozcan y desglosen, para esto se emplearon la metodología de

brainstorming y entrevistas con los operarios. Los resultados se ordenaron en un CTQ-tree y se hizo su respectivo comentario. Ver las figuras 26-28, donde se definen los CTQ para la Industrias Lavco Ltda.

Figura 26. CTQ1

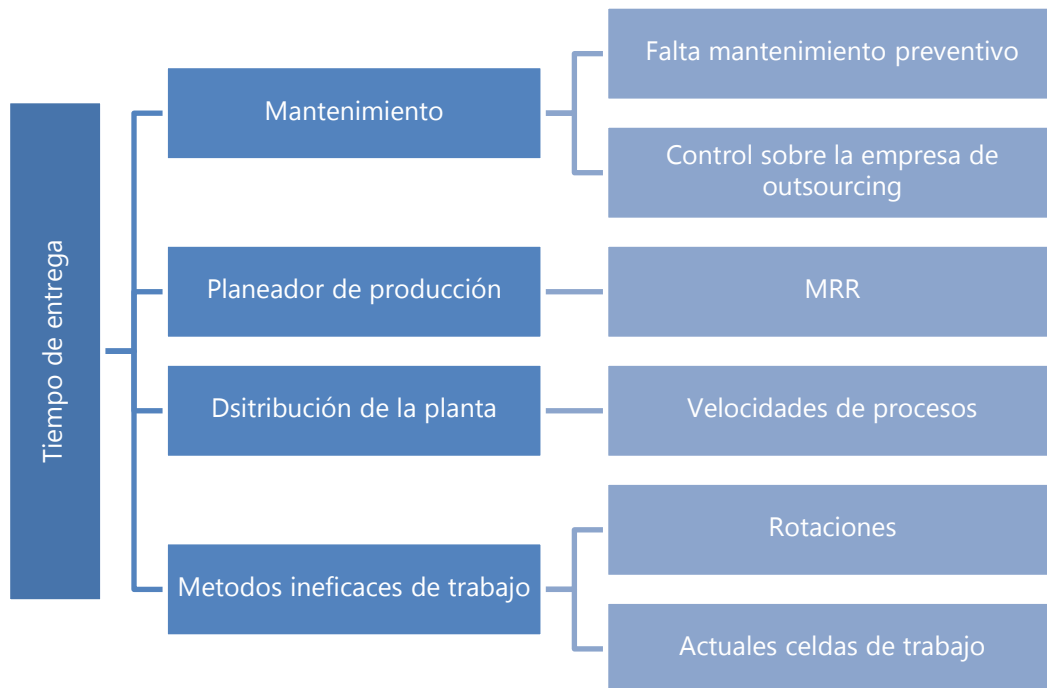


CTQ1 Requerimientos dimensionales del cliente.

Escenario	Cada estación de mecanizado
Comentario	<p>Es indispensable cumplir con los requerimientos del cliente para evitar controles de calidad por parte de él. Un control más estricto en cada etapa del proceso permite el desarrollo de un producto adecuado a las características exigidas.</p> <p>Tener los equipos calibrados tiene una influencia directa en el producto y ofrecen una confiabilidad de producción para un producto conforme. La herramienta de corte debe ser apta y bien usada, no solo está relacionada con la precisión en la medida sino</p>

también con la velocidad de maquinado. Las maquinas herramientas y las herramientas de corte deben ser operadas por personal capacitado y conciente del costo (económico y en tiempo) que se incurre por su mal uso.

Figura 27. CTQ2

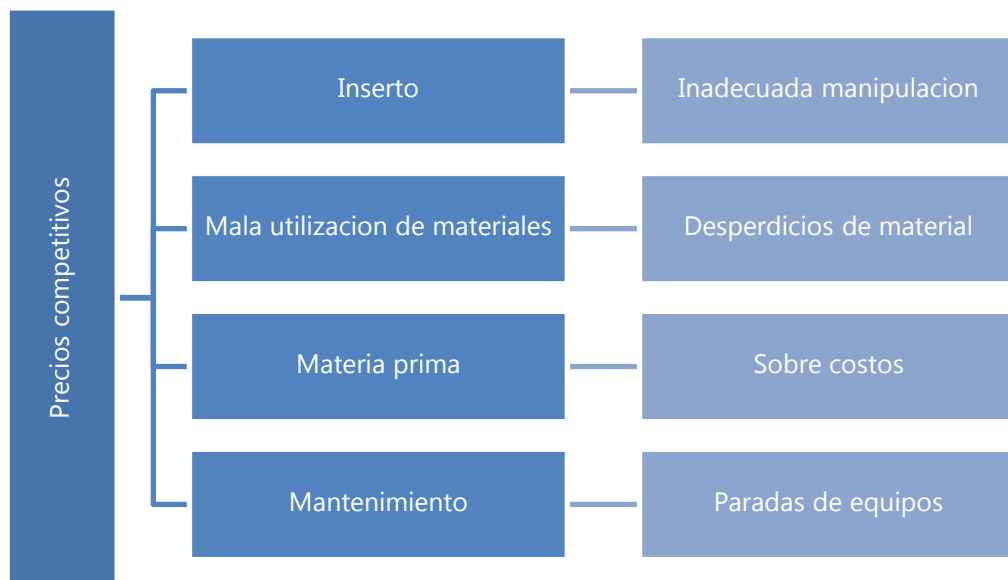


CTQ2 Retrasos en la entrega del producto alejan el cliente.

Escenario	Planta de mecanizado
Comentario	Un planeador de producción da certeza de inicio y fin de una tarea, muestra claramente que productos se realizan más lentamente y por ende sobre costo en el producto. Una adecuada distribución de planta hace el proceso de mecanizado más lineal disminuye los trasportes innecesarias de material y personal. El mantenimiento preventivo es pensado en prever paradas no programadas y hacer

las paradas programadas más cortas y ágiles. Si la metodología de trabajo no es acorde al proceso, el operario será más lento en la producción, es decir, perderá tiempo ajustándose a la maquina o proceso más de lo estipulado.

Figura 28. CTQ3



CTQ3 Precios competitivos harán más sólida la empresa.

Escenario	Todo el proceso de producción y comercialización.
Comentario	Reducir costos de producción sin reducir la calidad del producto es un reto de toda empresa. Es necesario que la empresa conozca a cabalidad todo su proceso de producción y como la industria externa puede contribuirle a mejora. Debe conocer que productos (insertos, maquinaria, etc.) hay en mercado y documentarse sobre estos. El costo de un producto está directamente relacionado con el desperdicio. El desperdicio no solo en material, también es un desperdicio en tiempo una maquina parada. Sumar todos los

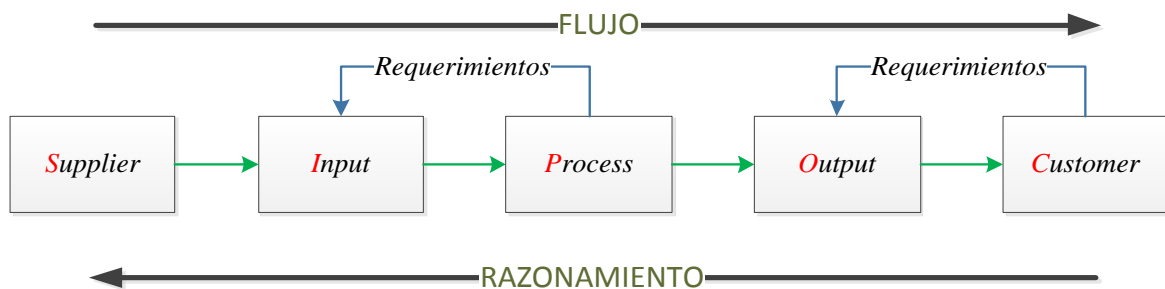
desperdicios acrecienta el costo del producto y harán una empresa más débil frente a otras empresas afines.

Fuente: Autores del proyecto.

5.3 Modelo SIPOC

El nombre SIPOC es un acrónimo de las palabras en inglés *Supplier-Input-Process-Output-Customer*. La representación de un proceso en un diagrama SIPOC tal como se muestra en la figura 29, es una técnica muy útil y extendida en la gestión por procesos. En este proyecto se utilizó para representar y comunicar en un “vistazo rápido” el flujo del proceso.

Figura 29. Proceso SIPOC



Fuente: Autores del proyecto

El diagrama SIPOC consiste en listar en cada columna S – I – P – O – C lo siguiente:

- *Suppliers*: personas o grupos que proveen la información clave, materiales o recursos al proceso
- *Inputs*: las “cosas” que entran al proceso
- *Process*: Un mapa de proceso lineal simplificado, a nivel de concepto.
- *Outputs*: Las “cosas” finales que entrega el proceso

- *Customers*: persona, grupo o proceso que recibe el output. Cliente interno o externo.

También se suele representar los Requerimientos clave del proceso sobre el input, y del cliente sobre el output. Un aspecto a resaltar es que si bien el flujo lógico de actividades que transforman inputs en outputs va de izquierda a derecha, el diagrama SIPOC nos permite pensar empezando por el cliente: de derecha a izquierda. Es decir, ¿a quién va dirigido el output del proceso? ¿qué espera recibir de él?, etc.. En la tabla 4 se muestra el SIPOC de Lavco.

Tabla 4. SIPOC - camisa seca y camisa para Renault

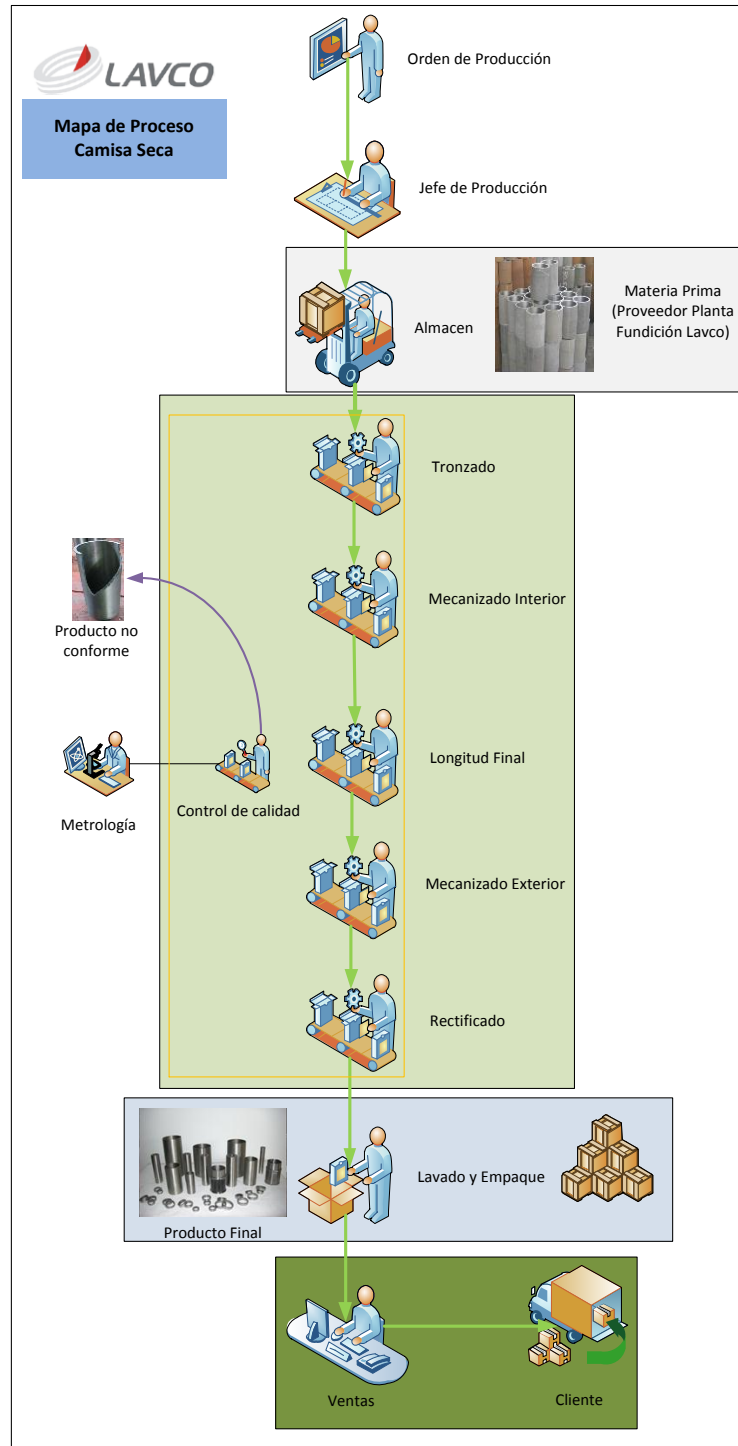
Suppliers	Materia Prima: suministrada por planta de Fundición de Industrias Lavco.
Inputs	Especificaciones dimensionales. Maquinas herramientas. Herramientas de corte.
Process	(Ver figura 30 Y 31)
Outputs	Material formado. Facturas, cobros. Previsiones de material para próximas entregas.
Customers	Cliente final. Cliente dedicado a la comercialización del producto (nacional, internacional).

Fuente: Autores del proyecto

Dentro de los sistemas de calidad resulta de gran utilidad representar la estructura y relaciones de los sistemas mediante diagramas de flujo, los cuales se pueden en las figuras 30 – 33.

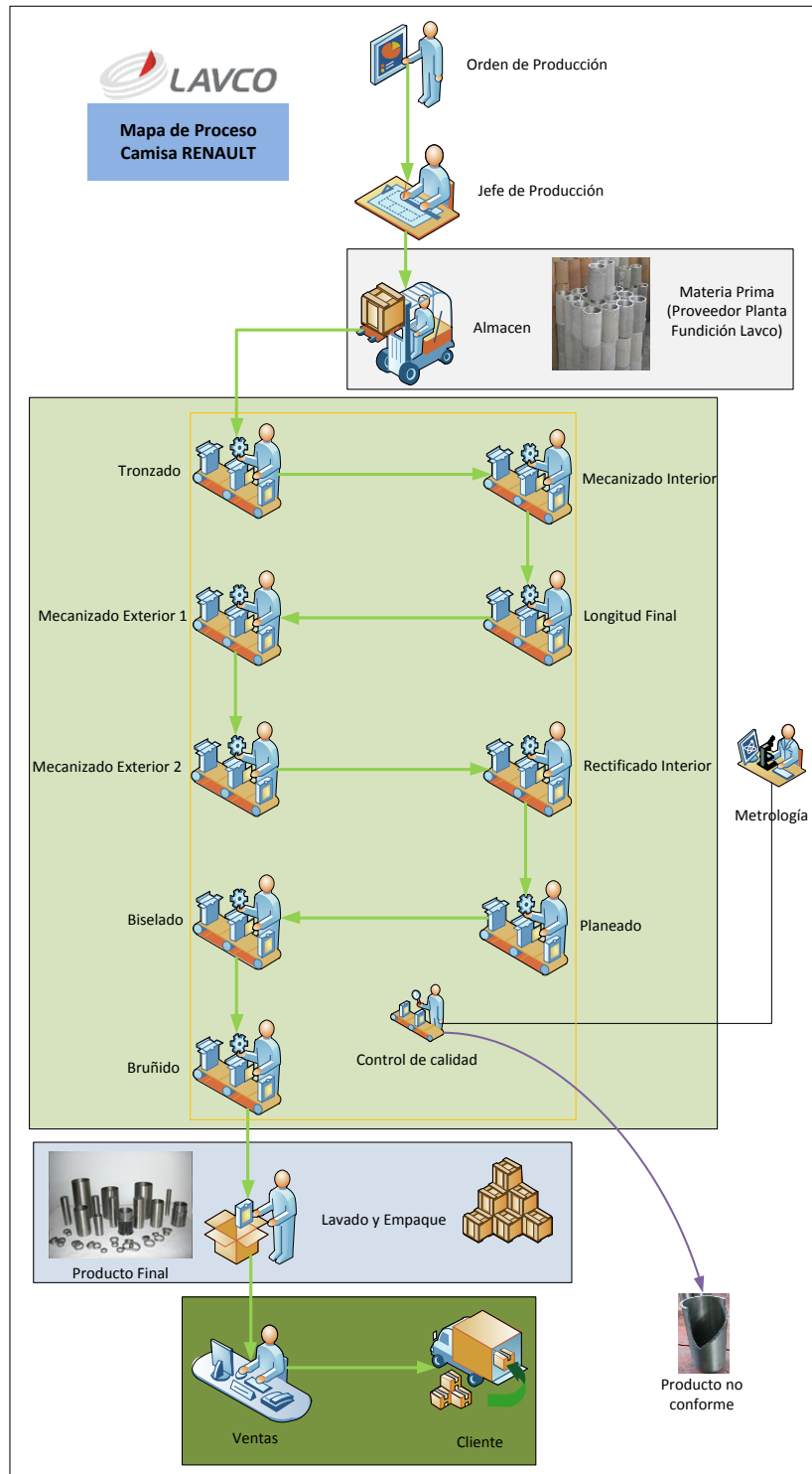
Mapa de procesos

Figura 30. Mapa de proceso para Camisa Seca



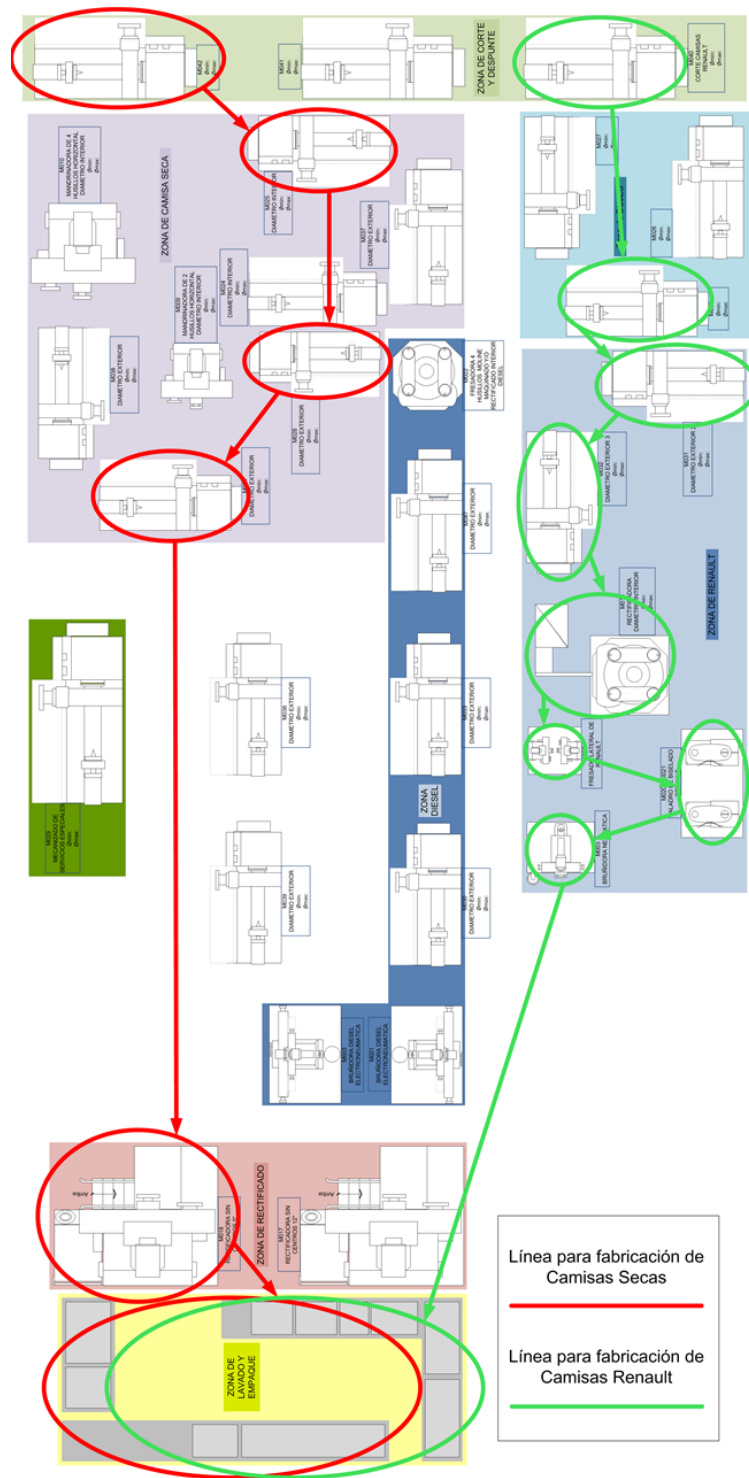
Fuente: Autores del proyecto

Figura 31. Mapa de proceso para Camisa Renault



Fuente: Autores del proyecto

Figura 32. Recorrido de las líneas de fabricación de Camisas Secas y Camisas Renault



Fuente: Autores del proyecto

Figura 33. Distribución de planta de Mecanizado



Aprobó: Dra. Olga P. Vélez Rueda
 Revisó: Ing. Juan A. Bernal Fano
 Realizó: Sergio F. Balasquero M.
 Roger Moreno Romero



Planta de Mecanizado


Fuente: Autores del proyecto

5.4 DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DEL AMEF EN INDUSTRIAS LAVCO

El AMEF es una técnica analítica utilizada como un medio para asegurar que en lo posible, los modos de fallas potenciales y sus causas han sido considerados. En su más rigurosa forma, el AMEF es un sumario de pensamientos incluyendo un análisis basado en la experiencia de como un proyecto es desarrollado.

Este sistemático acercamiento formaliza una disciplina mental que un ingeniero normalmente hace en cualquier proceso de planeación en una empresa.

Tabla 5. AMEF de proyecto

		AMEF DE PROYECTO							
Proyecto:						Código Proyecto:			
No.	ACTIVIDAD	FALLA POTENCIAL (MODO)	EFFECTOS POTENCIALES DE LA FALLA	SEV.	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	OCU.	Dete.	NPR	CLASIFICACIÓN
1	Re-procesos de Materiales	Porosidad	Daños en los Insertos Incremento de costos Paro en la producción Pérdida de la Pieza Daños en el Equipo Desperdicio Energético Desperdicio Recursos Humanos	10	Departamento de Fundición	7	10	700	
		Dureza Excesiva	Daños en los Insertos Incremento de costos Paro en la producción Pérdida de la Pieza Daños en el Equipo Revisión de Mante. Pérdida de Tiempo Desperdicio Energético Desperdicio Recursos Humanos	10	Departamento de Fundición	6	10	600	


SEV.≡Severidad, OCU.≡Ocurrencia, Dete.≡Detección,

NPR≡Nivel de Prioridad de Riesgo, NPR=SEV.*OCU.*Dete.

(Ver Anexo D)

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 6. AMEF de proyecto

		AMEF DE PROYECTO										
		Proyecto:					Código Proyecto:					
No.	ACTIVIDAD	FALLA POTENCIAL (MODO)	EFFECTOS POTENCIALES DE LA FALLA	SEV.	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	OCU.	Det.	NPR	CLASIFICACIÓN			
2	Métodos y Operaciones de Manufactura Inadecuados	Espacio Utilizado	Desorden Movtos. Innesarios Accidentes Pérdida de Tiempo Aumento de Costos	8	Inexistencia de una campaña que contribuya al orden y al mejoramiento de la distribución de planta	6	10	480				
		Manipulación de Materiales	Daños a la Pieza Gastos de Energía Desorden Movtos. Innesarios	8	Ausencia de un sistema de transporte adecuado para las piezas	8	10	640				
		Producción de un producto a otro	Movtos. Innesarios Improductividad Equipo Improductividad Oper. Constantes paros Preparación del Equipo	8	Inexistencia de una planificación y un control de las actividades de producción adecuado	9	10	720				
		Celdas de Trabajo	Tiempos Muertos Trabajos en Vacío Desorden Improductividad Oper. Improductividad Equipo Mayor Carga Laboral	8	Se necesitan idear mejores métodos, filosofías y estrategias de trabajo	9	10	720				
		Averías de los equipos	Paro en la línea Improductividad Oper. Improductividad Equipo Incumplimiento Outsourcing	8	Ausencia de un plan y campañas de Mantenimiento. Necesario revisar el contrato con la empresa	9	10	720				
		In-adecuada Selección de Herramientas	Excesivo inventario Daño en la Pieza Daño en los Insertos	5	Ineficiencia de la selección de herramientas de corte	9	6	270				

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 7. AMEF de proyecto

AMEF DE PROYECTO									
Proyecto:							Código Proyecto:		
No.	ACTIVIDAD	FALLA POTENCIAL (MODO)	EFECTOS POTENCIALES DE LA FALLA	SEV.	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	OCU.	Dete.	NPR	CLASIFICACIÓN
3	Trabajo Adicional referente a Recursos Humanos	Ausentismos y Retrasos	Trabajar despacio deliberadamente Desmotivación del personal Paro en la producción Desperdicio Recursos Humanos	10	Ausencia de Controles para el Horario. Ausencia de un capataz encargado del personal	8	10	800	
		Ejecución Regular del Trabajo	Daños en los Insertos Incremento de costos Paro en la producción Pérdida de la Pieza Daños en el Equipo Inspecciones frecuentes de mantenimiento Indisciplina Desperdicio de materiales Deficiente ejecución de los trabajos Reprocesos Pérdida de Tiempo Desperdicio Energético Desperdicio Recursos Humanos	10	Ausencia de personal capacitado	8	10	800	
		Riesgo de accidentes y enfermedades profesionales	Disminución de la moral en el personal Ausentismo del personal Paros en la producción Retrasos Improductividad Equipo Eleva costos de producción	8	Establecer un ambiente de trabajo seguro, higiénico y eficiente	9	10	720	

Fuente: Autores del proyecto

5.5 BENCHMARKING DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

Desarrollar productos más rápido, con mayor calidad, a bajos costos, innovadores y amigables con el medio ambiente son los nuevos retos a los cuales las empresas a

nivel mundial se están enfrentando. Es debido a todas éstas nuevas exigencias que surgen estudios los cuales sugieren un cambio de mentalidad y generar un mejor desempeño.

El aprender de lo aprendido permite un conocimiento a mayor profundidad de los procesos que actualmente se están llevando a cabo dentro de la empresa y aún más, permite descubrir cuáles son los sectores que presentan mayores falencias dentro del proceso de producción.

En el Departamento de Mecanizado, por medio de charlas con los señores operarios de la línea de camisas seca, métodos informales de observación y la medición de los ciclos de trabajo para la adquisición del tiempo total para una unidad producida, nos permitió dejar en evidencia que la línea Seca para motores a gasolina es la que presenta una seria situación llena de inconvenientes en los que se puede destacar, excesivos arrumes de piezas los cuales pueden generar accidentes, desorden entre cada zona de trabajo, transporte inadecuado de las piezas, celdas de trabajo ineficientes, indisciplina entre los operarios, ausencia de una planeación del proceso, ausentismos y retrasos por parte del personal, interrupciones frecuentes de producción de una referencia a otra. Lo anterior nos indica que es la zona con una cantidad mayor de problemas.

Así mismo por medio del estudio sistemático, se denota que el proceso de producción líder en el departamento de mecanizado es la línea de camisas Renault, el cual presenta un orden muy apreciable tanto en el traslado de material como en cada zona de trabajo. La no presencia de una excesiva cantidad de referencias a mecanizar permite que el proceso se realice sin contratiempos, ya que la preparación del equipo se realiza muy pocas veces debido a que se trabaja con una misma referencia hasta terminar su lote completo, lo cual es muy positivo pues la cantidad de tiempos muertos es mínima.

Por otra parte es importante destacar que los equipos son aprovechados en un porcentaje muy superior al de la línea Seca pues la línea de trabajo presenta una trayectoria lineal, la cual es apreciable por simple inspección. Desafortunadamente en éste proceso se presentan una serie de inconvenientes ya que por filosofía del anterior Coordinador de mecanizado, se decidió dejarle a un solo operario la responsabilidad de realizar el fresado, rectificado y biselado del producto, lo cual es una carga enorme. Es importante destacar que se presentan problemas en el proceso de fresado, ya que la pieza adquiere una deformación en el diámetro, la cual debe ser corregida por el mismo operario bajo un proceso estrictamente empírico. Si ésta corrección no se realiza de la forma adecuada, la pieza no puede ingresar a la zona de rectificado, paralizando el total de mencionada línea.

Aunque problemas existen en los dos procesos, es evidente la necesidad de aprender de lo aprendido de la línea Renault e implementarlo en la línea seca, lo cual sin lugar a dudas generaría un incremento de productividad inmediato, sin la necesidad de realizar inversiones, por medio de soluciones prácticas y sencillas.

Tabla 8. Parámetros de Percepción del proceso

Calidad del Proceso		Influencia en el Proceso	
Muy bueno	1	Fundamental	5
Bueno	2	Elevado	4
Medio	3	Medio	3
Malo	4	Discreto	2
Muy malo	5	Modesto	1

Fuente. Autores del Proyecto

De la tabla 8, se brindan unos parámetros que permiten obtener una percepción cuantitativa en el Benchmarking, de ésta forma en la tabla 9, se puede interpretar el grado de criticidad del proceso, del cual un valor superior significa un grado menor de satisfacción dentro de cada elemento involucrado.

Tabla 9. Evaluación de la percepción de Criticidad en los procesos de Línea de Camisa Seca y Renault

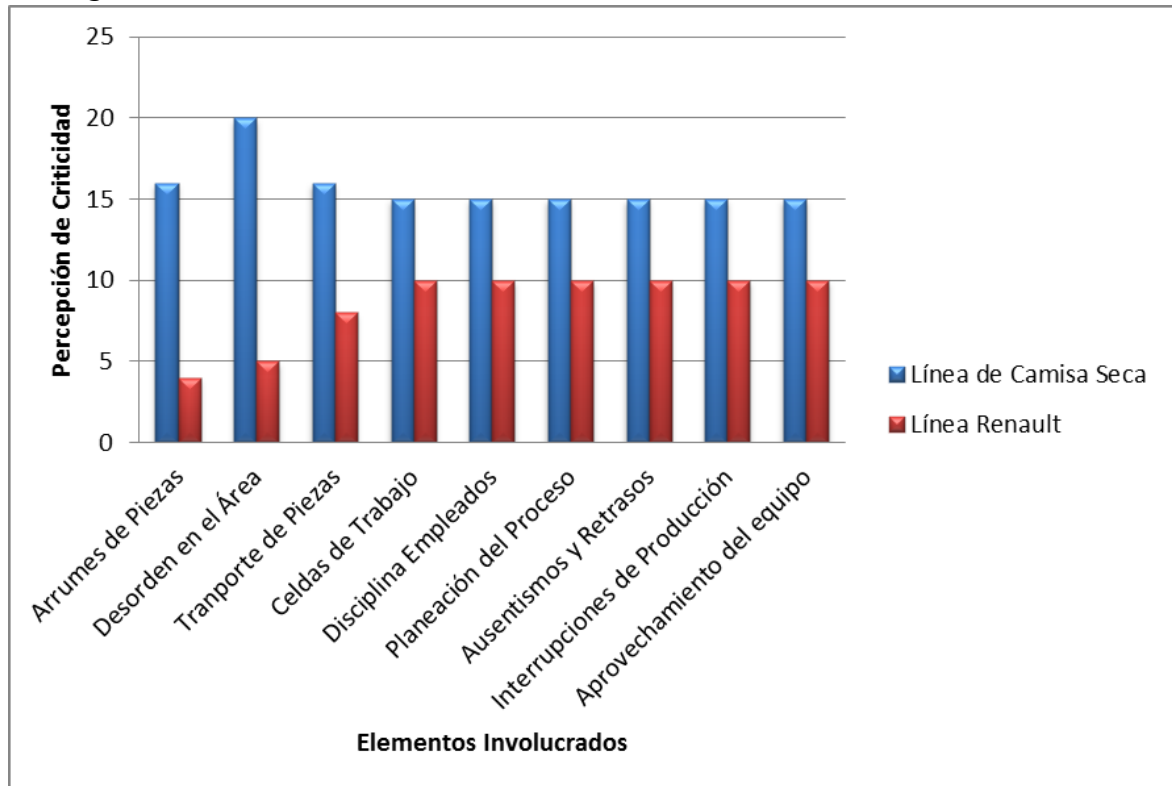
Línea de Camisa Seca			
	Percepción del Proceso		
Elementos Involucrados	Calidad del Proceso	Influencia en el proceso	Criticidad en el Proceso
Arrumes de Piezas	4	4	16
Desorden en el Área	4	5	20
Transporte de Piezas	4	4	16
Celdas de Trabajo	3	5	15
Disciplina Empleados	3	5	15
Planeación del Proceso	3	5	15
Ausentismos y Retrasos	3	5	15
Interrupciones de Producción	3	5	15
Aprovechamiento del equipo	3	5	15

Línea Renault			
	Percepción del Proceso		
Elementos Involucrados	Calidad del Proceso	Influencia en el proceso	Criticidad en el Proceso
Arrumes de Piezas	1	4	4
Desorden en el Área	1	5	5
Transporte de Piezas	2	4	8
Celdas de Trabajo	2	5	10
Disciplina Empleados	2	5	10
Planeación del Proceso	2	5	10
Ausentismos y Retrasos	2	5	10
Interrupciones de Producción	2	5	10
Aprovechamiento del equipo	2	5	10

Fuente. Autores del Proyecto

Para un mejor análisis se presenta la figura 34, del cual muy sencillamente se percibe el rendimiento dentro de la línea Renault y la línea de camisas Secas.

Figura 34. Paralelo de Rendimiento: Línea de Camisa Seca Vs Línea Renault.



Fuente. Autores del Proyecto

Sin embargo, a forma de ilustración, para un análisis en el nivel global se podrían considerar lineamientos como los contemplados en la tabla 10, lo cual muestra un ejercicio de benchmarking del proceso, el mismo, puede convertirse en una herramienta importante para tomar decisiones en el departamento de mecanizado.

Tabla 10. Análisis Global tipo Benchmarking en el Departamento de Mecanizado.

Elemento	Ubicación del Proceso		Recomendación
	Línea Renault	Línea de Camisa Seca	
Arrumes de Piezas	Adelante	Atrás	Aprender de mejores prácticas de otros, para aprovechar el liderazgo en la propia área y jalonar su desarrollo

Desorden en el Área	Adelante	Atrás	Diagnosticar problemas para igualar nivel de la propia área
Transporte de Piezas	Adelante	Atrás	Definir estrategias de colaboración para jalonar otros sectores
Celdas de Trabajo	Adelante	Atrás	Aprovechar oportunidades para consolidar posición y prevenir obstáculos futuros. Considerar la posibilidad de establecer colaboración para jalonar el proceso de otros sectores y aprovechar complementariedades
Disciplina Empleados	Adelante	Atrás	Aprovechar oportunidades para consolidar posición y prevenir obstáculos futuros.
Planeación del Proceso	Adelante	Atrás	Aprender de mejores prácticas del proceso de otras áreas
Ausentismos y Retrasos	Adelante	Atrás	Control estricto en el personal aprendiendo de mejores prácticas
Interrupciones de Producción	Adelante	Atrás	Diagnosticar limitantes de desarrollo y aprovechar oportunidades para mejorar posición
Aprovechamiento del equipo	Adelante	Atrás	Revisión de políticas y estructura, incorporando lo aprendido para evitar improductividad

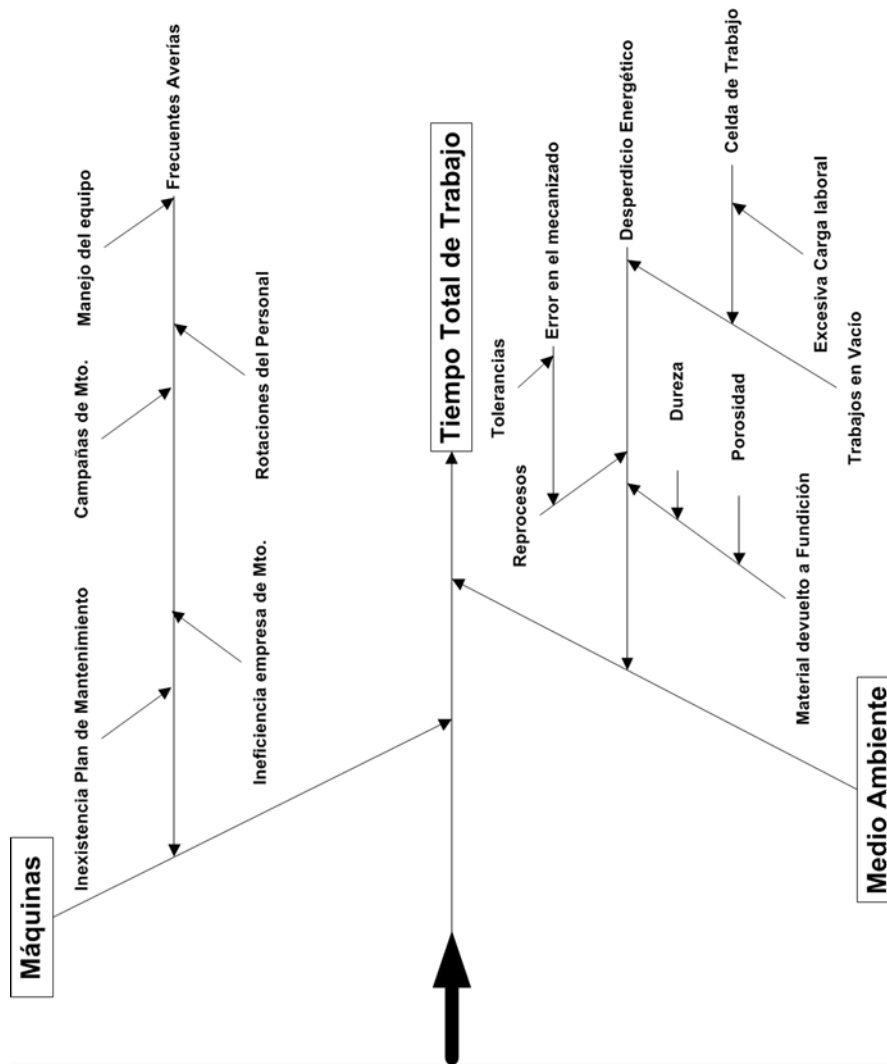
Fuente. Autores del Proyecto

5.6 ESTUDIO DEL TIEMPO TOTAL DE TRABAJO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

Con el ánimo de observar una clasificación ordenada de los problemas encontrados en la empresa, se optó por el diagrama de pescado, el cual por medio

de una categorización sencilla como lo está presente en el mismo, permite una visión muy clara de los diferentes elementos que contribuyen en el incremento de los tiempos en los ciclos de mecanizado. A continuación se explicará cada elemento (ver figura 35).

Figura 35. Diagrama Causa-Efecto Industrias Lavco Ltda



5.6.1 Organización. Es el elemento con mayores problemas dentro de Industrias Lavco ya que posee un alto índice de factores que impiden el funcionamiento eficiente dentro de mencionada área. Se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

5.6.1.1 Herramientas de corte. Dentro de éste grupo de elementos se presenta un problema que repercute en las operaciones de mecanizado, debido a una inadecuada selección de herramientas. En éstos momentos se dispone en inventario de una gran cantidad de herramientas de corte, las cuales redundan para cada tipo de operación, esto genera perturbaciones entre los operarios y almacén ya que no se sabe a ciencia cierta con qué tipo de elemento debe ejecutar su tarea, muy posiblemente eligiendo una herramienta inadecuada para ejecutar el corte que necesita. A su vez, es importante destacar el elevado costo de estos elementos los cuales al ser dañados por su inadecuada selección incrementa el costo unitario de la pieza producida.

Un problema clave dentro de las pérdidas de tiempo que se están generando en estos momentos, es la ausencia de una planeación de operaciones. Se observó dentro del proceso de producción, que el operario al decidir que la herramienta de corte había culminado con su ciclo de vida, tiene que dirigirse personalmente hasta el coordinador de mecanizado y solicitar una nueva herramienta, de ése lugar, trasladarse hasta el almacén y con la orden brindada reclamar su nueva herramienta, originando grandes pérdidas dentro del proceso.

5.6.1.2 Interrupción por cambio de una referencia a otra. Mediante una planificación y un control de las actividades de producción adecuados se puede lograr que un lote o serie de producción siga inmediatamente a otro con miras a eliminar o reducir al mínimo el tiempo improductivo de la maquinaria, el equipo o el trabajador.

Figura 36. Arrumes de camisas secas con diferentes referencias



Fuente: Industrias Lavco Ltda.

En la línea de producción se observan grandes cantidades de referencias de cada producto como en el caso de línea seca, ésta situación impide una linealidad en el proceso, imposibilita la oportunidad de realizar un estricto control de producción, Incrementa los tiempos de producción debido a los retrasos de otros lotes de piezas, incrementa los números de paros del equipo debido a que se debe realizar una nueva preparación del equipo la cual incluye la búsqueda de las pinzas para la nueva referencia, montaje y desmontaje.

5.6.1.3 Actuales celdas de trabajo. El criterio del Coordinador de Mecanizado es la reducción de costos vía reducción de personal, lo cual se evidencia en el momento de observar a un operario manejando tres equipos, ésta filosofía de trabajo implementada genera un incremento en los tiempos muertos del equipo.

Se realizó una evaluación de la primera celda de trabajo la cual normalmente debería estar ocupada por una actividad exclusiva de mecanizado en bujes, de la cual al conocer perfectamente las actividades realizadas por el operario, se decidió realizar el siguiente paralelo (ver tabla 11).

Tabla 11. Paralelo de Rendimiento

<i>Paralelo de Rendimiento</i>	
<i>Operario en una celda de trabajo con tres equipos</i>	<i>Operario con sólo un equipo</i>
Mayor estrés por los mínimos establecidos	Control mayor de su producción
Menor aprovechamiento del equipo al incrementarse la carga laboral, esto se ve reflejado en la gran cantidad de tiempos muertos de operación en el equipo, trabajos en vacío que conllevan a un consumo elevado de energía.	Mayor provecho del equipo ya que los tiempos muertos se disminuyen al máximo, añadiendo el hecho de un control de calidad mucho más eficiente en cada pieza
Control de Calidad ineficiente ya que la necesidad de velar por una gran cantidad de operaciones incluidas el análisis de calidad para cada equipo disminuye su atención en cada pieza.	Tan solo debe realizar limpieza a la máquina en la cual opera, generando un rendimiento superior y un grado menor de tiempos muertos
La limpieza es una tarea que incrementa los tiempos muertos, al poseer tres equipos.	Mayor orden en el área de trabajo lo cual conlleva a un ambiente mucho más seguro, confiable y eficiente.

Fuente. Autores del Proyecto

5.6.1.4 Disposición de espacio. Al transcurso de las actividades se forman grandes cuellos de botellas en cada celda de trabajo o equipo, lo que genera un almacenamiento excesivo de diferentes referencias arrumadas en montañas de productos, provocando en algunos casos maltratos de las piezas.

La velocidad de transferencia de las piezas no es igual entre procesos. Ejemplo: El corte y despunte es mucho más rápido que el mecanizado interior, provocando los más grandes arrumes de la planta. Lo mismo ocurre en el rectificado y finalmente en el paso de mecanizado interior a mecanizado exterior.

Figura 37. Maltratos en las piezas debido a caídas de los arrumes de material



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

Figura 38. Montañas de material en bruto y terminado



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

En la figura 38 se observa las diferentes combinaciones de referencias que se manejan en cada montaña de material, al igual de la presencia de camisas ya terminadas que no deberían estar en éste punto, sino en rectificado.

La utilización adecuada del espacio es una fuente importante de reducción de los costos, particularmente cuando una empresa se encuentra en proceso de expansión y necesita aumentar su área de trabajo. Además, una disposición adecuada reduce los movimientos innecesarios, la pérdida de tiempo y energías.

5.6.1.5 Manipulación de Piezas. Se destaca la necesidad de eliminar los arrumes generados en el paso de una operación a otra, ya que produce daños en las camisas por caídas de tan elevados acumulados de material a mecanizar como se evidencia en la figura 37. En estos momentos el transporte de piezas de una estación a otra es realizado manualmente por el operario del equipo, teniendo que realizar su traslado desde la máquina hasta el lugar en donde se encuentra el lote de materiales generando demoras en el proceso de producción.

5.6.2 Maquinas. Un mal mantenimiento del equipo puede causar frecuentes paralizaciones que producen un tiempo improductivo en espera de las reparaciones. Los tiempos invertidos para realizar los mantenimientos a los equipos son excesivos, generando paradas de un día, una semana y hasta un mes, lo cual repercute en la producción de la empresa.

Tenemos presente que el contrato por Outsourcing es una herramienta que permite reducir los costos y mantener, simultáneamente, la calidad en la administración de los recursos vinculados al desarrollo de la empresa, en ése caso el departamento de mecanizado, pues se cuenta con personal especializado.

Adicionalmente, permite que la empresa enfoque sus energías en su actividad económica.

Outsourcing no es un contrato de tipo laboral pero se entiende la presencia de los tres elementos del contrato de trabajo: subordinación, prestación efectiva de labor y remuneración. De lo anterior se refiere a la prestación efectiva de la labor la cual no se está realizando en la forma adecuada.

Figura 39. Equipo en mantenimiento



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

La empresa cuenta con un servicio de mantenimiento por Outsourcing, dicha empresa permanece las 24 horas del día dentro de las instalaciones de Lavco Ltda. y cuenta con todas las herramientas necesarias para desempeñar la tarea por la cual fueron contratados.

El preferir los servicios externos tipificados en un contrato de Outsourcing, que a un empleado de planta, el objetivo de este proceder está referido a los costos y deducciones legales que implica tener a cargo por la vinculación de este último tipo de trabajadores.

Figura 40. Torno en Mantenimiento



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

Un debate encaminado a establecer si la responsabilidad laboral es compartida entre el empleador y la empresa temporal.

Es importante destacar cuales son los límites presentes en el actual contrato de trabajo con la empresa de mantenimiento, ya que los tiempos en los cuales los equipos estuvieron detenidos son causa importante de incrementos en los tiempos de los ciclos de trabajo de la empresa, lo cual se llegaría a pensar que no se está cumpliendo una responsabilidad laboral por parte de la empresa de mantenimiento.

5.6.3 Recursos humanos. El personal encargado de realizar las tareas en el departamento de mecanizado no posee una formación técnica, aunque el trabajo a realizar no posee una gran complejidad, si se evidencia su falta de experiencia en el desarrollo del trabajo ya que no son conscientes de muchos elementos que son importantes para el perfeccionamiento del proceso dentro de los cuales podemos incluir un ambiente disciplinado, cuidado y manejo del equipo, maltratos a los insertos.

El personal recibe una formación por parte de los operarios más antiguos, el cual debería brindarles guías básicas para el mantenimiento y operación de todos los equipos, desafortunadamente el señor encargado de brindar esos conocimientos también adquirió sus conocimientos en forma empírica, lo cual conlleva a que sus errores pasen al nuevo personal, errores que se evidencian en la línea de producción ya que se observan maltratos en los insertos y en los equipos.

Existen metodologías de trabajo como rotaciones de personal, las cuales son herramientas que se utilizan para evitar que las actividades de los señores operarios no sean tediosas, pero acarrea grandes problemas dentro del área de mecanizado. Mencionadas actividades no permiten que un operario se adapte fácilmente a un equipo lo cual evita que éste conozca completamente su óptimo funcionamiento, lo cual acarrea una mala ejecución de su trabajo la cual se evidencia a continuación, en donde los insertos de corte son los que pagan las consecuencias de deficientes manejos de los equipos.

El operario debe saber que, existen tres formas posibles de falla en una herramienta de corte en maquinado:

- Falla por fractura: este modo ocurre cuando la fuerza de corte se hace excesiva en la punta de la herramienta, causando una falla repentina por fractura
- Falla por temperatura: Esta falla ocurre cuando la temperatura de corte es demasiado alta para el material de la herramienta de corte, causando ablandamiento en la punta, deformación plástica y pérdida del filo en el borde
- Desgaste gradual: El desgaste gradual del borde cortante ocasiona pérdida en la forma de la herramienta de corte, reducción en la eficiencia del corte,

desgaste acelerado y falla final de la herramienta, pero de las tres formas la preferible es ésta.

En la figura 41, presentamos una serie de imágenes que evidencian la falla por fractura. La cual en nuestro caso está relacionada con la mala operación y descuido por parte de algunos señores operarios, claro está sin descartar los defectos producidos en fundición.

Figura 41. Daños en los insertos



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

5.6.3.1 Ausentismos y retrasos. Se ha observado un constante ausentismo por parte de los operarios para con su equipo de trabajo, lo cual genera que la máquina se encuentre detenida por una cantidad considerable de tiempo generando acumulados de producción, aparte, los tiempos de los descansos en la mayoría de ocasiones son extendidos por los mismos operarios junto con el horario del almuerzo.

5.6.3.2 Riesgo de accidentes. Debido a los grandes arrumes de material por mecanizar se puede generar un accidente dentro de las instalaciones. Cada camisa posee un peso considerable los cuales pueden causar graves problemas al personal.

5.6.4 Medio ambiente - Desecho de materiales. En el departamento de mecanizado se reciben diferentes coladas provenientes del departamento de fundición, las cuales al parecer debido a defectos provenientes de dicho sector se tienen que desechar ya sea por defectos de poros, excesiva dureza y un posible maltrato en la pieza al momento de sacarlos de las centrifugadoras como ha sido observado en los días de dicha operación.

Todos estos factores generan sobrecostos ya que el material en bruto ha sido sometido a las diferentes operaciones que se llevan a cabo de tan mencionada área. Además la porosidad y la excesiva dureza pueden inmediatamente quebrar el inserto al no existir una homogeneidad en las propiedades del material.

Figura 42. Material de desecho posiblemente debido a problemas de fundición



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

Así como puede existir una excesiva dureza, por otra parte el material puede no presentar la dureza adecuada, pero tampoco se descarta una excesiva fuerza en el montaje por parte del operario al realizar la operación en ése momento.

Figura 43. Evidencia de posible fallo a causa de porosidad en el material



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

El defecto de porosidad puede estar involucrado en el modo de fallo de ésta camisa, ya que los esfuerzos a los que se ve sometida la pieza pueden encontrar en los poros una debilidad y de ésta forma desencadenar la grieta.

En la figura 43 no es muy clara la presencia de poros. El inconveniente de estos defectos en el producto final de fundición es que llevan a consecuencias en el departamento de mecanizado como lo son el daño irremediable de los insertos y posibles daños en el equipo utilizado. A parte de lo mencionado, el desechar estas piezas y enviarlas de nuevo a fundición desperdicia la energía invertida en ellas, el mecanizado realizado y los empleados invertidos lo cual eleva el costo del producto.

5.7 ANÁLISIS DOFA EN INDUSTRIAS LAVCO Ltda.

DOFA es un análisis muy importante el cual contribuye a realizar un análisis de la empresa para conocer que es importante, que esta fuera o dentro de la empresa, funcionando como un filtro ayudándonos a decidir si es sensible o de poca relevancia para la empresa. Dicho de otra forma, el análisis DOFA es una herramienta que permite crear un panorama de la situación actual de la empresa u organización, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permita en función de ello tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados.

- *Fortalezas:* Capacidades especiales con que cuenta la empresa, referido a una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos, imagen, capacidades y habilidades.
- *Oportunidades:* Factores positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas.

- *Debilidades:* Factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia. Recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente.
- *Amenazas:* Situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a transgredir incluso contra la permanencia de la organización.

Realizando un análisis de la empresa Lavco Ltda. floreció el deseo de proponer una estrategia empresarial la cual está enfocada en la disminución de tiempos en los ciclos de trabajo, que si bien es cierto ha interferido con el deseo de incrementar su capacidad de producción, esto debido a que en la actualidad la competencia a nivel mundial amenaza con la incursión de productos de calidad a precios muy competitivos.

Esto se ha visto como una oportunidad de crear una ventaja competitiva la cual gracias a una excelente imagen a nivel internacional, permite la incursión de nuevos mercados mejorando la producción actual sin la necesidad de invertir grandes sumas de dinero.

Figura 44. Esquema DOFA de la empresa

Debilidades

- Cultura organizacional mejorable.
- Bajo nivel de concentración, integración y compromiso en la parte de cliente interno-externo.
- Esquema centralizado.
- Poca actividad de mercadeo.
- Carencia de manuales de flujo por departamentos.
- Escaso material impreso.
- No hay sistema permanente de cultura al servicio.
- Falta un desarrollo e investigación de nuevos mercados.
- Carencia de información y detección de necesidades del cliente.
- No existen descripciones de puestos y funciones.
- Escasa comunicación interdepartamental.

Oportunidades

- Investigación y desarrollo.
- Complacencia competitiva.
- Estabilidad económica.
- Mayor cobertura nacional.
- Buena imagen y prestigio exterior.
- Opciones de alcanzar más negocios.
- Opciones de mayores ventas.
- Globalización.
- Posibilidad de generar valor social.
- Mercado en constante crecimiento.
- Desarrollo de programas de lealtad.
- Crecimiento constante de la industria metalmecánica.

Fortalezas

- Nivel de servicio y disposición de la gente.
- Control de calidad en los servicios.
- Clientela cautiva hasta cierto punto.
- Gente y personal involucrado en el negocio.
- Compromiso por parte de la dirección y gerencia.
- Estructura organizacional estable.
- Preocupación por la mejora continúa.

Amenazas

- Surgimiento de competidores.
- Metodologías de trabajo inadecuadas
- Incremento constante de precio de los insumos.
- Ausencia de Planes y Campañas de Mantenimiento
- Competencia desleal por parte de competidores pequeños y grandes
- Productos clave participando en mercados con tendencia a desaparecer.
- Ineficiencia en los procesos productivos.
- Maquinaria y tecnología obsoleta
- Resistencia al cambio por parte del personal.

Fuente: Autores del Proyecto

5.8 QFD EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

Cuando se habla de Calidad y Precios bajos en manufactura, Colombia siempre se ha destacado como un país muy competitivo. Bucaramanga es una ciudad mediana ubicada en el Oriente Colombiano. Gran parte de su Industria tradicional es la manufactura de productos y servicios dirigidos al sector automotriz, siendo de las más importantes actividades dentro del país, lo cual contribuye con un alto porcentaje en el desarrollo de empleo. Sin embargo en años recientes las crecientes importaciones, sobre todo de Asia, ha presentado una amenaza latente para los productores locales. Ahora los empresarios enfrentan el reto de cambiar su forma tradicional de hacer negocio o ir desapareciendo poco a poco.

Colombia posee un nexo natural con el Océano Atlántico y Pacífico, junto a su cercanía con el canal de Panamá, el cual le brinda gran autonomía y poder para tanto el envío como recepción de mercancía, añadiendo el hecho de los actuales tratados de libre comercio y aun los que faltan, brindan el acceso a un mercado potencial de gran tamaño lo cual permite estar consolidando su posición como una de las economías emergentes del tercer mundo.

Lavco Ltda. Una empresa manufacturera del sector automotriz, ha decidido implementar un cambio cultural y convertirse en una organización centrada en el cliente como estrategia principal para combatir la competencia mundial, mejorar e incrementar su participación en el mercado. Gracias a su buena imagen con los clientes externos los cuales están referenciados en un ambiente internacional, Lavco Ltda. se ha enfocado en sus procesos y por medio de un análisis crítico ha determinado la importancia de evaluar el resultado del departamento de mecanizado, siendo como cliente principal de dicha área el sector de ventas de la empresa.

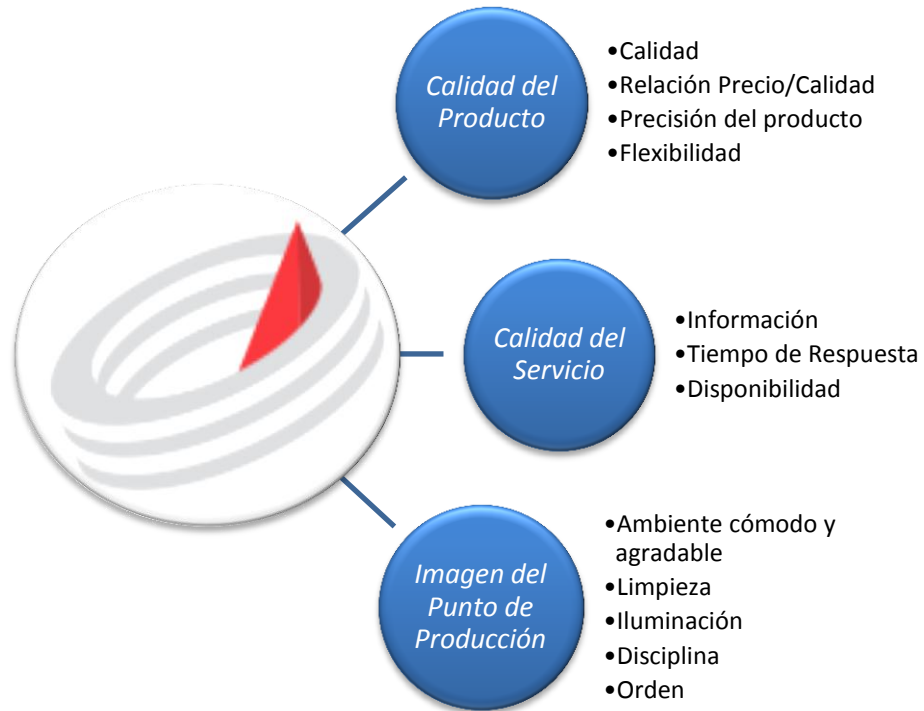
5.8.1 Estrategia de Competitividad en Industrias Lavco Ltda. Buscando su transformación organizacional con objetivo de fortalecer su posición competitiva, Lavco Ltda. junto con los autores del proyecto han desarrollado un modelo para enfocarse en recopilar, entender y actuar en la retroalimentación de su cliente y después usar esta información como entrada para el rediseño de su proceso.

Fueron identificadas tres categorías principales de atributos que podrían ser usadas para evaluar el desempeño de la organización y determinar la lealtad de los clientes.

- Calidad del Producto
- Calidad del Servicio

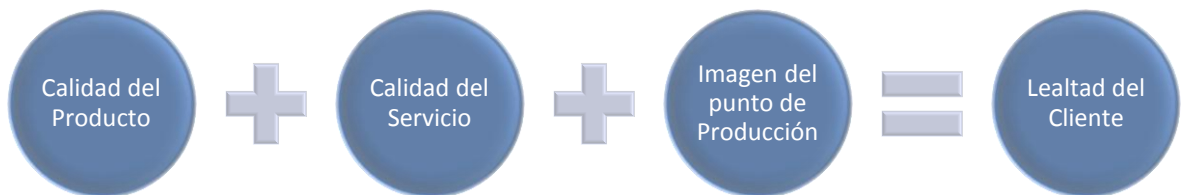
- Imagen del punto de Producción

Figura 45. Diagrama del cliente interno en Lavco Ltda.



Fuente: Autores del Proyecto

Figura 46. Ecuación de lealtad del Cliente



Fuente: Autores del proyecto

Después de analizar los resultados, se determinó un peso de estos parámetros en relación con la lealtad del cliente, los cuales se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Parámetros en relación con la lealtad del cliente

No.	Atributos relacionados con Lealtad del Cliente	Importancia (%)
1	Calidad del Producto	60
2	Calidad del Servicio	25
3	Imagen del Punto de Producción	15

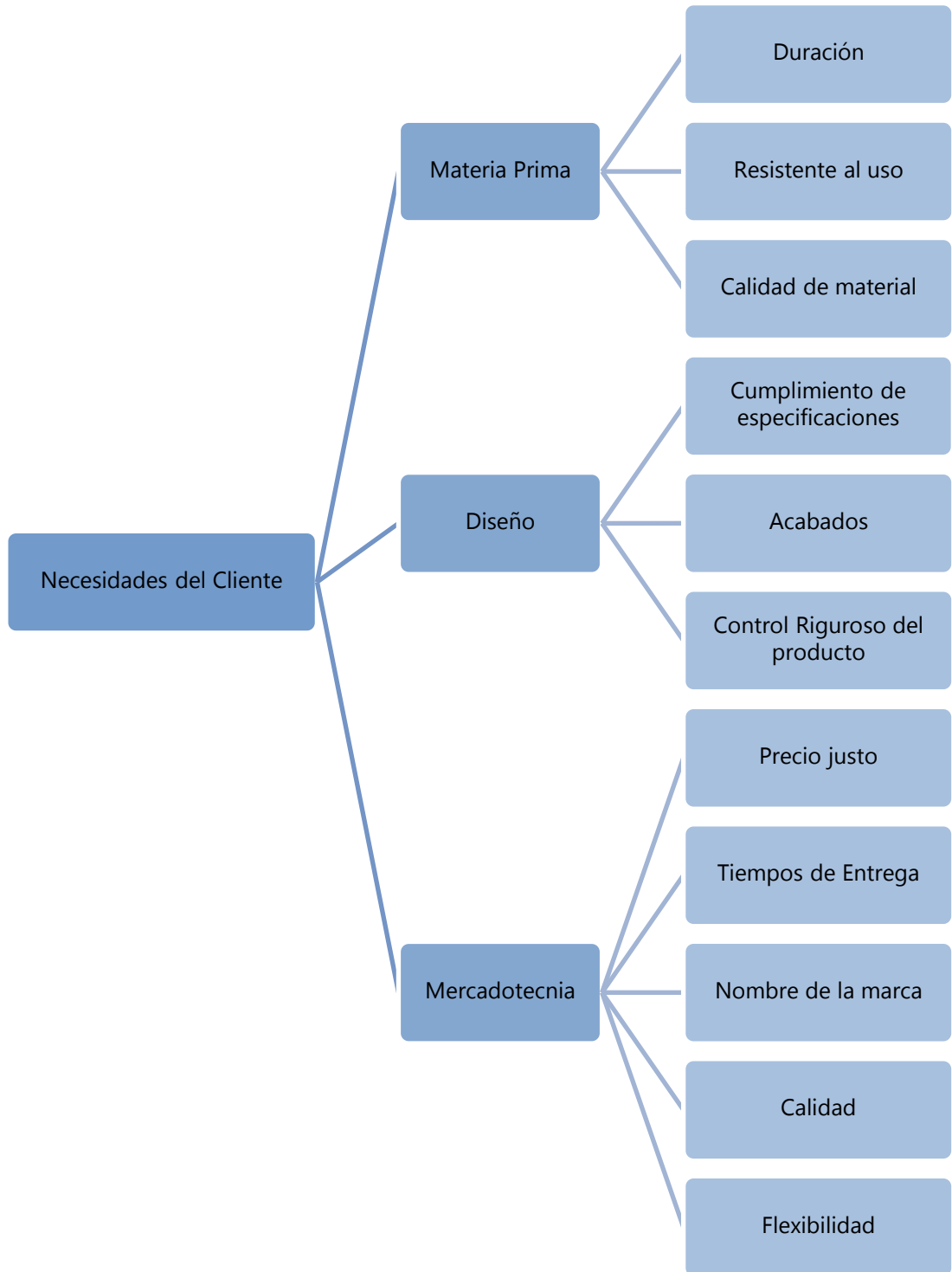
Fuente: Autores del proyecto

5.8.2 Metodología de QFD

5.8.2.1 Seleccionar un producto/servicio importante a mejorar. El objetivo principal del proyecto fue definido como "Análisis y diagnóstico basados en la metodología Seis Sigma enfocados en la búsqueda de disminución de tiempos en los ciclos de trabajo del departamento de mecanizado en Industrias Lavco Ltda." Éste rediseño estaría focalizado en encontrar las causas que están incrementando los ciclos de trabajo y al mismo tiempo mejorar la calidad del producto. El proceso fue seleccionado como prioritario para ésta mejora debido a su impacto potencial dentro del proceso general de la empresa.

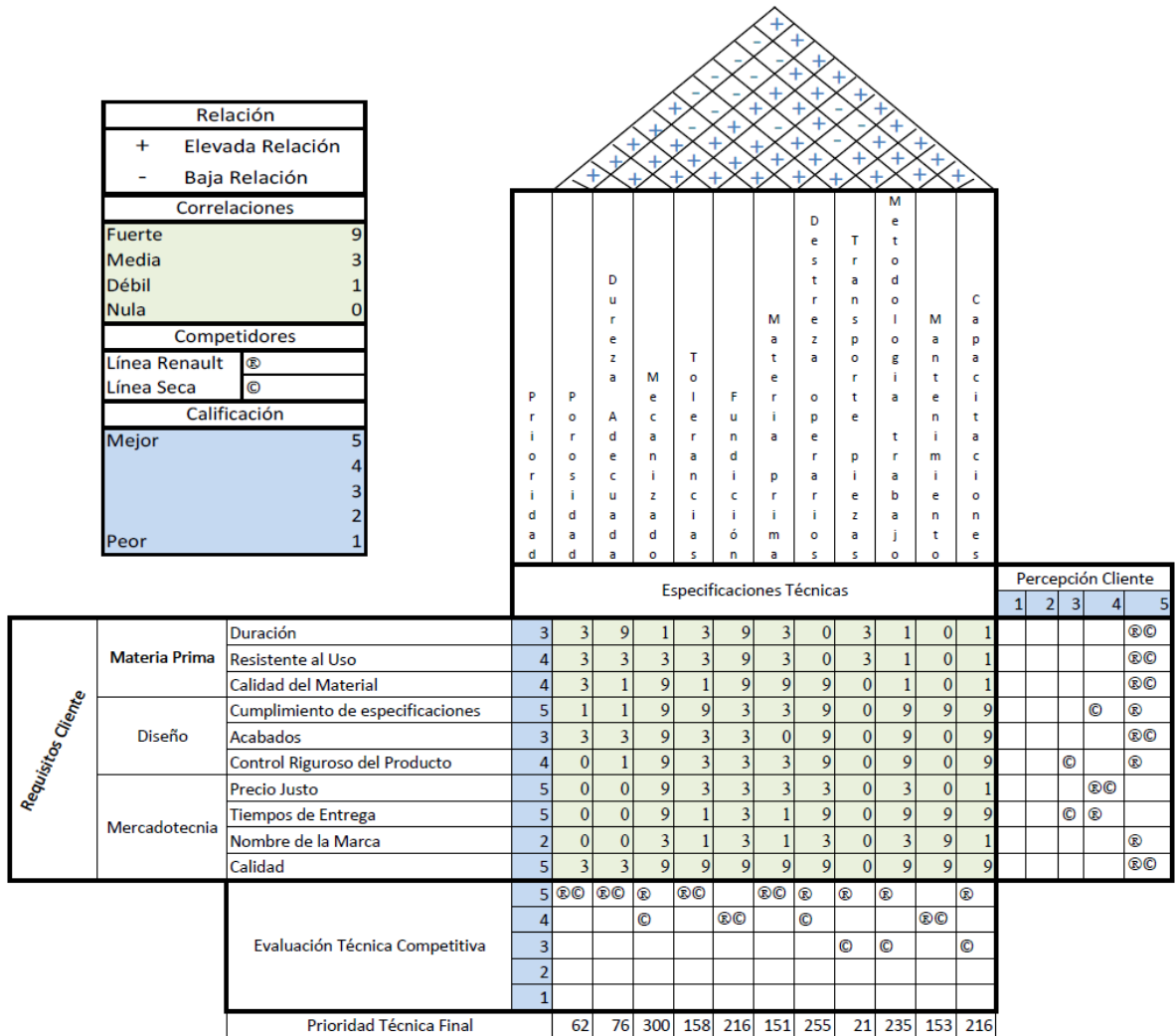
5.8.2.2 Obtención, extracción y organización de las necesidades del cliente. Se realizaron entrevistas, dentro de los diferentes estamentos de Lavco Ltda. brindando un conocimiento mayor acerca de la voz y quejas del cliente, lo cual fue traducido en "necesidades del cliente". Por medio de un diagrama de afinidad se agruparon estas necesidades en diferentes categorías como se muestra en la figura 47, en ésta fase es importante reconocer la "estructura mental" que poseen los clientes.

Figura 47. Estructura Mental de los Clientes



Fuente: Autores del Proyecto

Figura 48. Matriz QFD - Industrias Lavco Ltda



Fuente: Autores del proyecto

5.9 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA – SEIS SIGMA.

La estadística es el conjunto de procedimientos y técnicas empleadas para recolectar, organizar y analizar datos, los cuales sirven de base para tomar decisiones en las situaciones de incertidumbre que se planteen.

La Estadística Descriptiva se refiere a la recolección, presentación, descripción, análisis e interpretación de una colección de datos, esencialmente consiste en

resumir éstos con uno o dos elementos de información (medidas descriptivas) que caracterizan la totalidad de los mismos. La estadística Descriptiva es el método de obtener de un conjunto de datos conclusiones sobre sí mismos y no sobrepasan el conocimiento proporcionado por éstos. Puede utilizarse para resumir o describir cualquier conjunto.

Estadística Inferencial se refiere al proceso de lograr generalizaciones acerca de las propiedades del todo (población) y partiendo de lo específico (muestra). Para que éstas generalizaciones sean válidas la muestra deben ser representativa de la población y la calidad de la información debe ser controlada, además puesto que las conclusiones así extraídas están sujetas a errores, se tendrá que especificar el riesgo o probabilidad que con que se pueden cometer esos errores. La estadística inferencial es el conjunto de técnicas que se utiliza para obtener conclusiones que sobrepasan los límites del conocimiento aportado por los datos, busca obtener información de un colectivo mediante un metódico procedimiento del manejo de datos de la muestra.

El análisis estadístico es todo el proceso de organización, procesamiento, reducción e interpretación de datos para realizar inferencias. Cuando se consideran los métodos de organización, reducción y análisis de datos estadísticos, se hace necesario aclarar los siguientes conceptos:

- Variables: es toda característica que varía de un elemento a otro de la población.
- Datos: son medidas o valores de las características susceptibles de observar y contar, se originan por la observación de una o más variables de un grupo de elementos o unidades

Los datos son colecciones de un número cualquiera de observaciones relacionadas entre sí, para que sean útiles se deben organizar de manera que faciliten su análisis,

se puedan seleccionar tendencias, describir relaciones, determinar causas y efectos y permitan llegar a conclusiones lógicas y tomar decisiones bien fundamentadas; por esa razón es necesario conocer los métodos de Organización y Representación, la finalidad de éstos métodos es permitir ver rápidamente todas las características posibles de los datos que se han recolectado.

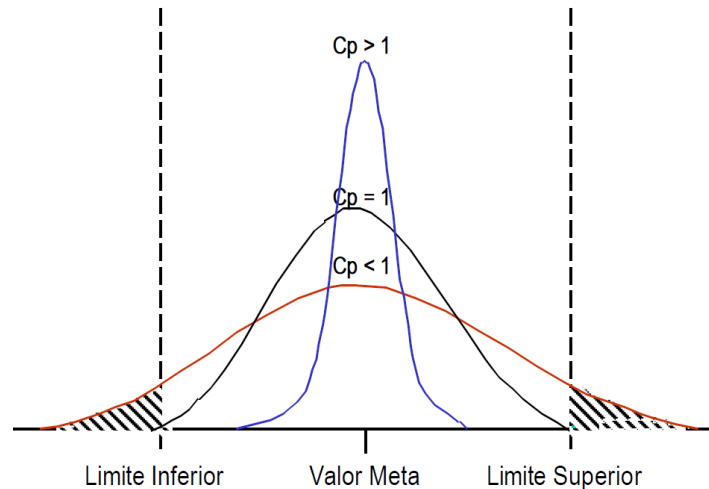
- Representación Tabular: presenta la variable y las frecuencias con que los valores de éstas se encuentran presentes en el estudio.
- Representación Gráfica: se llaman gráficas a las diferentes formas de expresar los datos utilizando los medios de representación que proporciona la geometría.

El propósito de este proyecto fue utilizar las herramientas de Seis Sigma-Kaizen para maximizar las ventajas de un ambiente de manufactura de alto desempeño, y reducir el desperdicio y posibles reclamaciones de mercado sin afectar parámetros de calidad estipulados para el producto premier.

5.9.1 Estudio de la capacidad del proceso. La Capacidad del proceso es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso (C_p y C_{pk}) o del índice de prestación del proceso (P_p o P_{pk}). El resultado de esta medición suele representarse con un histograma que permite calcular cuántos componentes serán producidos fuera de los límites establecidos en la especificación.

El proyecto utilizará y tomará ventaja de la filosofía Seis Sigma-Kaizen de la cual se utilizarán herramientas para identificar y reducir la variabilidad del proceso, que deben ver representadas en el aumento de la capacidad del proceso (ver figura 49).

Figura 49. Comparativa de la Capacidad de Proceso "Cp"



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

En este proyecto hay un cliente interno, por ende al corregir su variación el cliente externo (consumidor) se va a ver beneficiado por la mejora en el proceso. Una vez "delimitado" el proyecto, se estableció un plan para verificar con que información se contaba.

Durante los meses de septiembre a noviembre se inicia la recolección de datos (tiempos de mecanizado y montaje de pieza) históricos relacionados con el alcance del proyecto. Se inició la detección de áreas de oportunidad para reducción de tiempo en manufactura. Se validó que los sistemas de medición fueran confiables y se calculó la capacidad del proceso. Para todos estos cálculos se utilizó MINITAB 16.

5.9.2 Límites de control. Para el cálculo de los límites de control se utiliza la teoría de probabilidades, suponiendo que los datos siguen una distribución de probabilidad normal. De esta forma se determinará un factor que al multiplicarlo por un parámetro de variabilidad (sea éste el rango o la desviación típica) permite calcular los límites del gráfico de control de calidad, límites que garantizan una probabilidad del 99% de que las observaciones se encuentren dentro de esos márgenes si el proceso está en estado de control. Es un concepto totalmente análogo al de intervalo de confianza para una estimación, al que se está habituado en la inferencia estadística.

Los límites de calidad superior e inferior para un gráfico de medias se calculan de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$LCS = M + A_2R \quad \text{Ecuación 1}$$

$$LCI = M - A_2R \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde M es la media global (media de todas las medias) y R es la media de todos los rangos.

Como ya se mencionó los datos se trabajaron con Minitab, este paquete cuenta con una herramienta resumen para SIX-SIGMA.

RESUMEN (SIXPACK) DE CAPACIDAD NORMAL - Se uso esta opción por que se quizo generar un informe rápido y completo que permita analizar si un proceso es o no capaz. Este informe incluye las siguientes partes:

- Un gráfico de control X-barra (o Individuales)
- Un gráfico de control R (o MR)
- Un gráfico de rachas de los últimos 25 subgrupos (o datos individuales)
- Un histograma de las observaciones

- Un gráfico de probabilidad Normal
- Un gráfico de capacidad del proceso
- Índices de capacidad a corto plazo (Cp, Cpk), y a largo plazo (Pp, Ppk)

Los gráficos X-barra y R, junto con el de rachas nos permitirán determinar si el proceso está o no bajo control estadístico. El histograma y el gráfico de probabilidad normal nos permitirán verificar el supuesto de que los datos se distribuyen según una Normal. Finalmente, el gráfico de capacidad nos proporciona información visual de la variabilidad del proceso en comparación con la variabilidad permitida. Al combinar toda esta información con los índices de capacidad, deberíamos ser capaces de:

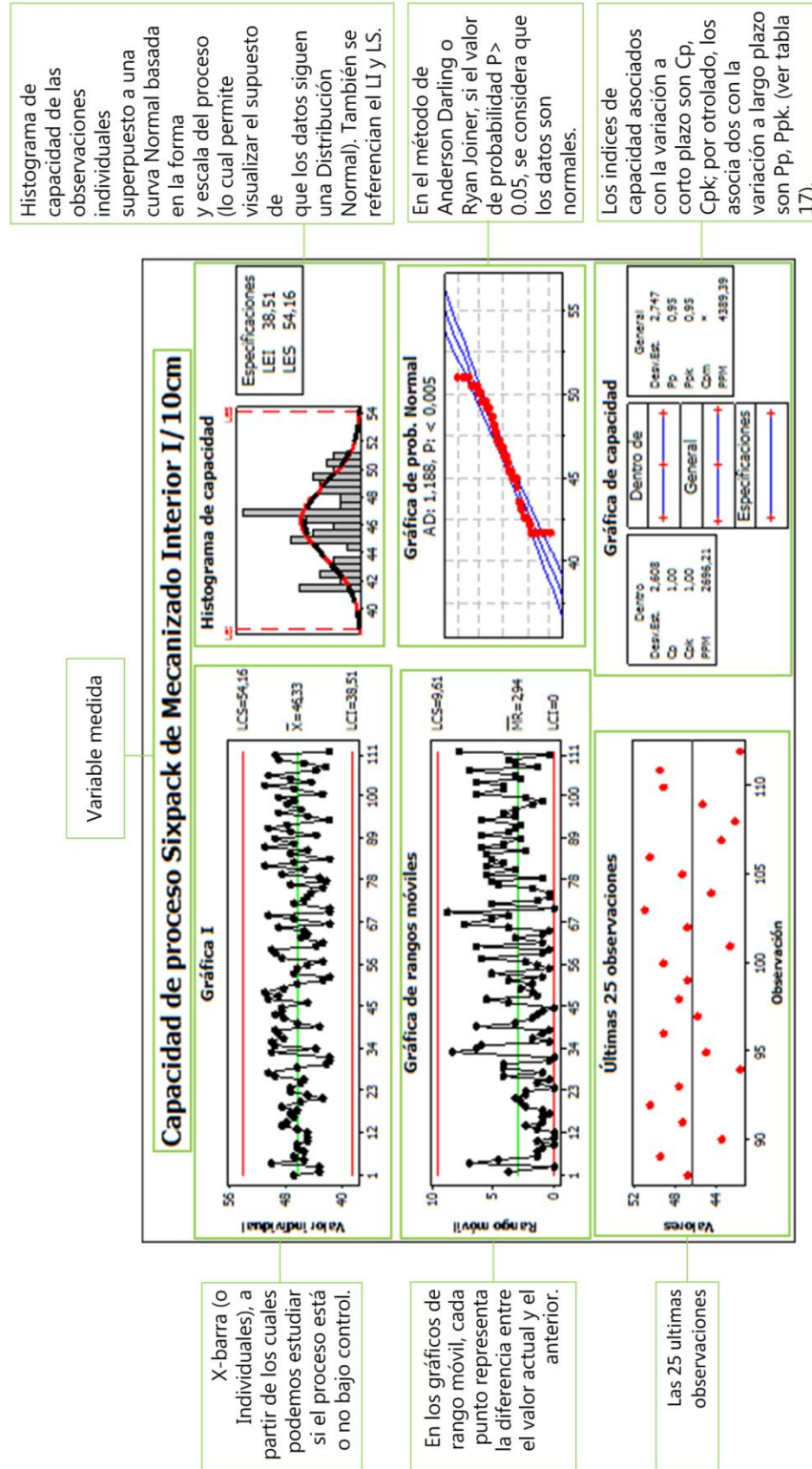
- (1) determinar si el proceso está bajo control, y
- (2) si el proceso cumple con las especificaciones técnicas.

Tabla 13. Referencias sobre cuándo, cómo y definición de cada uno de los índices usados en SIX-SIGMA

ÍNDICE	USO	DEFINICIÓN	FORMULA
Cp o Pp	El proceso está centrado en los límites de especificación	Es el radio entre la amplitud permitida (distancia entre los límites de especificación) y la amplitud natural	$(LES - LEI) / 6\sigma$
Cpk o Ppk	El proceso no está centrado en los límites de especificación, pero está contenido en ellos	Es el cociente entre la amplitud permitida y la amplitud natural, teniendo en cuenta la media del proceso respecto al punto medio de ambas límites de especificación	$\text{Min}\{ (LES - \mu)/3\sigma, (\mu - LEI)/3\sigma \}$
CPU o PPU	El proceso sólo tiene un límite de especificación superior		$(LES - \mu) / 3\sigma$
CPL o PPL	El proceso sólo tiene un límite de especificación inferior		$(\mu - LEI) / 3\sigma$

Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

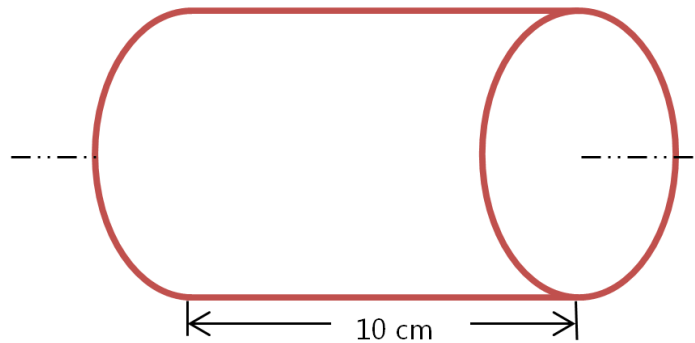
Figura 50. Aclaratorio de términos usados en la estadística SIX SIGMA



Fuente: Autores del proyecto

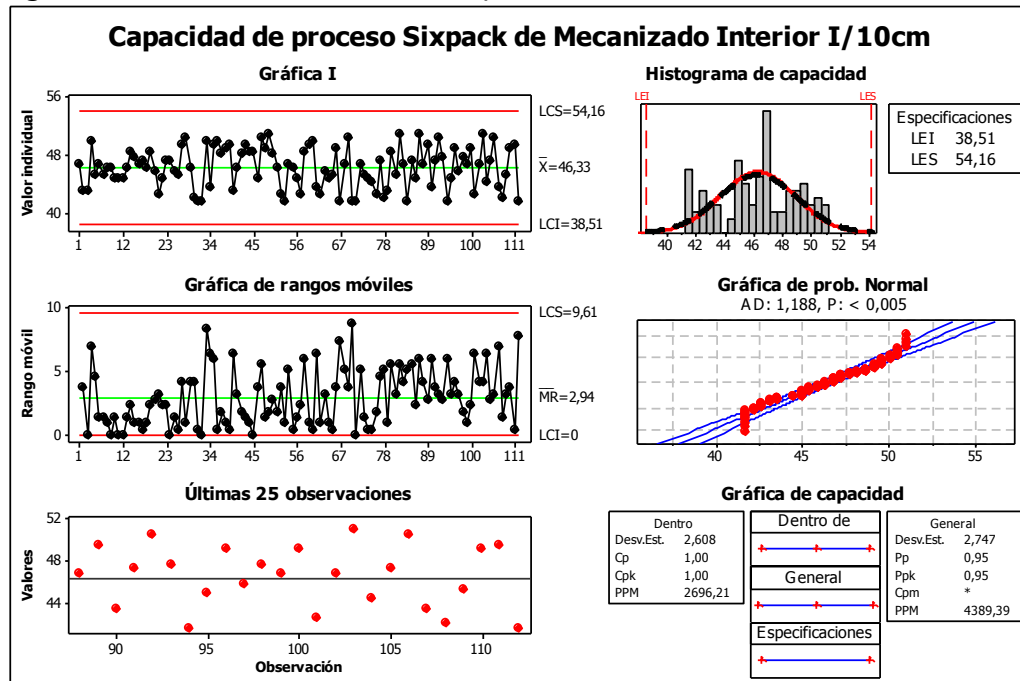
5.9.3 Estadística de los tiempos para la fabricación de Camisas Secas. Para la toma de tiempos de mecanizado en camisas secas se optó por tomar el tiempo de mecanizado de una camisa promedio en tamaño (4050x6 5/16), esto justificado en el hecho que los parámetros de corte (rpm , a_p y f_n) varían muy poco entre camisas secas. La longitud de la camisa si es muy variable y los tiempos de mecanizado son muy sensibles a esta longitud, por ello se optó por ajustar los tiempos que se emplea en mecanizar 10cm longitudinales de la camisa (ver figura 51). Los datos de tiempos de mecanizado tomados en segundos están en el Anexo E.

Figura 51. Longitud para la cual se validaron los tiempos de camisas secas



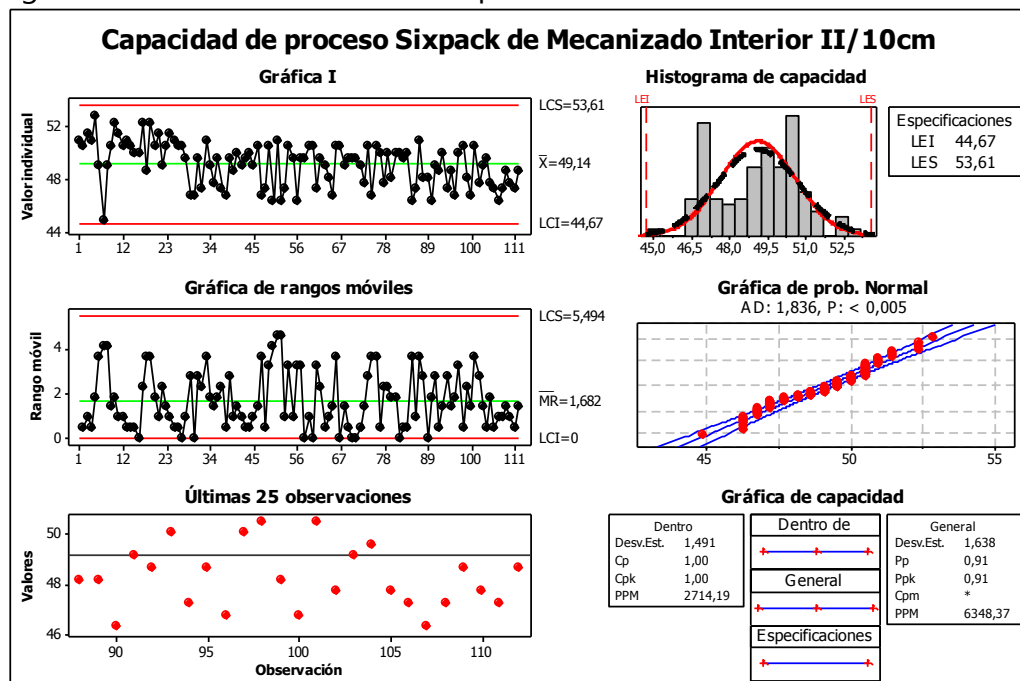
Fuente: Autores del proyecto

Figura 52. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior I Camisa Seca



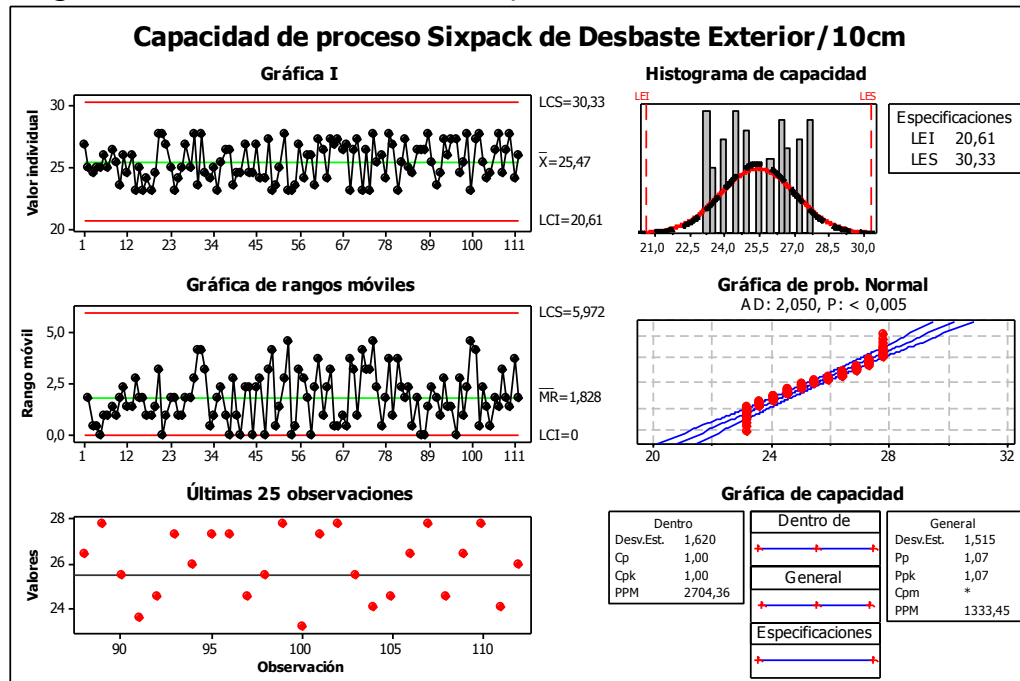
Fuente: Autores del proyecto

Figura 53. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior II Camisa Seca



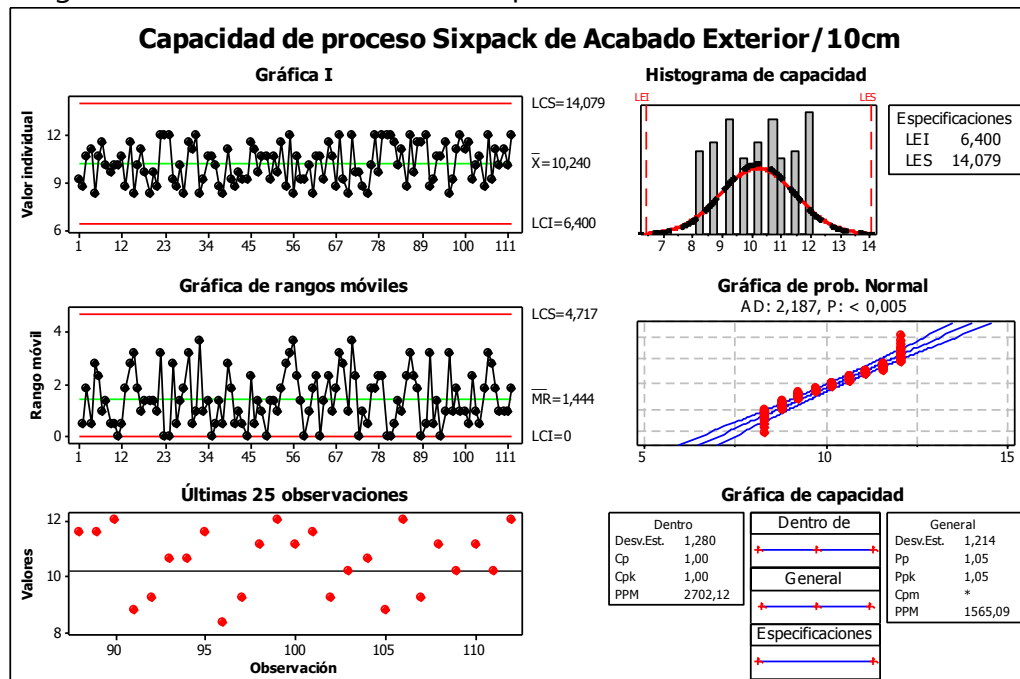
Fuente: Autores del proyecto

Figura 54. Resultados estadísticos para Desbaste Exterior Camisa Seca



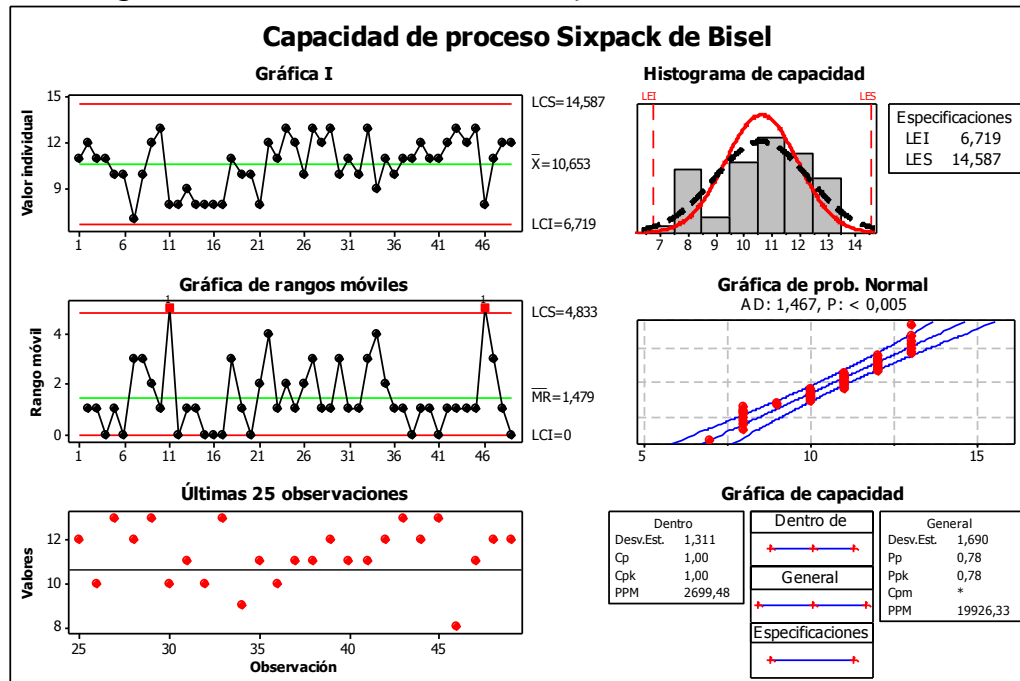
Fuente: Autores del proyecto

Figura 55. Resultados estadísticos para Acabado Exterior Camisa Seca



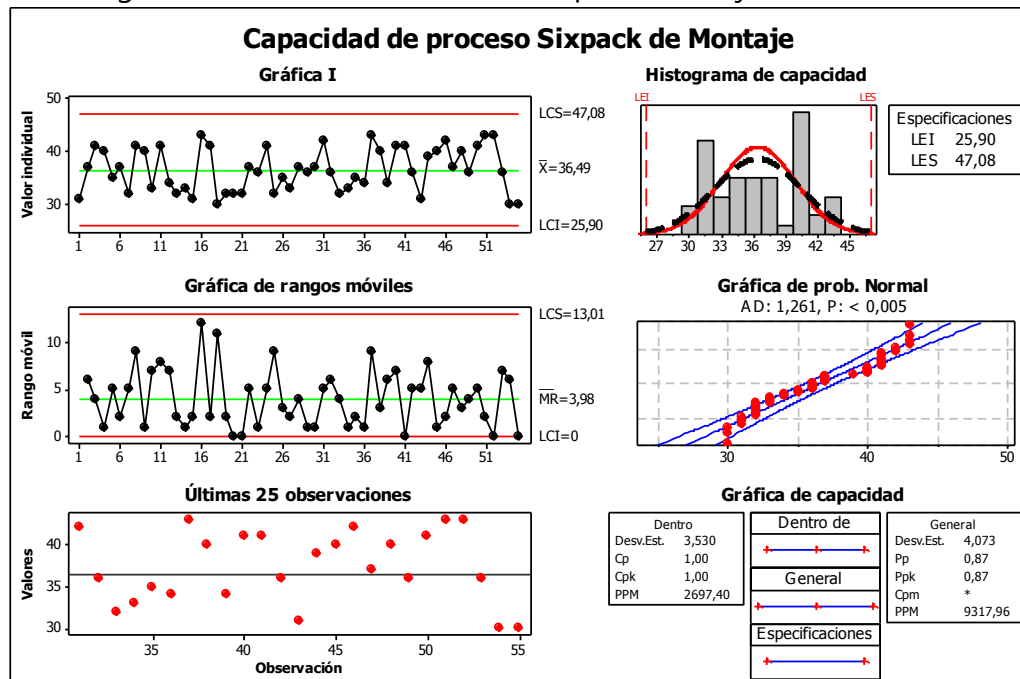
Fuente: Autores del proyecto

Figura 56. Resultados estadísticos para Biselado Camisa Seca



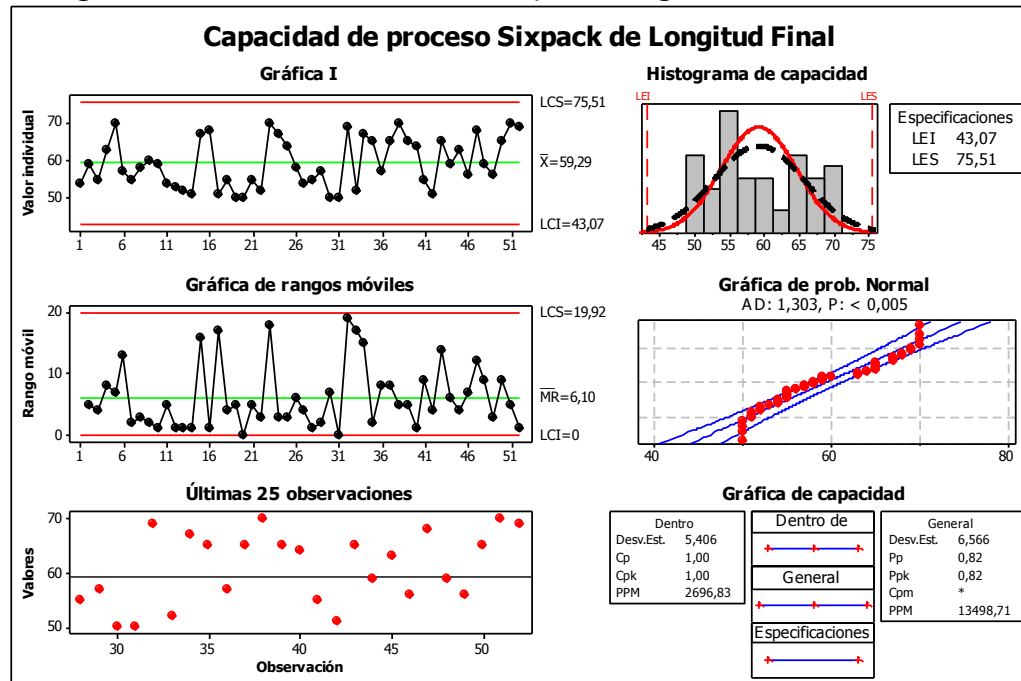
Fuente: Autores del proyecto

Figura 57. Resultados estadísticos para Montaje Camisa Seca



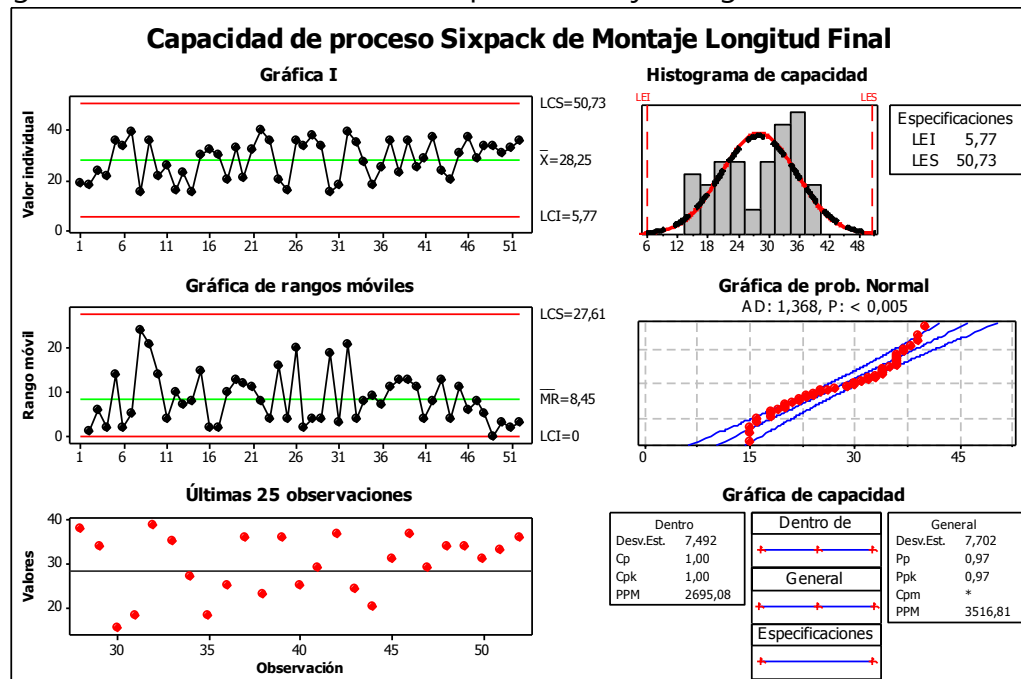
Fuente: Autores del proyecto

Figura 58. Resultados estadísticos para Longitud Final Camisa Seca



Fuente: Autores del proyecto

Figura 59. Resultados estadísticos para Montaje Longitud Final Camisa Seca



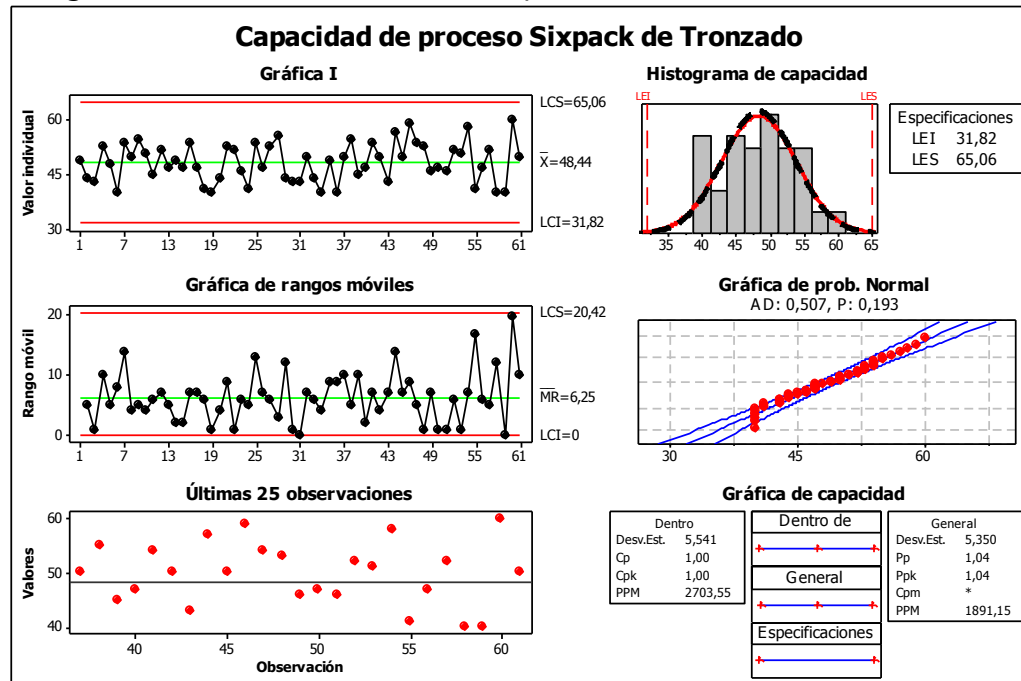
Fuente: Autores del proyecto

Tabla 14. Resumen Camisa Seca

	<i>LEI</i>	\bar{X}	<i>LES</i>	σ
Tronzado	31,82	48,44	65,06	5,54
Mecanizado Interior I	30,51	46,33	54,16	2,6
Mecanizado Interior II	44,67	49,14	53,61	1,49
Longitud Final	5,77	28,25	50,73	7,49
Desbaste Exterior	20,61	25,47	30,33	1,62
Acabado Exterior	6,4	10,24	14,1	1,28
Bisel	6,72	10,7	14,6	1,31
Montaje	25,9	36,49	47,08	3,53
Total		$\sum \bar{X}$ = 255,06		$\sigma =$ $= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$ = 10,69

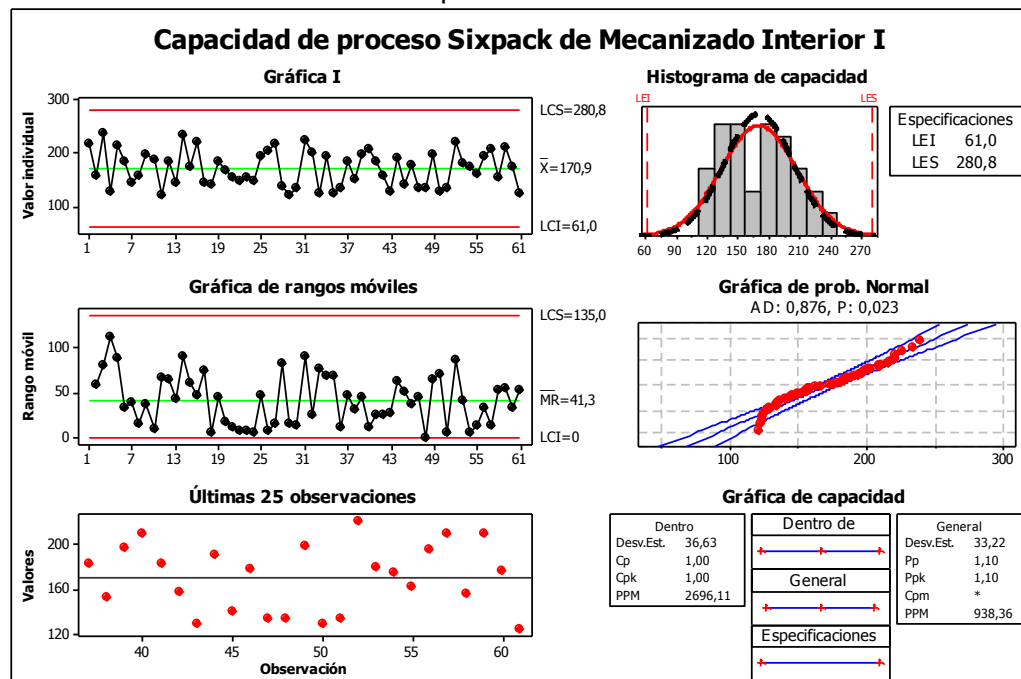
5.9.4 Estadística para los tiempos de fabricación de camisas Renault. A continuación se referencian los resultados de tiempos que se tomaron para mecanizar una camisa Renault.

Figura 60. Resultados estadísticos para Tronzado de Camisa Renault



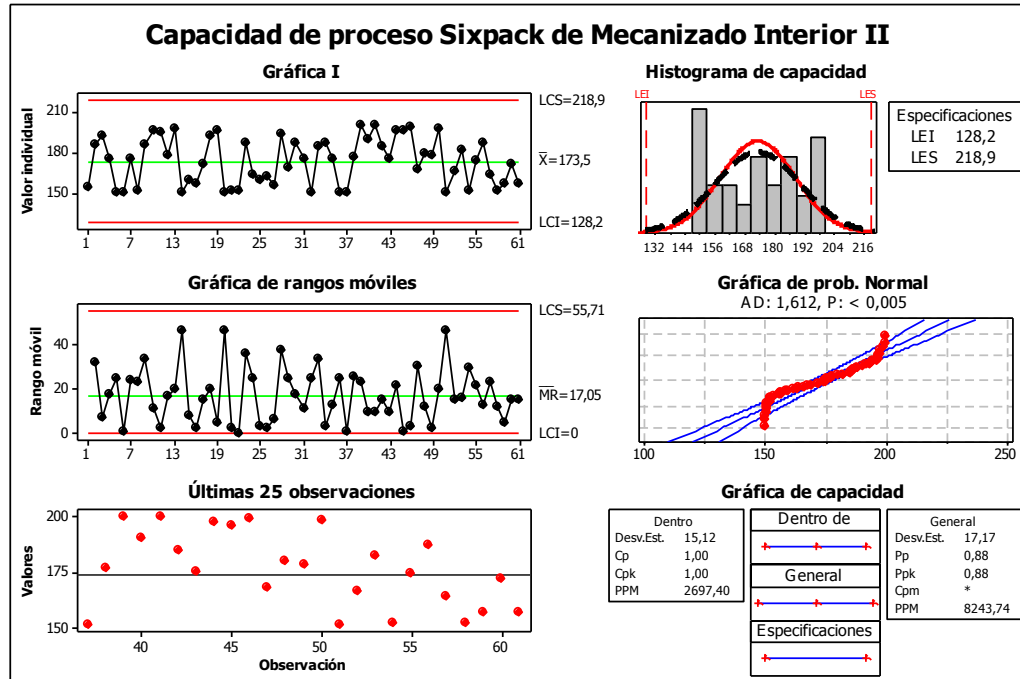
Fuente: Autores del proyecto

Figura 61. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior I de Camisa Renault



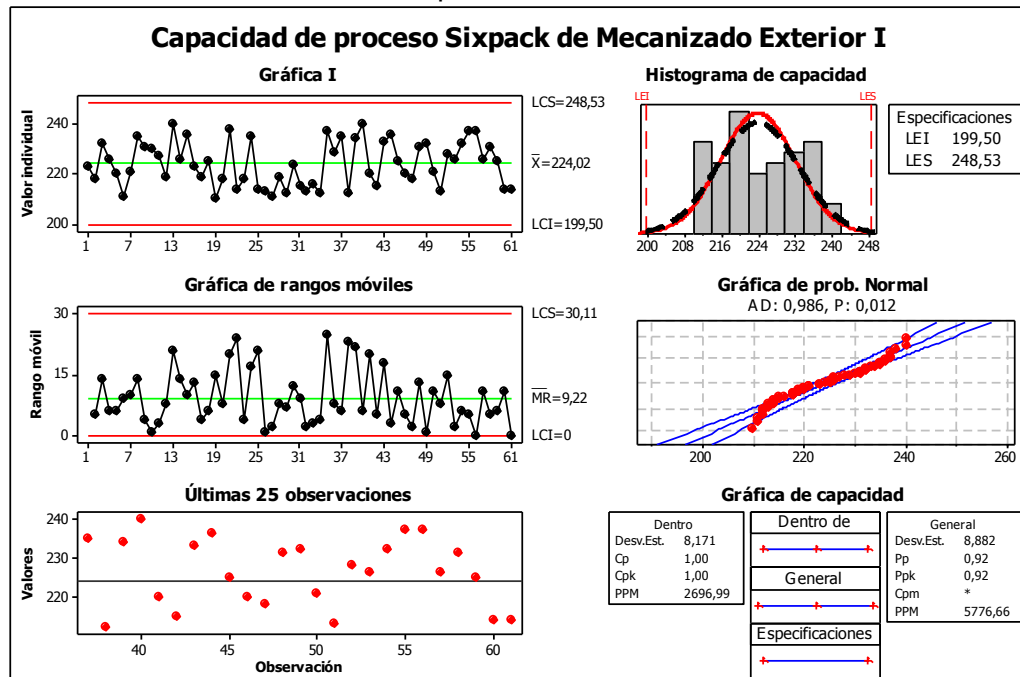
Fuente: Autores del proyecto

Figura 62. Resultados estadísticos para Mecanizado Interior II de Camisa Renault



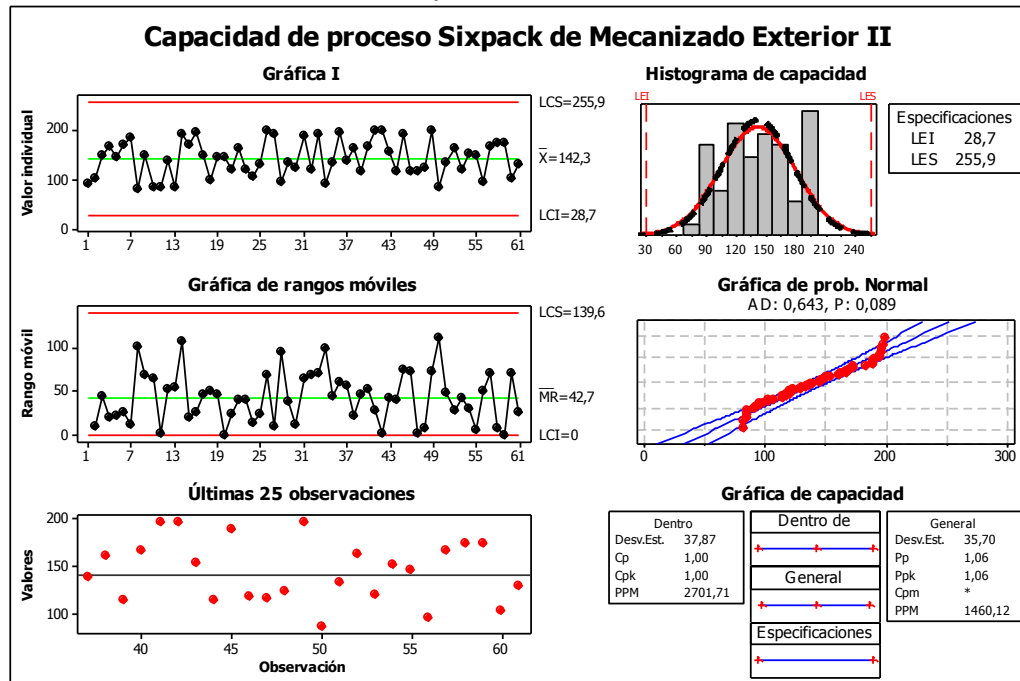
Fuente: Autores del proyecto

Figura 63. Resultados estadísticos para Mecanizado Exterior I de Camisa Renault



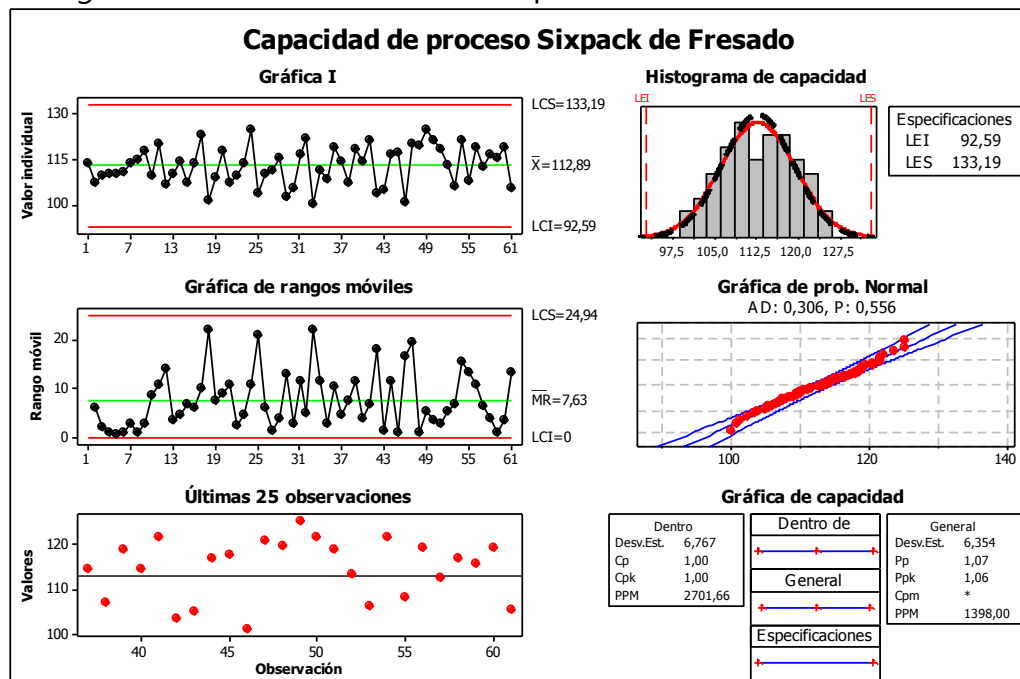
Fuente: Autores del proyecto

Figura 64. Resultados estadísticos para Mecanizado Exterior II de Camisa Renault



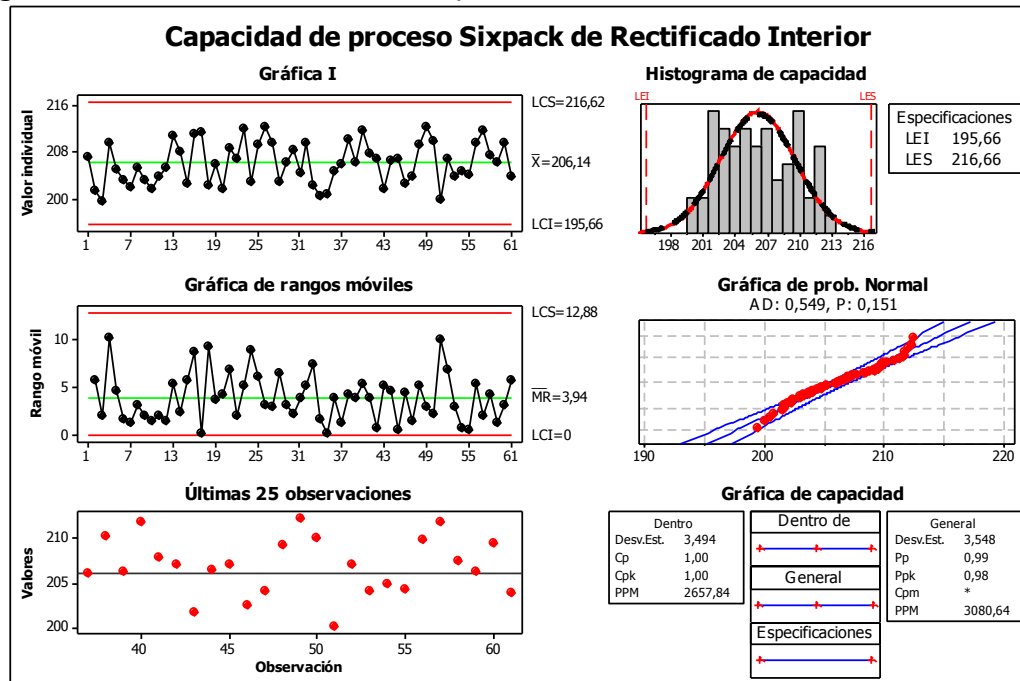
Fuente: Autores del proyecto

Figura 65. Resultados estadísticos para Fresado de Camisa Renault



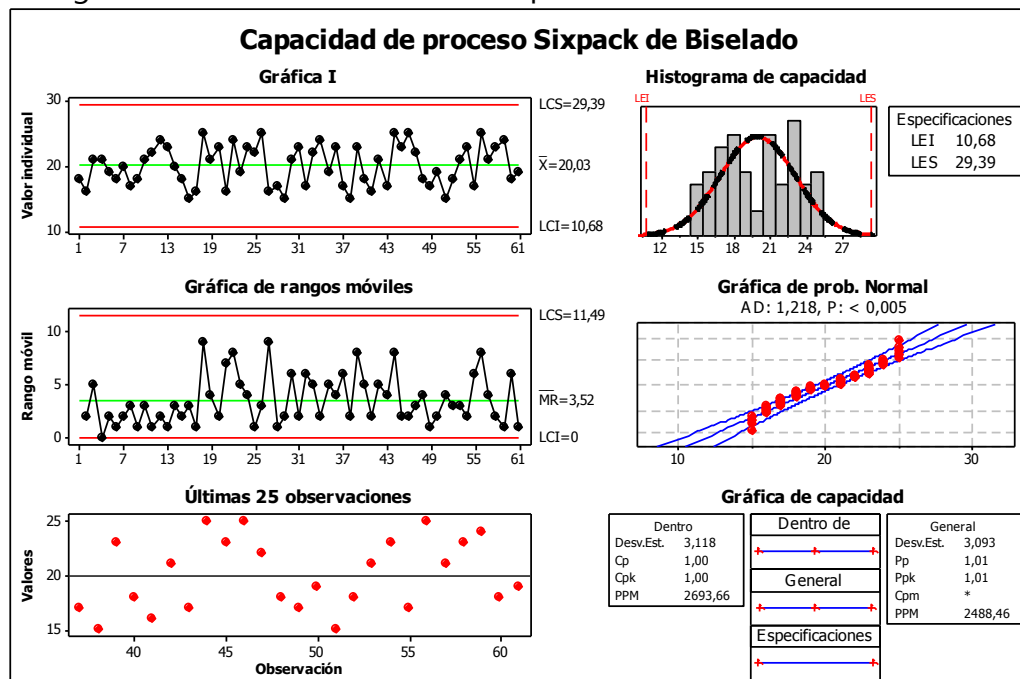
Fuente: Autores del proyecto

Figura 66. Resultados estadísticos para Rectificado Interior de Camisa Renault



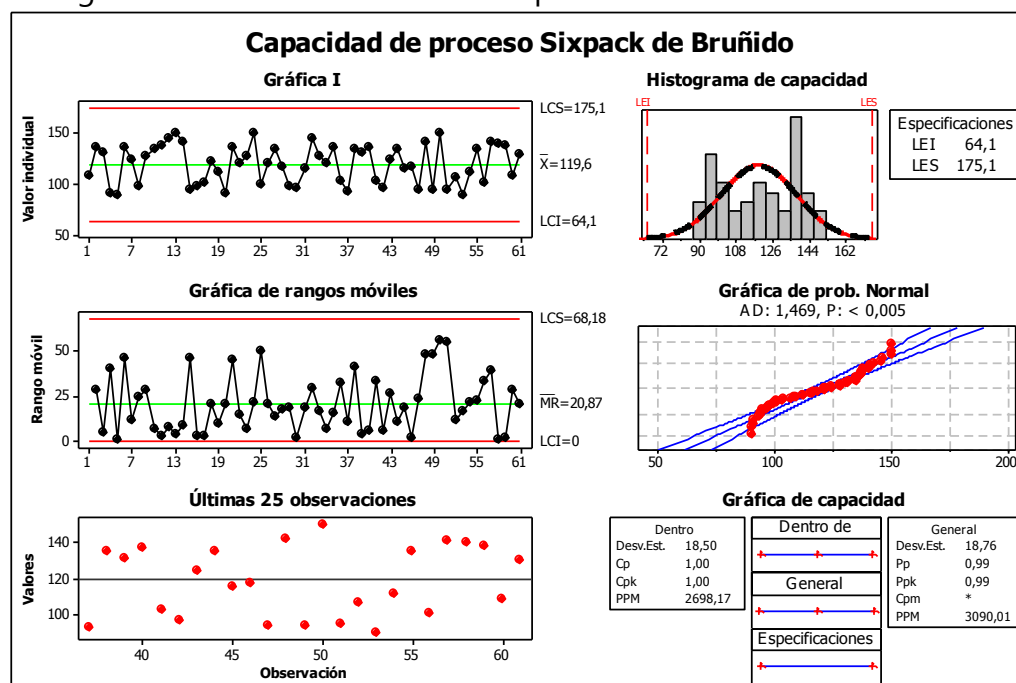
Fuente: Autores del proyecto

Figura 67. Resultados estadísticos para Biselado de Camisa Renault



Fuente: Autores del proyecto

Figura 68. Resultados estadísticos para Bruñido de Camisa Renault



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 15. Resumen Camisa Renault

	<i>LEI</i>	\bar{X}	<i>LES</i>	σ
Tronzado	31,82	48,44	65,06	5,54
Mecanizado Interior I	61	170,9	280,8	36,63
Mecanizado Interior II	128,2	173,5	218,9	15,12
Mecanizado Exterior I	199,5	224,02	248,53	8,17
Mecanizado Exterior II	28,7	142,3	255,9	37,87
Fresado	92,59	112,89	133,19	6,77
Rectificado Interior	195,66	206,14	216,62	3,49
Biselado	10,68	20,03	29,39	3,12
Bruñido	64,1	119,6	175,1	18,5

Total

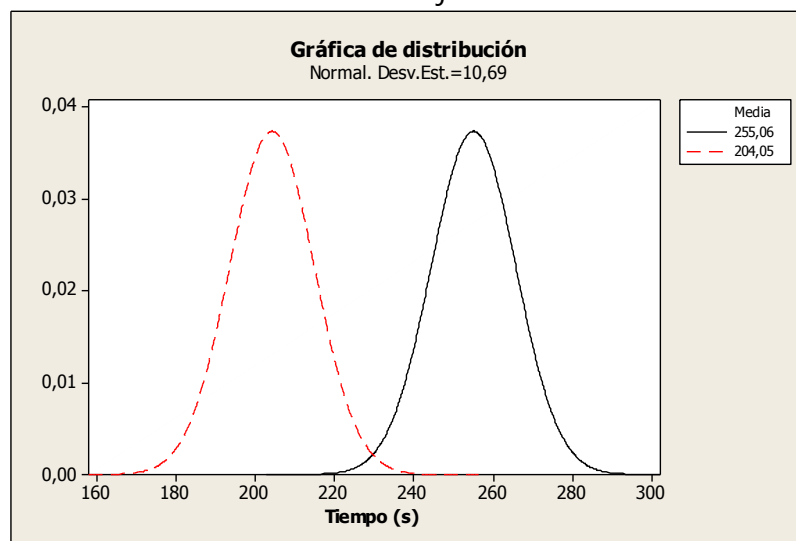
$$\sum \bar{X} \\ = 1217,82$$

$$\sigma = \\ = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \\ = 59,26$$

5.9.5 Propuesta para tiempos de mecanizado. La idea principal de metodología Seis Sigma es reducir la distancia entre los límites de control (reducir la variabilidad del proceso), en este primer intento se optó por un amplio margen (3σ), lanzarse a una especificación Seis Sigma en este momento sería imposible. En vez de eso Industrias Lavco, debe concentrarse en hacer procesos menos variables (en tiempo) y reducir ostensiblemente cada Tiempo promedio (media). Como sugerencia se pueden reducir en un 20%.

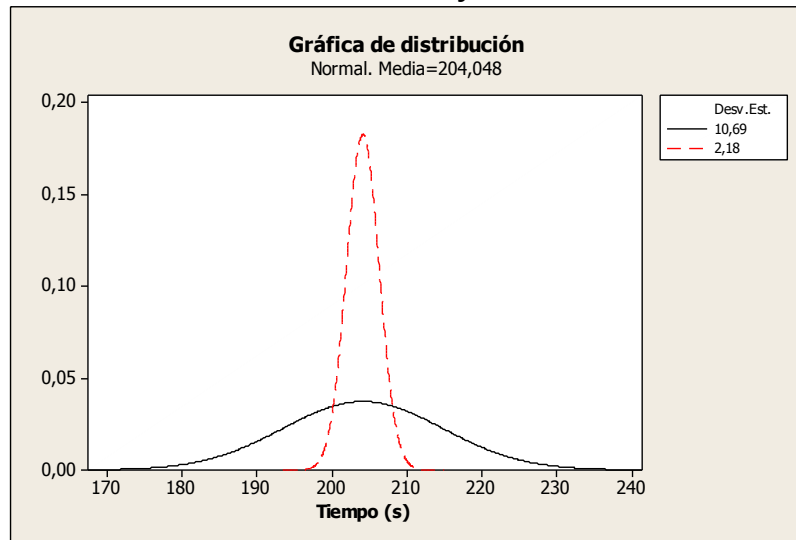
En las figuras 69 y 71 se observa para las líneas de fabricación de camisas secas y camisas Renault (respectivamente) la mejora si cada proceso redujera sus tiempos de mecanizado en un 20% y en las figuras 70 y 72 si además este proceso fuese Seis Sigma.

Figura 69. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Secas mejorara un 20%



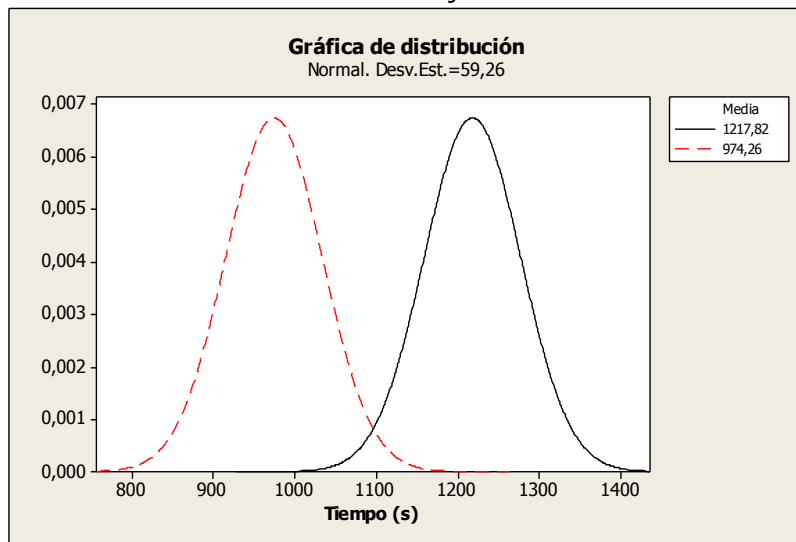
Fuente: Autores del proyecto

Figura 70. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Secas además de mejorar un 20% fuese 6σ



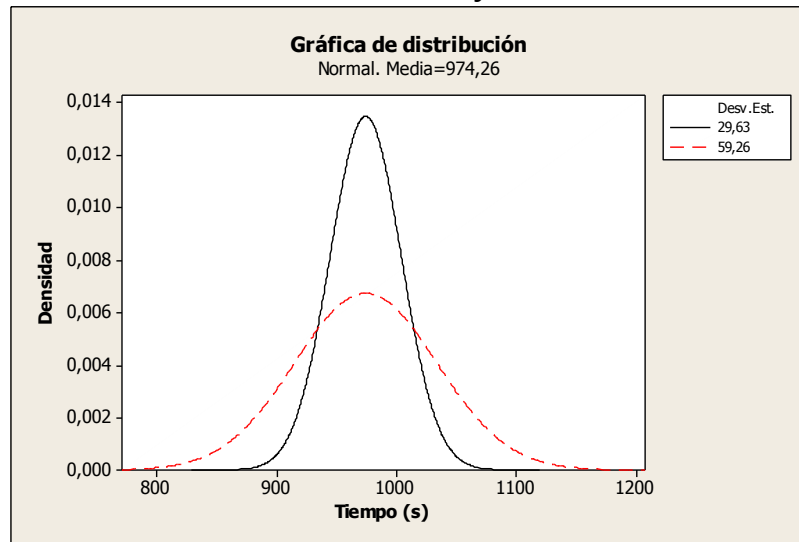
Fuente: Autores del proyecto

Figura 71. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Renault mejorara un 20%



Fuente: Autores del proyecto

Figura 72. Comparación entre distribuciones si el proceso total de fabricación de Camisas Renault además de mejorar un 20% fuese 6σ



Fuente: Autores del proyecto

6. DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO EN LAVCO LTDA

La industria metalmecánica en Colombia representa un gran flujo de divisas. Lavco Ltda. ha sido durante estos años partícipe de ése grupo de empresas protagonistas de la incursión de nuestro país en nuevos mercados, ofreciendo productos de alta calidad a un precio muy competitivo.

El deseo de incrementar la producción en el departamento de mecanizado conlleva a mejorar ésa estructura organizacional interna de los procesos, procedimientos y formas de ejecutar los trabajos tanto en el área de mecanizado como la estrategia planteada por la empresa de mantenimiento contratada hoy en día por Outsourcing, lo cual estaría enfocada en respuestas más rápidas y eficientes en el mantenimiento de los equipos, la inclusión de campañas de mantenimiento y la necesidad primordial de crear un plan de mantenimiento preventivo adecuado para responder a los nuevos estándares de calidad exigidos por los clientes.

En la situación actual, Lavco Ltda. no puede seguir dándose el lujo de retrasar los tiempos de entrega ya que es un factor primordial en éste negocio, afortunadamente el precio competitivo de los productos producidos ha permitido que el cliente se familiarice con las demoras, hay que recordar que se está en un nuevo mercado en el cual día a día incursionan nuevas empresas las cuales pueden formar parte de la competencia y en un momento dado ganar la partida de un mercado de tantos contrastes.

Tabla 16. Porcentajes de Indicadores de Mantenimiento

INDICADOR	DESEMPEÑO		
	Superior	Normal	Bajo
Confiabilidad de Equipos	Más de 99,5%	Entre 99% y 99,5%	Menos de 99%
Disponibilidad Programada en Planta	Más de 99,5%	Entre 99% y 99,5%	Menos de 99%
Gestión del gasto del proceso de Mtto	Menos de 6%	Entre 6% y 8%	Mas de 8%

Fuente: Industrias Lavco Ltda

De la tabla 16 se destacan los porcentajes que se utilizan en la empresa como criterio para determinar el grado para el desempeño de los equipos referentes a la disponibilidad, confiabilidad y gestión de gasto en el proceso de mantenimiento.

Figura 73. Disponibilidad en Planta durante el primer periodo de 2010

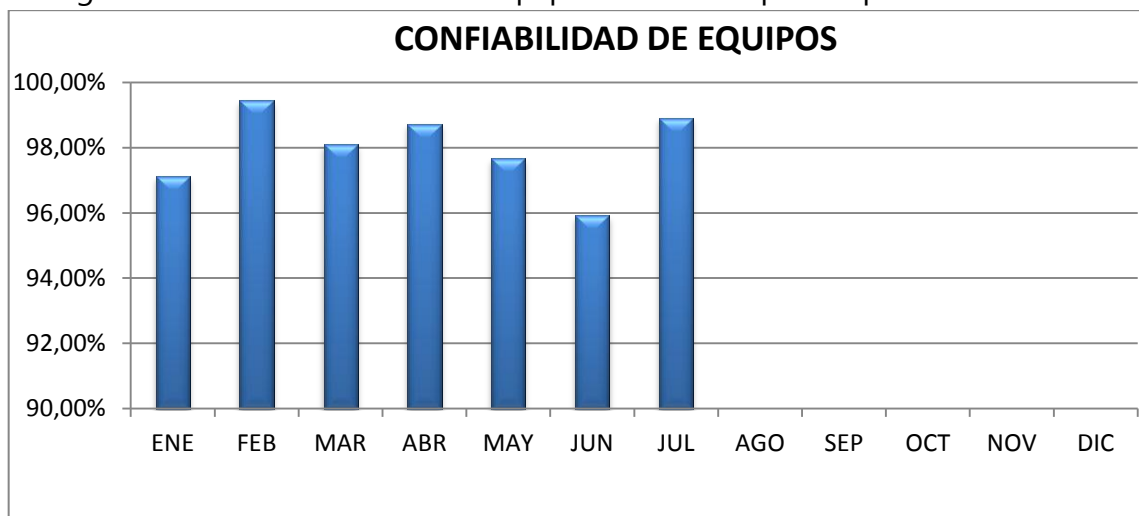


Fuente: Industrias Lavco Ltda

De la figura 73 se observa que dentro de los porcentajes estándar establecidos por Industrias Lavco Ltda. la disponibilidad de los equipos se encuentra dentro de un rango adecuado el cual permite que el equipo pueda ser aprovechado para el cumplimiento de sus tareas.

A partir de esos porcentajes se evalúa el comportamiento de la confiabilidad de los equipos mediante la Figura 74.

Figura 74. Confiabilidad de los equipos durante el primer periodo de 2010

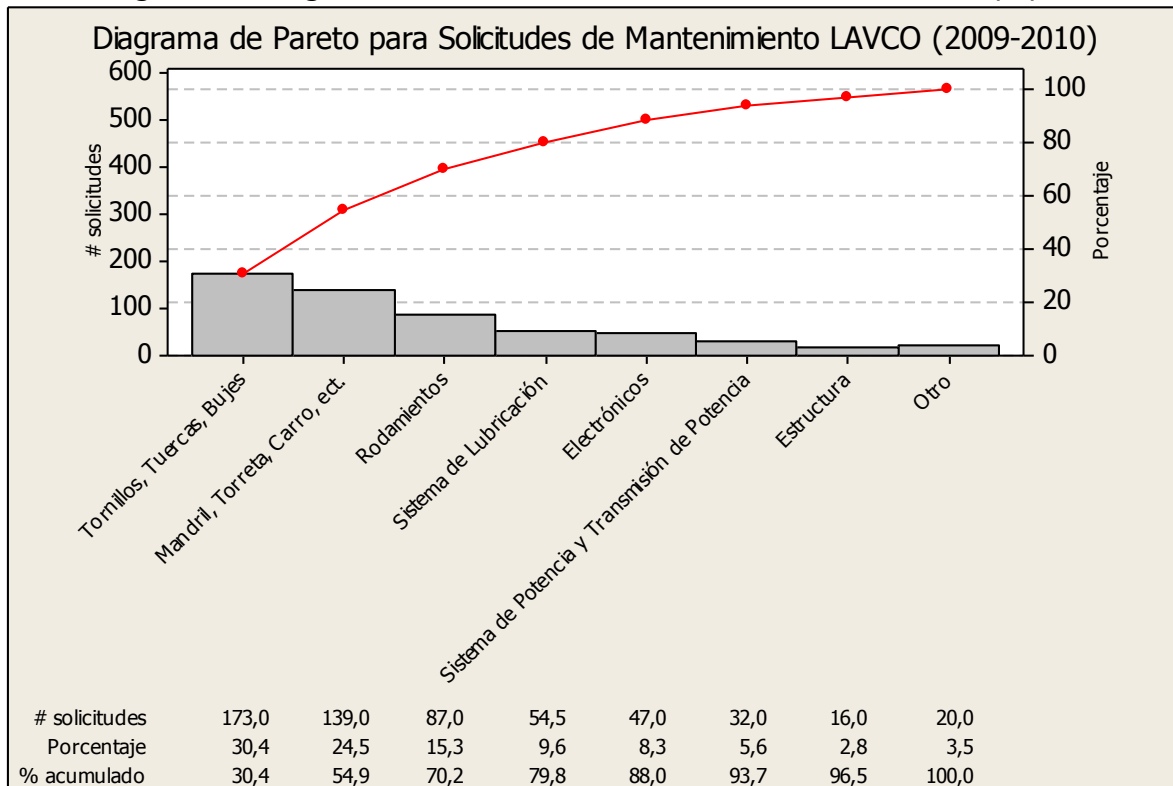


Fuente: Industrias Lavco Ltda

Referente a un factor tan importante como lo es la confiabilidad de los equipos, se observa que a pesar de tener un nivel elevado de Disponibilidad, la probabilidad de fallas se incrementa, lo que hace que la confiabilidad de los equipos disminuya.

Con el fin de descubrir las causas principales que originan ésta disminución en la confiabilidad de los equipos del departamento de mecanizado, se procedió a utilizar un diagrama de Pareto (ver figura 75) cuyo objetivo principal es encontrar las fallas más comunes y asociarlas a esos problemas.

Figura 75. Diagrama de Pareto de fallas más comunes en los equipos



Fuente: Industrias Lavco Ltda y Autores del proyecto

Un análisis detallado de los resultados del diagrama de Pareto, se observa que las fallas más comunes se encuentran en detalles sencillos como lo son el reemplazo de elementos como tuercas, tornillos y bujes del equipo. Seguido por solicitudes de mantenimiento referentes al mandril y la torreta del sistema.

En los elementos anteriores es de notar que el mantenimiento correctivo es el protagonista dentro de la situación actual en el departamento de mecanizado, situación que es indeseable para la empresa ya que afecta directamente la filosofía de trabajos planeados.

La planeación del mantenimiento debe tener absoluto control de las actividades a realizar en los equipos, las cuales deben estar dirigidas idealmente a un mantenimiento preventivo y no como sucede actualmente que todas están

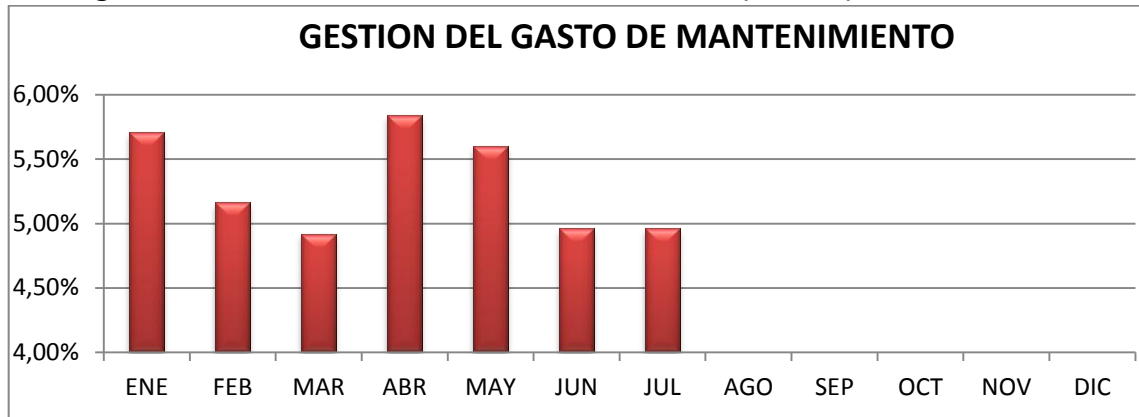
estrictamente relacionadas con un mantenimiento correctivo, el cual ha ocasionado pérdidas de tiempo, re-trabajos, incremento en los costos y una caída enorme en la confiabilidad de los equipos perjudicando el proceso productivo de la empresa.

La inexistencia de un plan de mantenimiento y la ausencia de una oficina encargada de la planeación del mismo, realizando evaluaciones de confiabilidad de los equipos, produciendo las recomendaciones de reemplazo en los programas de mejoramiento, tendientes a reducir las paradas y los costos de mantenimiento, además encargada como puente de comunicación entre la empresa de mantenimiento por Outsourcing e Industrias Lavco Ltda. impidiendo la disminución de los trabajos correctivos.

La empresa de mantenimiento puede contar con las herramientas, equipos necesarios para realizar sus tareas y técnicos capacitados con amplios conocimientos, pero si no existe una programación de trabajos, todos esos esfuerzos por mantener indicadores como; disponibilidad, confiabilidad, se convertirán en un gran esfuerzo perdido lo cual origina deficiencias en los volúmenes de producción diaria por equipo, problema que refleja la situación actual del departamento de mecanizado.

A partir de la figura 76 en la cual se pretende dar una idea de los costos de mantenimiento del primer semestre de 2010, permite observar la variabilidad existente en cuanto a los costos de mantenimiento de los equipos. Estos están relacionados porcentualmente con el gasto total que Industrias Lavco Ltda. hace mensualmente, entre esos gastos están los servicios públicos, sueldos, etc..

Figura 76. Costos de Mantenimiento durante el primer periodo de 2010



Fuente: Industrias Lacvo Ltda

Si existe tiempo y conocimientos para reparar las fallas que se presentan en el proceso de producción, ¿Por qué no dedicar los recursos suficientes en evitar que estos problemas ocurran? Son cuestiones que la junta administrativa debería programarse a responder. Invertir recursos en confiabilidad se justifica mucho más que la inversión en reparar.

La creación de una cultura en la que se comprenda que la confiabilidad, la seguridad, la responsabilidad, el sentido de pertenencia, conciencia de costos y muchos otros elementos deberían ser analizados para obtener una mayor rentabilidad de la empresa.

La optimización en la gestión de mantenimiento planteada como una gran oportunidad de mejora permite analizar lo que se deja de producir por culpa de las fallas no detectadas y repetitivas, mencionada tarea requiere la participación del personal encargado de tomar decisiones proactivas necesarias para disminuir a un mínimo nivel la probabilidad de ocurrencia, todo esto forma parte de la responsabilidad del personal encargado de la operación y mantenimiento de los equipos de trabajo.

Es importante destacar que cada equipo no posee un montaje adecuado que permita un sistema de producción masivo, el producto fabricado posee una geometría muy sencilla del cual brindaría nociones para el diseño de elementos de sujeción que permitan un trabajo más rápido y eficiente que el actual. Los parámetros observados sugieren que los actuales equipos desarrollan su tarea de forma eficiente y es posible que por medio del cambio de filosofías de trabajo se permita el incremento de la producción sustancialmente, aunque los verdaderos resultados de esos planteamientos se brindarían en la práctica, pero ésta es una limitante ya que todo ejercicio de implementación se encuentra fuera de los objetivos específicos planteados en éste proyecto de grado.

Sugerir la implementación de nuevos equipos, es una tarea de peso, pero antes de realizar cualquier tipo de fuerte inversión, primero se necesita incursionar en un cambio de mentalidad de trabajo y de ahí inmediatamente evaluar los resultados, los cuales muy probablemente representen grandes beneficios para el departamento de mecanizado.

6.1 PROPUESTA DE INSERTOS PARA MECANIZAR CAMISAS SECAS Y CAMISAS RENAULT.

Se estudiaron diferentes herramientas de corte y se efectuó una selección para las operaciones básica de torneado en seco con el uso de insertos de Sandvik.

En la actualidad los procesos de mecanizado han tenido un gran avance en cuanto al desarrollo de tecnología, esto se debe a la aparición de nuevos materiales para herramientas de corte, los cuales presentan mejores propiedades al desgaste, mejor resistencia al corte, una mayor dureza, además de que ha habido innovaciones en cuanto a recubrimientos. En el torneado convencional, se deben de controlar diversos parámetros, como son la velocidad de corte, la profundidad

con la cual se va a maquinar y el avance que será aplicado a la herramienta de corte.

En el proceso de torneado se pueden utilizar diversos tipos de herramientas de corte, las llamadas integrales son hechas en forma redonda, cuadrada o rectangular, el cual tendrá cierto ángulo, que a su vez será el ángulo de incidencia a la hora de tornear algún sólido de revolución.

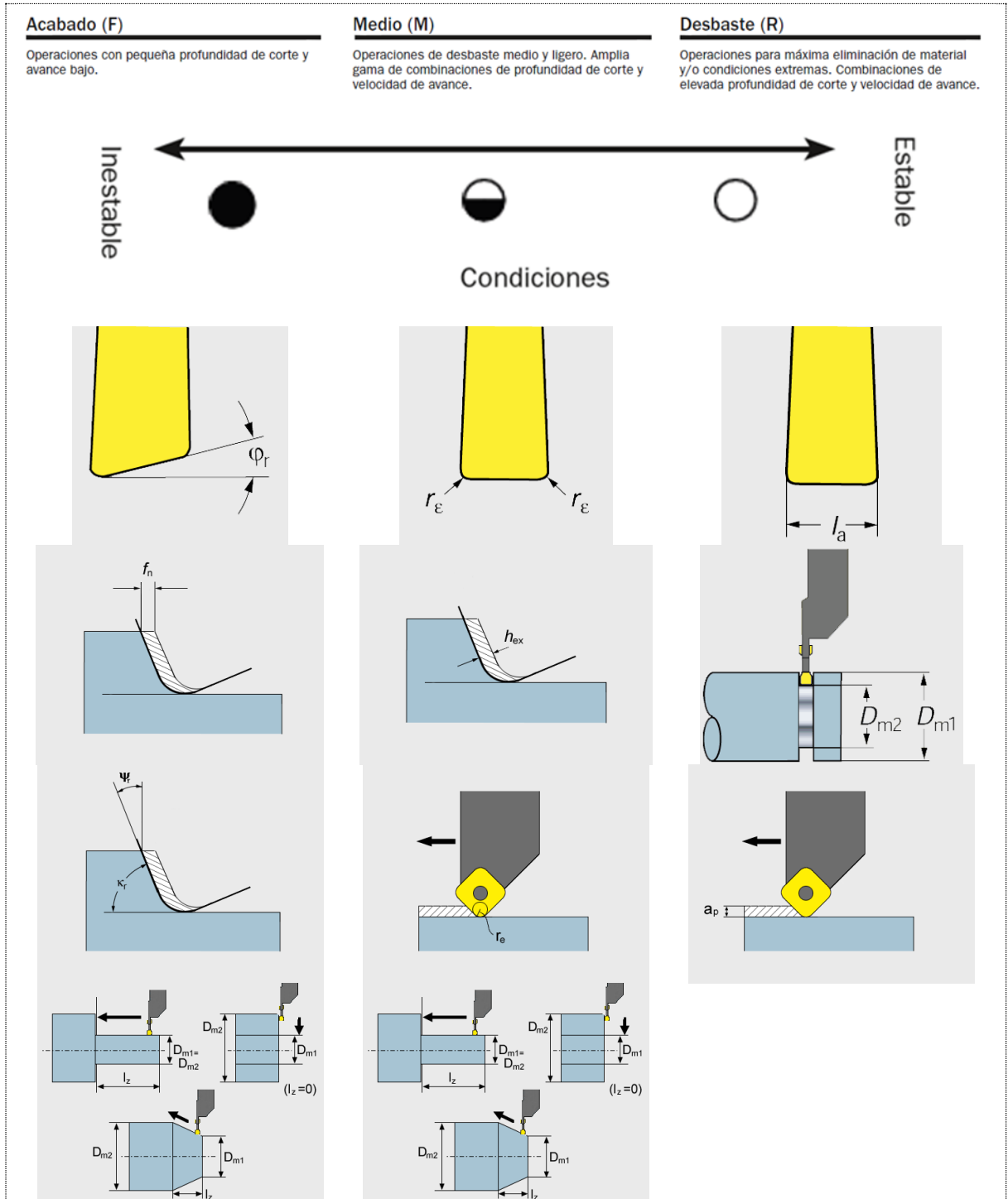
Las herramientas integrales tienen diversas formas, con las cuales se podrán realizar diversas operaciones de torneado como son: cilindrado, biselado, roscado, refrentado, tronzado, redondeos, etc.

Para llevar a cabo cualquier operación de torneado es indispensable, establecer que existe operación de desbaste y acabado para una pieza, en el desbaste se pretende quitar el material en grandes cantidades, darle una preforma a la pieza que se desee maquinar, en cuanto al acabado, se pretende eliminar las pequeñas cantidades de material que resulta del desbaste para poder obtener las dimensiones finales de la pieza.

La maquinabilidad es la facilidad con la que una pieza es formada con una herramienta de corte o la facilidad relativa de corte de un determinado material, en el caso de caso Industrias Lavco Ltda. las camisas son hechas de fundición gris que es un material de alta maquinabilidad.

La Selección de los insertos se realizó para fundición gris, clasificación Sandvik CMC 08.1, conforme a todas las necesidades que se plantearon, además que se contó con la ayuda de Sandvik para elegir correctamente la herramienta de corte y parámetros de corte para el torneado en seco.

Figura 77. Glosario de términos para insertos Sandvik



Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.1.1 Herramienta para Tronzado – R123J2-0500-0502-CM 4125. En la selección del inserto para tronzar se tuvo en cuenta:

- Avance medio
- Ancho del inserto (menor consumo de potencia)
- Doble filo
- Precisión baja (menor costo)

Figura 78. Herramienta de corte para tronzado

Producto R123J2-0500-0502-CM 4125 Cerrar

Seleccione tipo de información Dibujo de catálogo

Recomendación datos de corte R123J2-0500-0502-CM 4125
 Dibujo de catálogo R123J2-0500-0502-CM 4125

Parámetro	Valor
Weight	0.0077
Insert_Size	J
ar_max	24.1
l1	24.8
la	5
re	0.2

ISO
PMKNSH

K $F_{nx} = 0.14 \text{ mm/r (0.06-0.27)}$
 $0.005 \text{ in/r (0.002-0.011)}$

M $V_c = 85 \text{ m/min (135-55)}$
 $270 \text{ sfm (440-190)}$

Material de la pieza		Recomendación datos de corte	
Estándar nacional	CMC	Velocidad de corte (vc):	75 m/min
Denominación	08.1	Velocidad del husillo (n):	217 - 265 rpm
Calidad/geometría de plaquita	H13A	Potencia neta (Pc):	1.7 kW
Parámetros (elegir fn, hex o hm)		Rendimiento de arranque de la viruta (Q):	60 cm ³ /min
Ángulo frontal (a):	7 °	Tiempo por pasada (Tc):	0.42 min
Radio de punta (re):	0.2 mm		
Anchura de la plaquita (la):	8 mm		
Avance (fn):	0.10 mm/r		
Espesor máximo de la viruta (hex):	0.10 mm		
Espesor medio de viruta (hm):	0.10 mm		
Diámetros mecanizados (Dm1,Dm2):	110 90 mm		
Velocidad máxima del husillo (n_max):	300 rpm		

Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.1.2 Herramienta para Mecanizado Desbaste Exterior - Camisa Seca – RCKT 16 06 MO 6190. En la selección del inserto para desbaste exterior se tuvo en cuenta:

- Avance medio
- Multifilo (4 fillos)

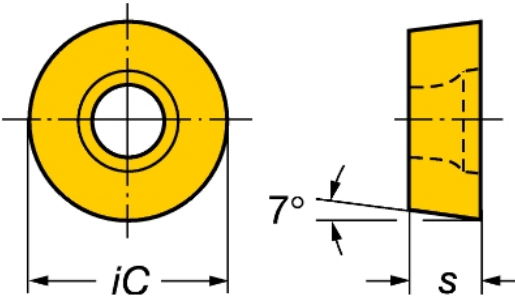
- Precisión baja (menor costo)
- Gran durabilidad

Figura 79. Herramienta de corte para Desbaste Exterior – Camisa Seca

Producto RCKT 16 06 MO 6190 Cerrar RCKT 16 06 MO 6190
 Seleccione tipo de información Dibujo de catálogo RCKT 16 06 MO 6190

Recomendación datos de corte Dibujo de catálogo

Parámetro	Valor
Weight	0.005
Insert_Size	16
iC	16
s	6.35



ISO
PMKNSH
K $f_z = 0.21 \text{ mm (0.1-0.42)}$
M $0.008 \text{ in (0.004-0.017)}$
 $V_c = 1310 \text{ m/min (1340-1225)}$
 $4300 \text{ sfm (4395-4025)}$

Material de la pieza	Recomendación datos de corte
Estándar nacional CMC	Velocidad de corte (vc): 346 - 363 m/min
Denominación 08.1	Velocidad del husillo (n): 1100 rpm
Dureza 180 HB	Rendimiento de arranque de la viruta (Q): 177 cm ³ /min
Calidad/geometría de plaquita 6190	Tiempo por pasada (Tc): 0.91 min
Parámetros (elegir fn, hex o hm)	Potencia neta (Pc): 5.4 kW
Diámetro de la plaquita (d=iC): 16 mm	Altura de perfil máxima (Rt): 0.6 µm
Avance (fn): 0.20 mm/r	Desbaste medio (Ra): 0.15 µm
Espesor máximo de la viruta (hex): 0.15 mm	Desbaste medio (Rq,RMS): 0.17 µm
Espesor medio de viruta (hm): 0.08 mm	
Profundidad de corte (ap): 2.5 mm	
Diámetros mecanizados (Dm1,Dm2): 100 105 mm	
Longitud de corte axial (lz): 200 mm	
RPM máx.: 1100	
Vida de la herramienta:	
Nº de pasadas (nap): 1	

Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.1.3 Herramienta para Mecanizado Exterior Acabado - Camisa Seca – DCMW 11 T3 04 H13A. En la selección del inserto para acabado exterior se tuvo en cuenta:

- Avance alto
- Multifilo (2 fillos)
- Precisión media (menor costo)
- Altas rpm

Figura 80. Herramienta para Mecanizado Exterior Acabado - Camisa Seca

DCMW 11 T3 04 H13A
DCMW 3(2.5)1 H13A

Producto DCMW 11 T3 04 H13A Cerrar

Seleccione tipo de información Dibujo de catálogo

Recomendación datos de corte
Dibujo de catálogo

Parámetro	Valor
Weight	0.0047
Insert_Size	11
l	11
s	3.96875
iC	9.525
re	0.4

ISO
PMKNSH
K $ap = 1.9 \text{ mm } (0-3.9)$
 $0.075 \text{ in } (0-0.152)$
 $fn = 0.2 \text{ mm/r } (0.08-0.28)$
 $0.008 \text{ in/r } (0.003-0.01)$
 $Vc = 0 \text{ m/min } (0-105)$
 $0 \text{ sfm } (0-350)$
M

Material de la pieza		Recomendación datos de corte	
Estándar nacional CMC		Velocidad de corte (vc):	170 m/min
Denominación 08.1		Velocidad del husillo (n):	541 - 515 rpm
Dureza 180 HB		Rendimiento de arranque de la viruta (Q):	75 cm ³ /min
Calidad/geometría de plaquita H13A		Tiempo por pasada (Tc):	1.72 min
Conventional		Potencia neta (Pc):	1.7 kW
Parámetros (elegir fn, hex o hm)		Altura de perfil máxima (Rt):	15.1 μm
Ángulo de posición: (κ _r)	63 °	Desbaste medio (Ra):	3.24 μm
Radio de punta (re):	0.4 mm	Desbaste medio (Rq,RMS):	3.53 μm
Avance (fn):	0.22 mm/r		
Espesor máximo de la viruta (hex):	0.20 mm		
Espesor medio de viruta (hm):	0.18 mm		
Profundidad de corte (ap):	2 mm		
Diámetros mecanizados (Dm1,Dm2):	100 105 mm		
Longitud de corte axial (lz):	200 mm		
RPM máx.:	1000	Vida de la herramienta:	
		Nº de pasadas (nap):	2

Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.1.4 Herramienta para Mecanizado Exterior Desbaste y Acabado – Camisas Renault – CCMT 09 T3 12-KR 3215. En la selección del inserto para desbaste y acabado exterior Renault se tuvo en cuenta:

- Avance medio
- Multifilo (2 fillos)
- Precisión media
- Geometría de la pieza

Figura 81. Herramienta para Mecanizado Exterior Desbaste y Acabado – Camisas Renault

Producto CCMT 09 T3 12-KR 3215 Cerrar
 Seleccione tipo de información Dibujo de catálogo

Recomendación datos de corte Dibujo de catálogo

Parámetro	Valor
Weight	0.0035
Insert_Size	9
l	9
s	3.96875
iC	9.525
re	1.2

CoroKey[®] ISO
PMKNSH
K $a_p = 2 \text{ mm (1.2-4)}$
 $0.079 \text{ in (0.047-0.157)}$
R $f_n = 0.3 \text{ mm/r (0.14-0.42)}$
 $0.012 \text{ in/r (0.008-0.017)}$
 $V_c = 190 \text{ m/min (230-170)}$
 $830 \text{ sfm (745-565)}$

Material de la pieza		Recomendación datos de corte	
Estándar nacional	CMC	Velocidad de corte (vc):	285 m/min
Denominación	08.1	Velocidad del husillo (n):	907 - 864 rpm
Dureza	180 HB	Rendimiento de arranque de la viruta (Q):	214 cm ³ /min
Calidad/geometría de plaquita	3215	Tiempo por pasada (Tc):	0.75 min
	Conventional	Potencia neta (Pc):	4.7 kW
Parámetros (elegir fn, hex o hm)		Altura de perfil máxima (Rt):	9.4 μm
Ángulo de posición: (κ_r)	60 °	Desbaste medio (Ra):	1.91 μm
Radio de punta (re):	1.2 mm	Desbaste medio (Rq,RMS):	2.08 μm
Avance (fn):	0.30 mm/r		
Espesor máximo de la viruta (hex):	0.26 mm		
Espesor medio de viruta (hm):	0.21 mm		
Profundidad de corte (ap):	2.5 mm		
Diámetros mecanizados (Dm1,Dm2):	100 105 mm		
Longitud de corte axial (lz):	200 mm		
RPM máx.:	1000		
Vida de la herramienta:	15.0		
Nº de pasadas (nap):			

Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.1.5 Herramienta para Mecanizado Interior Desbaste y Acabado - CCMT 09 T3 08-KR-3215. En la selección del inserto para desbaste y acabado interior se tuvo en cuenta:

- Posibilidad de Avance bajo y medio
- Posibilidad de uso con brazo extensible o fresa
- Multifilo (2 fillos)
- Precisión media
- Condiciones inestables de sujeción ya sea la herramienta o pieza

Figura 82. Herramienta para Mecanizado Interior Desbaste y Acabado

Producto CCMT 09 T3 08-KR 3215 Cerrar

Seleccione tipo de información Dibujo de catálogo

Recomendación datos de corte CCMT 09 T3 08-KR 3215
 Dibujo de catálogo CCMT 3(2.5)2-KR 3215

Parámetro	Valor
Weight	0.0037
Insert_Size	9
l	9
s	3.96875
iC	9.525
re	0.8

K $a_p = 2 \text{ mm (1-4)}$
 $0.079 \text{ in (0.039-0.157)}$

R $f_n = 0.25 \text{ mm/r (0.12-0.35)}$
 $0.01 \text{ in/r (0.005-0.014)}$

$V_c = 200 \text{ m/min (235-185)}$
 $660 \text{ sfm (765-800)}$

Material de la pieza		Recomendación datos de corte	
Estándar nacional	CMC	Velocidad de corte (vc):	157 - 165 m/min
Denominación	08.1	Velocidad del husillo (n):	500 rpm
Dureza	180 HB	Rendimiento de arranque de la viruta (Q):	101 cm ³ /min
Calidad/geometría de plaquita	3215	Tiempo por pasada (Tc):	1.60 min
	Conventional	Potencia neta (Pc):	2.3 kW
Parámetros (elegir fn, hex o hm)		Altura de perfil máxima (Rt):	6.5 μm
Ángulo de posición: (α_r)	90 °	Desbaste medio (Ra):	1.30 μm
Radio de punta (re):	1.2 mm	Desbaste medio (Rq,RMS):	1.41 μm
Avance (fn):	0.25 mm/r		
Espesor máximo de la viruta (hex):	0.25 mm		
Espesor medio de viruta (hm):	0.20 mm		
Profundidad de corte (ap):	2.5 mm		
Diámetros mecanizados (Dm1,Dm2):	100 105 mm		
Longitud de corte axial (lz):	200 mm		
RPM máx.:	500	Vida de la herramienta:	
		Nº de pasadas (nap):	2

Fuente: SANDVIK - <http://www.coromant.sandvik.com/>

6.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA ACTUAL FILOSOFÍA DE TRABAJO EN EL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

Actualmente, el mencionado departamento ha implementado un sistema de disposición por proceso o función el cual ha brindado buenos resultados gracias a la principal ventaja de este esquema, la cual consiste en una gran flexibilidad del proceso y un alto grado de utilización de la capacidad de los equipos.

Pero desafortunadamente uno de sus más grandes inconvenientes es que el volumen de fabricación en curso y por lo tanto el capital de explotación inmovilizado en dichos productos es muy elevado. Por otra parte el trabajo que se lleva a cabo en dicho sector es muy fragmentado, pues a un operario le es complicado establecer sus propias funciones con la actividad global de la empresa, también le es difícil participar activamente en la planificación y el alcance de los objetivos exigidos por la misma.

Por medio de éste proyecto se pretende brindar una propuesta de cambio en ésta actual filosofía de trabajo y sugerir el paso al sistema denominado "Disposición por grupos, aplicado a métodos de producción", el cual busca formas de agrupar los equipos según el sentido en que circulan los materiales por lotes en la producción, es decir buscar la agrupación de equipos los cuales puedan producir un producto completo o parte del mismo. Ver Anexo E, para la teoría de celdas de fabricación.

Se pretende sugerir un esquema de circulación sencillo agrupando los equipos en una misma unidad relacionado con el trabajo que se les brindará, incluyendo personal, recursos necesarios para el desarrollo de las piezas etc., con el objetivo primordial de reducir la duración de la secuencia en el ciclo de trabajo y disminuir el capital de explotación inmovilizado.

La producción general puede llevarse a cabo con un mínimo de materiales en la línea de desarrollo los cuales comprenden los utilizados por cada estación de trabajo, al disminuir la cantidad de materiales en el proceso, se disminuyen muchos problemas en la línea de producción como el desorden y arrumes lo cual brindaría un ambiente de trabajo más agradable.

El sistema de trabajo por grupos incrementa la responsabilidad del operario pero al mismo tiempo contribuye con funciones más interesantes para cada miembro del grupo como mejorar ésta visión global de su aporte dirigido hacia producción, una

mayor variedad de trabajo, impidiendo la monotonía de los ciclos, adquirir nuevas destrezas para posibles retos que se presenten y un mayor contacto con los colegas junto con la dirección.

Es de ésta forma en la que se sugiere que se desarrollen los nuevos trabajos dentro del departamento de mecanizado en Industrias Lavco Ltda. creando una empresa dentro de otra empresa, con la autonomía que se le debe conferir tanto en recursos como en responsabilidades, brindando la oportunidad de mejorar la organización, mejorar la planeación, ejercer un mayor control, pero lo más importante mejorar lo que se tiene sin la necesidad de realizar elevadas inversiones en nuevos equipos.

Todo éste material no sugiere una solución definitiva para enfrentar los nuevos mercados, pero si incrementar la productividad dentro de mencionada área, lo cual conllevaría a mejores dividendos para analizar nuevas posibles estrategias de trabajo.

6.2.1 Identificación del problema. En el área de manufactura de Colombia es común encontrar empresas muy competitivas las cuales con su filosofía de trabajo, han traspasado las fronteras, pero desafortunadamente ésa forma de trabajar ingresa a un juego competitivo con otras filosofías, las cuales están por encima de las propias ya que el desarrollo que han tenido y la investigación que les aplica permite mejoras continuas en sus procesos. A causa de metodologías inadecuadas de trabajo se presentan los siguientes inconvenientes dentro del área de mecanizado:

- Incremento de los tiempos de producción debido a los retrasos de otros lotes de piezas.
- Ausencia en la definición de las prioridades en la producción (planeación)

- Paros y fallos en los equipos
- Pérdida de piezas, daños en los equipos y herramientas de corte debido a una deficiente mano de obra
- Gran cantidad de piezas en la línea de producción
- Excesivo inventario de herramientas de corte
- Ausencia de un plan de mantenimiento
- Entregas que no se realizan a tiempo
- Desorden en la línea de producción
- Excesiva cantidad de tiempos muertos y trabajos en vacío
- No hay control de personal
- Elementos de sujeción de la pieza en mal estado
- Ausencia del equipo necesario en cada estación de trabajo para el desarrollo normal de la actividad de trabajo

Como objetivo específico en éste proyecto de grado se pretende elaborar una propuesta de diseño de celda de trabajo en base al conocimiento de los ciclos de tiempo, dirigidas al área de mecanizado automotriz, permitiendo un replanteamiento del modelo de producción, aprovechando al máximo la maquinaria con la que se cuenta actualmente eliminando los tiempos muertos.

6.2.2 Recolección de datos. Existe una gran variedad de productos que se mecanizan en tan mencionado departamento, pero debido a que a sus semejanzas permiten una clasificación por geometría, ya que poseen la misma forma cilíndrica y comparten gran parte del proceso en la línea de producción.

En el departamento de mecanizado en Industrias Lavco Ltda. se encuentra la producción de los siguientes elementos:

- Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina

- Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina
- Línea de Camisas Húmedas para Motores Diesel
- Línea de Bujes para Asientos de Válvulas

Gran ventaja que poseen los anteriores productos es su similitud en todo momento, desde el mismo proceso de mecanizado, sus variantes son relativamente pequeñas. El proceso de mecanizado inicia con el despunte y corte del material en bruto, de ahí es pasado por un mecanizado interior el cual constituye un desbaste y acabado sucesivo, dejando lista la pieza para ser sometida a un corte de longitud final, la cual consiste en dejar la longitud de la camisa acorde a las dimensiones requeridas por el cliente.

En ésta etapa del proceso los productos anteriormente descritos pasan por el mismo trabajo, es en éste momento en donde las camisas Húmedas pasan a sus respectivos tornos, los cuales poseen un elemento guía ya que la geometría difiere de las camisas secas. En éste punto la línea de producción se divide, pero es importante destacar que las camisas secas ocupan la mayor parte de los dividendos y producción de la empresa, lo cual quiere decir que éstos mismos tornos que funcionan para camisas húmedas, pueden funcionar además para camisas Secas.

Para obtener los datos de producción de los dos elementos principales como lo son camisas secas y húmedas, fue necesaria la permanencia en la planta de mecanizado y hacerle seguimiento a la línea de producción. Se tomaron los tiempos por medio de un cronómetro, pero ya que las tareas que se realizan en cada mecanizado son sencillas y su grado de complejidad es mínimo, se decidió incluir en el tiempo de trabajo el montaje, trabajo del equipo y desmontaje en un tiempo global.

A medida que se realizaba la toma de tiempo, los problemas fueron apareciendo espontáneamente lo cual permitía identificar el punto nodal en el cual se identificó los retrasos de producción de piezas en planta. A medida que se presentaba ése retraso, el aglutinamiento de piezas se convertía en un caos y como consecuencia la toma de datos se alargaba exageradamente. Es importante destacar la imposibilidad del seguimiento de una pieza en su línea de producción ya que todos los operarios trabajan con lotes diferentes. Todos estos problemas incrementan el costo de producción.

6.2.3 Propuesta de formación de célula de manufactura. Rentabilidad unitaria por pieza o producto es el criterio a seleccionar ya que permite evaluar el crecimiento de los dividendos y el costo-beneficio que traerá a la planta. Además va a permitir evaluar la Disposición por proceso o función y el sistema de producción por celdas de trabajo.

Es necesario observar el indicativo que se podría reflejar al implementar dicho criterio ya que es necesario observar el impacto económico y laboral que generará la celda de trabajo que se propone.

El tiempo de producción en planta (T) y el tiempo de producción por celda (C) se obtuvieron de la siguiente forma:

Tiempo de Producción en planta (T): Se obtuvo directamente de las órdenes de trabajo en las cuales se tiene el conocimiento del tiempo que tarda en producirse un lote determinado.

Tiempo de producción de celda (C): Se realiza por medio de una simulación estática, lo cual indica que se realizó la suma de los tiempos en los cuales una pieza es terminada, pero sin contar con el tiempo de espera entre un proceso y otro, ya

que ése sería el beneficio que obtenemos de una metodología de trabajo de éste tipo

Es necesario calcular el costo de producción para de ésta forma con el valor de venta determinar la rentabilidad unitaria, se realiza mencionada actividad ya que se necesita hacer una comparación entre el sistema de producción tradicional y el de celdas de trabajo.

El costo T es el producto de la rentabilidad unitaria y el tiempo de producción en planta (T), el costo C es el producto de la rentabilidad unitaria y el tiempo de producción por celda (C). A continuación se observan los beneficios que se obtendrían bajo el mencionado sistema.

Tabla 17. Ventajas económicas y tiempos de la celda de manufactura

Elemento	Tamaño	Costo de producción	Valor de Venta	Rentabilidad Unitaria	Tiempo T	Tiempo C	Costo T	Costo C	Ahorro
Camisa seca		26580	45000	1.69	6 horas	10 min	608,4	16,9	591,5

Fuente: Autores del proyecto

Descripción de las Columnas:

Rentabilidad Unitaria: Se busca cual es la pieza o producto que brinda la mayor contribución de utilidades

$$Ru = \frac{Cv}{Cp} \quad \text{Ecuación 3}$$

Tiempo T: Tiempo total que se demoró el sistema de producción tradicional (tomado de la planta). Cabe destacar que éste tiempo varía según las prioridades de la empresa.

Tiempo C: Es el tiempo que tardaría la producción de ése mismo lote con la celda de trabajo.

Costo T: Es el valor aproximado del costo con el sistema de producción tradicional en unidades de trabajo. (Rentabilidad unitaria * Tiempo T)

$$Ct = Ru * Tp \quad \text{Ecuación 4}$$

Costo C: Es el valor aproximado del costo con el sistema de celda de manufactura. Medido en unidades de trabajo. (Rentabilidad unitaria * Tiempo C)

$$Cc = Ru * Tc \quad \text{Ecuación 5}$$

Ahorro: Diferencia del sistema de producción actual con el sistema de producción por celdas de manufactura. (Costo T – Costo C)

$$Ae = Cc - Ct \quad \text{Ecuación 6}$$

6.2.4 Análisis del equipo clave. Éste es un criterio que se tiene muy en cuenta en empresas americanas, en las cuales se posee maquinaria que realiza gran parte del proceso como equipos CNC. En Industrias Lavco no se puede asegurar la existencia de un equipo clave ya que todo el proceso se realiza paso a paso en los diferentes equipos con los que se cuenta en la empresa, incluyendo el hecho de que existen muchos tornos para cada tipo de operación, lo cual no permitiría la dependencia de un proceso en una sola máquina.

6.2.5 Análisis de flujo de producción. En éste paso se hace una clasificación de los productos por medio del mecanizado que se le realiza a cada una. Esto sirve para proponer una primera familia con características similares en su proceso. Importante destacar que de cada producto existen una gran cantidad de referencias, las variaciones solo se brindan en el diámetro y longitud de la pieza, dejando su geometría intacta.

Tabla 18. Análisis del flujo de producción

Tipo de Producto	Proceso de Maquinado
Camisas Secas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores Diesel	Se realiza un corte y despunte del producto en bruto (Tronzado)
Camisas Secas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores Diesel	Se realiza un Mecanizado interior el cual consta de un desbaste y acabado en dos equipos diferentes.
Camisas Secas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores Diesel	Se realiza un mecanizado denominado Longitud Final, el cual busca dejar la longitud de la pieza acorde a los pedidos de los clientes.
Camisas Secas para Motores a Gasolina	Mecanizado exterior el cual es comprendido por un desbaste, acabado y maquinado para realizar el bisel
Camisas Húmedas para Motores a Gasolina Camisas Húmedas para Motores Diesel	Mecanizado exterior, el cual se realiza en un torno que posee una guía la cual permite hacer una copia de la geometría exacta de los requerimientos del cliente. En estos tornos también es posible trabajar la camisa seca.
Camisas Secas para Motores a Gasolina	Rectificado
En ésta etapa del proceso, al pasar a mecanizado exterior los productos son separados a sus respectivos tornos, los cuales para camisas húmedas están adaptados con una guía, la cual permite brindarle la geometría característica a dicho producto, pero éstos mismos tornos también son utilizados para el	

mecanizado de camisas secas, lo cual contribuye a que si en algún momento se desean implementar celdas de trabajo en todo el departamento de mecanizado, en algún momento cuando los lotes de camisas húmedas estén finalizados, sería el momento ideal de dar paso a la producción masiva de camisas secas, la cuales su producción se realizaría en un tiempo mínimo.

Fuente: Autores del proyecto

En la tabla 18 se ilustra una primera clasificación de productos acompañados de su proceso de mecanizado, los cuales son idénticos hasta cierto punto. Es importante mencionar que no se tuvo en cuenta para ésta clasificación los bujes para asientos de válvulas, ya que su producción no es muy relevante comparada con el resto de productos, aunque el proceso de producción de éstos elementos es similar al de las camisas secas y húmedas.

6.2.6 Análisis de Aglomeración (Agrupamiento). En éste paso se busca un previo análisis de piezas semejantes referentes a su proceso de mecanizado y geometría, las cuales se ordenan en una matriz. Las familias de piezas y lo equipos están asociados por el número 1, lo cual significa que las piezas requieren de éstos equipos para ser mecanizados, de modo tal que existirán muchas piezas que requieran el mismo equipo, pues las semejanzas geométricas son muy grandes.

Tabla 19. Matriz de relación Maquina–Pieza de Camisa Seca

		P1	P2	P3	P4	P5
Tronzado	M1	1				
Mecanizado Interior - Desbaste	M2		1			
Mecanizado Interior - acabado	M3		1			
Longitud Final	M4			1		
Mecanizado	M5				1	

Exterior - Desbaste						
Mecanizado Exterior - Acabado	M6				1	
Rectificado	M7					1

Nota: M1,...M7: Maquinas P1,..., P5: Pieza

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 20. Matriz de relación Máquina–Pieza de Camisa Renault

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Tronzado	M1	1								
Mecanizado Interior - Desbaste	M2		1							
Mecanizado Interior - acabado	M3		1							
Longitud Final	M4			1						
Mecanizado Exterior - I	M5				1					
Mecanizado Exterior - II	M6					1				
Rectificado Interior	M7						1			
Planeado	M8							1		
Biselado	M9								1	
Bruñido	M10									1

Nota: M1,...M10: Maquinas P1,..., P9: Pieza

Fuente: Autores del proyecto

Tras varias iteraciones matemáticas en la mencionada matriz se obtiene por resultado que las familias de piezas y las máquinas se encuentren agrupadas, obteniendo varias candidatas de celdas a implementar.

Es importante destacar que debido a la geometría tan sencilla que posee una camisa seca, es posible mecanizarla en todos los tornos adaptados para

mecanizado exterior e interior, ya que la necesidad de una guía para copiar la geometría requerida por el cliente es innecesaria pues es básicamente un cilindro y su única operación añadida es el bisel que puede realizarse en todos los equipos.

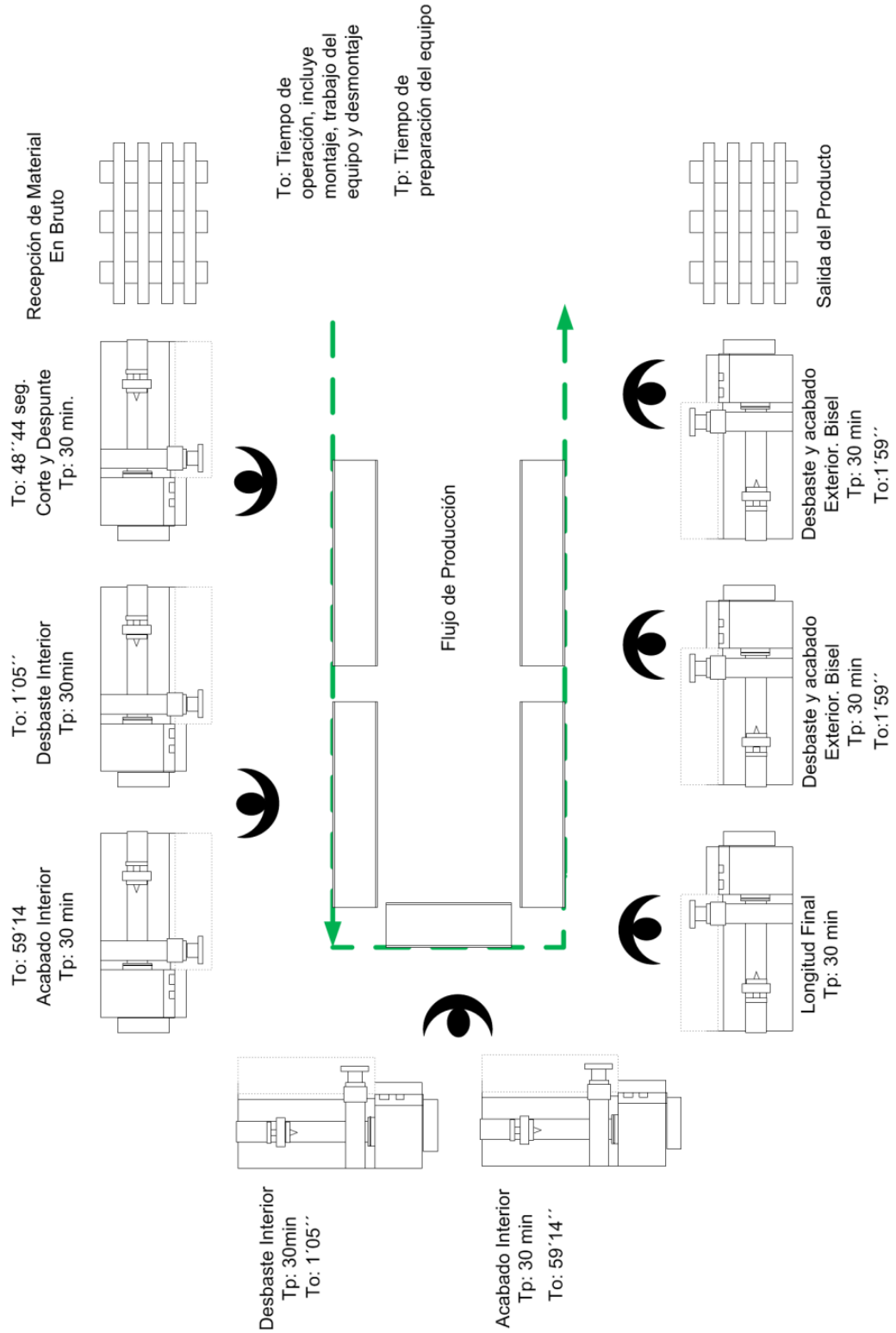
También como se había mencionado anteriormente, existen grandes cantidades de referencias de camisas secas y húmedas, pero no se consideran clasificaciones de familias diferentes ya que la geometría original se conserva, variando simplemente la longitud y diámetro.

Se decidió no incluir los equipos con los que se trabaja en la línea Renault ya que éstos forman una celda de trabajo exclusiva para ésta línea y el proceso que se lleva a cabo en dicho sector es bueno.

Los equipos que conforman la zona de bujes sí fueron incluidos, ya que mencionada área posee tres equipos los cuales son responsabilidad de un solo operario. En las observaciones realizadas fue visible la excesiva carga laboral que le es conferida a ésta persona, lo cual incrementa tiempos muertos, trabajos en vacío, desorganización y otras razones que son suficientes para eliminar mencionada área de trabajo, podemos incluir además que los equipos que pertenecen a ésta parte de la empresa también trabajan con camisas secas y húmedas en el mecanizado interior.

En la figura 83, se observa la propuesta de celda de trabajo para Industrias Lavco Ltda. esta se realizó gracias al conocimiento de los ciclos de mecanizado de cada equipo, en la búsqueda de un proceso lineal, en el cual se trata de eliminar los desperdicios de tiempo, energías y desplazamientos. Asimismo se busca aprovechar al máximo los equipos tratando de eliminar trabajos en vacío y muertos, incrementando la productividad y mejorar la distribución de planta. En la figura 84 se muestra la hoja de ruta para esta celda desde su entrada al mecanizado hasta su almacenamiento o envío.

Figura 83. Propuesta celda de trabajo en "U"



Fuente: Autores del proyecto

Figura 84. Hoja de Ruta para camisas dentro de la celda propuesta

Industrias Lavco Ltda.	Producto	Material			
	Fecha:				
	Hoja de Ruta de Proceso				
Descripción	Simbología				
	●	➔	◐	■	▼
	Operación	Transporte	Espera	Inspección	Almacenado
Transporte de Almacén a equipo		●			
Preparación del Torno			●		
Tronzado "Corte y Despunte"	●				
Preparación del Torno			●		
Desbaste Interior	●				
Acabado Interior	●				
Inspección de Pieza				●	
Preparación del Torno			●		
Corrección de la Longitud Final	●				
Preparación del Torno			●		
Desbaste y Acabado exterior, bisel	●				
Inspección de Pieza				●	
Preparación de la Rectificadora			●		
Operación de Rectificado	●				
Inspección de Pieza				●	
Lavado y Empaque	●				
Transporte de pieza a almacén		●			
Almacenamiento de Pieza					●

Fuente: Autores del proyecto

6.2.7 Recomendaciones enfocadas en las celdas de trabajo. La transición del sistema de producción actual dirigida hacia el sistema de producción por celdas de trabajo debe ser gradual, por fases, todo esto con el fin de que esa posible resistencia al cambio sea minimizada, donde se involucren todos los departamentos y éstos participen en un nuevo enfoque dirigido hacia una cultura laboral totalmente diferente. Todo cambio de producción en una empresa y cultura es difícil de realizar, aún más si se efectúa de forma radical.

Con el fin de evitar problemas de organización con la nueva filosofía por celdas de trabajo, se requiere instruir tanto al personal del área administrativa como a todos los diferentes niveles de personal en la línea de producción.

Aunque la ruta en el proceso de mecanizado en las camisas es muy similar hasta la operación denominada "longitud final", se propone que se realice un estudio de las modificaciones de las nuevas rutas de cada camisa con el ánimo de brindar información acerca del nuevo movimiento intercelular que tendrían las piezas para así de esta forma conocer las posibles consecuencias que brindarían el cambio de las mismas.

6.2.7.1 Capacitación del personal. Dependiendo del sector en que se desenvuelve el operario, los empleados que formarán parte del prototipo de celda de manufactura, debe contar con las destrezas y conocimientos que se sugieren a en la figura 85, todo esto para obtener un mejor funcionamiento en la implementación como en la operación de la celda.

Figura 85. Despliegue de los conocimientos en cada Departamento.

Departamento Administrativo

- Conocimiento de la demanda de piezas que se producirán en la Celda
- Costo de las piezas que se producirán en la celda
- Planeación adecuada de los lotes mínimos y máximos a producir en la celda

Departamento de Ingeniería

- Conocimiento a detalle de las piezas a producir dentro de la celda
- Conocimiento de los equipos que participan en la celda
- Control del mantenimiento de los equipos
- Ubicación de la celda dentro de la planta

Departamento Técnico Laboral

- Introducción al nuevo esquema de trabajo
- Conocimiento de la utilización y preparación de los equipos
- Conocimiento de las herramientas de corte a utilizar
- Identificación de las piezas a producir dentro de la celda

Fuente: CÓRDOBA BARRIOS, Víctor M. Estudio para la implantación de una celda de manufactura en la industria metalmecánica. México 2007

El éxito en la implementación de células de manufactura requiere de varios elementos los cuales intervienen de forma directa en el desarrollo de las mismas. Surge la necesidad de una asistencia inmediata por parte del personal que trabaja fuera y dentro de las celdas, ya que una muy buena capacitación y adiestramiento del personal de toda la empresa, permite perfeccionar el funcionamiento y brinda una muy ágil respuesta a los problemas que se vayan presentando.

6.2.7.2 Observaciones para las herramientas utilizadas en la celda de trabajo. El objetivo principal para el desarrollo de una celda de trabajo es la de crear una nueva estrategia que permita disminuir al máximo todo desperdicio posible de tiempo, energías, material y muchos otros elementos involucrados en el proceso de producción en el departamento de mecanizado en Industrias Lavco Ltda.

- Con el objetivo principal de reducir éstos desperdicios se necesita adquirir nuevas destrezas en el proceso productivo, las cuales están relacionadas directamente con el abastecimiento necesario de todos los elementos que contribuyen al desarrollo normal que permite la ejecución constante de las tareas en dicho sector.
- La filosofía de una empresa dentro de otra empresa requiere un cambio de mentalidad laboral, la cual permita que éste elemento interno tenga a su alcance todo su herramental, de ahí surge la necesidad de no perder tiempo en la búsqueda de las herramientas para la sujeción de las piezas a producir, los cuales actualmente existe un número considerable que se encuentra en mal estado.
- Las planeación en la utilización de herramientas de corte también es un factor vital en el desarrollo de la celda, la estandarización del equipo como

llaves, mordazas y elementos de medición debe ser el adecuado para toda la gama de piezas que se requieren producir.

- Es vital el identificar las herramientas de corte que son más utilizadas y por ende sufren un desgaste mayor, esto se realiza con el ánimo de reponer o reparar dicho elemento en el menor tiempo posible. Se hace necesario capacitar al operario del equipo en búsqueda de una organización de sus herramientas, tomar como prioridad las herramientas que se utilicen con mayor frecuencia, de ahí verificar y notificar con cierta anticipación al ente encargado de mencionados elementos.

6.2.7.3 Observaciones para el mantenimiento de los equipos.

- Para eliminar esas variaciones existentes en los volúmenes de producción de cada equipo, se necesita urgentemente el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo adecuado lo cual conllevaría a un mejor desempeño y funcionamiento de la futura celda de trabajo, habituando a los operarios y técnicos de mantenimiento con los equipos presentes en ella.
- El trabajo conjunto entre el operario y técnico de mantenimiento, en búsqueda de un funcionamiento eficiente de los equipos, requiere de crear un historial del equipo del cual se pueda llevar a cabo un seguimiento y control de fallas más comunes, monitoreo de los ciclos de vida de los elementos que forman parte del equipo, creación de campañas de mantenimiento sencillas, todo esto con el ánimo de establecer un estándar de calidad relacionado con la producción efectiva de la celda de trabajo.
- Actualmente se cuenta con una empresa de mantenimiento contratada por Outsourcing, pero no se observa un puente de información directo con la empresa, lo cual hace necesario la creación de ése canal de comunicación

para ejercer un control sobre mencionado personal, encargado de agilizar, informar, constatar, promover, evaluar y verificar los trabajos realizados por mantenimiento.

6.3 PROSPECTIVA DE PRODUCTOS DE LA LÍNEA METALMECÁNICA PARA LA FABRICACION DE CAMISAS HUMEDAS DIESEL.

Durante el 2010 la industria manufacturera ha logrado superar con éxito el impacto de la crisis financiera internacional del año anterior que se tradujo en una reducción importante en el comercio internacional. En efecto, al iniciarse el cuarto trimestre del año, tanto los resultados de la Muestra Mensual Manufacturera del DANE como los de la Encuesta de Opinión Industrial Conjunta (EOIC)⁴ arrojan crecimientos cercanos al 5%. En la EOIC para los primeros diez meses de 2010, comparado con el mismo período del 2009, la producción aumentó 4.8, las ventas totales 5.0% y, dentro de estas, las ventas hacia el mercado interno crecieron 4.7%. La producción de insumos y materias primas son la actividad fundamental para desarrollar y superar la actual dinámica del sector, por lo tanto las deficiencias que ha sobrellevado la industria Metalmecánica es el fiel reflejo de los problemas económicos en general, que vienen afrontando los demás sectores industriales. La reactivación de la economía mundial avanza bajo los ritmos esperados, pero no indica claramente que el panorama se encuentre totalmente despejado, todo esto se evidencia en la moderación del crecimiento de las economías desarrolladas indicando que el riesgo a la baja sigue latente, situación que se refleja actualmente en Estados Unidos, país clave de la región por la gran dependencia de nuestro mercado con ellos.

⁴ La Encuesta de Opinión Industrial Conjunta (EOIC), que la ANDI realiza con ACICAM, ACOPLASTICOS, ANDIGRAF, ANFALIT, CAMACOL y la Cámara Colombiana del Libro

La plena reactivación de la economía concentra sus expectativas en las nuevas políticas y esfuerzos del gobierno, en la búsqueda de la reactivación de grandes mercados junto con la apertura de nuevos intereses económicos para el país.

Los esfuerzos realizados por los empresarios Colombianos para sobrellevar las restricciones comerciales a las ventas impuestas por el gobierno Venezolano, han arrojado muy buenos resultados, ya que la cadena metalmeccánica en el mercado interno ha mejorado, de acuerdo con la Cámara de Fedemetal de la ANDI, la línea metalmeccánica alcanzó una tasa de crecimiento aproximado del 3.7% y la línea siderúrgica alcanzó un crecimiento del 9,42% para el año 2010, comparados éstos valores con el periodo del año anterior.⁵

6.3.1 Estrategia de Negocio en Industrias Lavco Ltda. El posicionamiento estratégico con el que actualmente cuenta Industrias Lavco Ltda. ha sido el resultado de un arduo trabajo que implica estrategias innovadoras, altos estándares de calidad en los productos, tiempos de entrega oportunos en comparación respecto al mismo sector, efectividad operativa basado en el buen desempeño de actividades que se realizan dentro de cada área, por medio del uso de herramientas de mejoramiento en busca de conseguir un incremento de productividad. Ver Esquema DOFA Figura 44.

Un conjunto especial de actividades integradas han permitido una dirección única y valiosa, que por medio de acciones sistemáticas e inteligentes de mercados, permiten ingresar de forma rentable, gradual y responsable el incursionar a nuevos segmentos de mercados industriales por medio de la fabricación de piezas y la prestación de servicios.

⁵ <http://www.metalmeccanica.com>. Perspectivas positivas de la industria metalmeccánica para 2011. María del Pilar Guerrero Alejo, Enero 2011

Industrias Lavco Ltda. desea ser un proveedor líder del mercado colombiano, reconocido en Latinoamérica por la calidad de los productos fabricados y comercializados, así como un proveedor de servicios metalmecánicos consolidado en los sectores industriales y energéticos, contando con aliados estratégicos a nivel nacional e internacional, logrando a través de la modernización del modelo de producción, el obtener piezas más económicas, fortaleciendo la atención de los clientes más relevantes y rentables⁶. Para alcanzar las proyecciones que se encuentran en desarrollo en Industrias Lavco Ltda. es necesario:

- Aumentar la capacidad instalada, para afrontar los incrementos de las nuevas producciones.
- Disponer de espacios adecuados para el buen desempeño de todas las actividades nuevas a desarrollar.
- Fortalecer el talento humano el cual se encuentra distribuido en un ambiente administrativo, comercial y operacional, en nuevas destrezas y competencias profesionales.
- Otorgar a cada instalación los elementos necesarios requeridos, para la buena prestación de los servicios.
- Promocionar los servicios que ofrece la empresa con métodos estratégicos e innovadores
- Establecer alianzas con nuevos proveedores, que permitan un desarrollo inmediato, sin la necesidad de realizar fuertes inversiones a corto plazo.

La ampliación y la diversificación del portafolio de productos, orientados a un mercado de muy buena calidad, con precio justo y entregas a tiempo son las características principales que Industrias Lavco Ltda. mantiene como retos día a día, elementos fundamentales para todo tipo de cliente, ya que mencionados

⁶ Banco de Proyectos de Mejora e Innovación. Industrias Lavco Ltda. 2010

elementos son piezas primordiales al momento de calificar el rendimiento del proceso de producción.

Incrementar los márgenes productivos y competitivos es la orientación original de un mercado creciente, dirigido hacia la diversificación de una amplia gama de productos, incorporando especialmente elementos de mayor valor agregado, teniendo gran incidencia la imagen de la empresa. Vale la pena resaltar que la orientación de las ofertas, están basadas en las exigencias y controles de calidad necesarios para un mercado que posee una tendencia de cambio.

El posicionamiento del producto en el mercado forma parte de ése gran interés que se debe poseer, siempre atento al diseño y presentación, atendiendo elementos muy importantes como lo es el factor precio, ya que éste elemento es vital en la consolidación de la negociación con los futuros clientes, sumando agentes como un excelente servicio técnico y posventa, los cuales son piezas claves para mejorar la competitividad.

6.3.2 Expectativas a corto y mediano plazo. Industrias Lavco Ltda. basados en la tendencia de los mercados a nivel Internacional y Nacional, desea ser partícipe de aquél conjunto de empresas, las cuales buscan la incursión en nuevos mercados que prometen nuevos dividendos y la posibilidad de un gran desarrollo industrial, expectativas que presentamos a continuación:

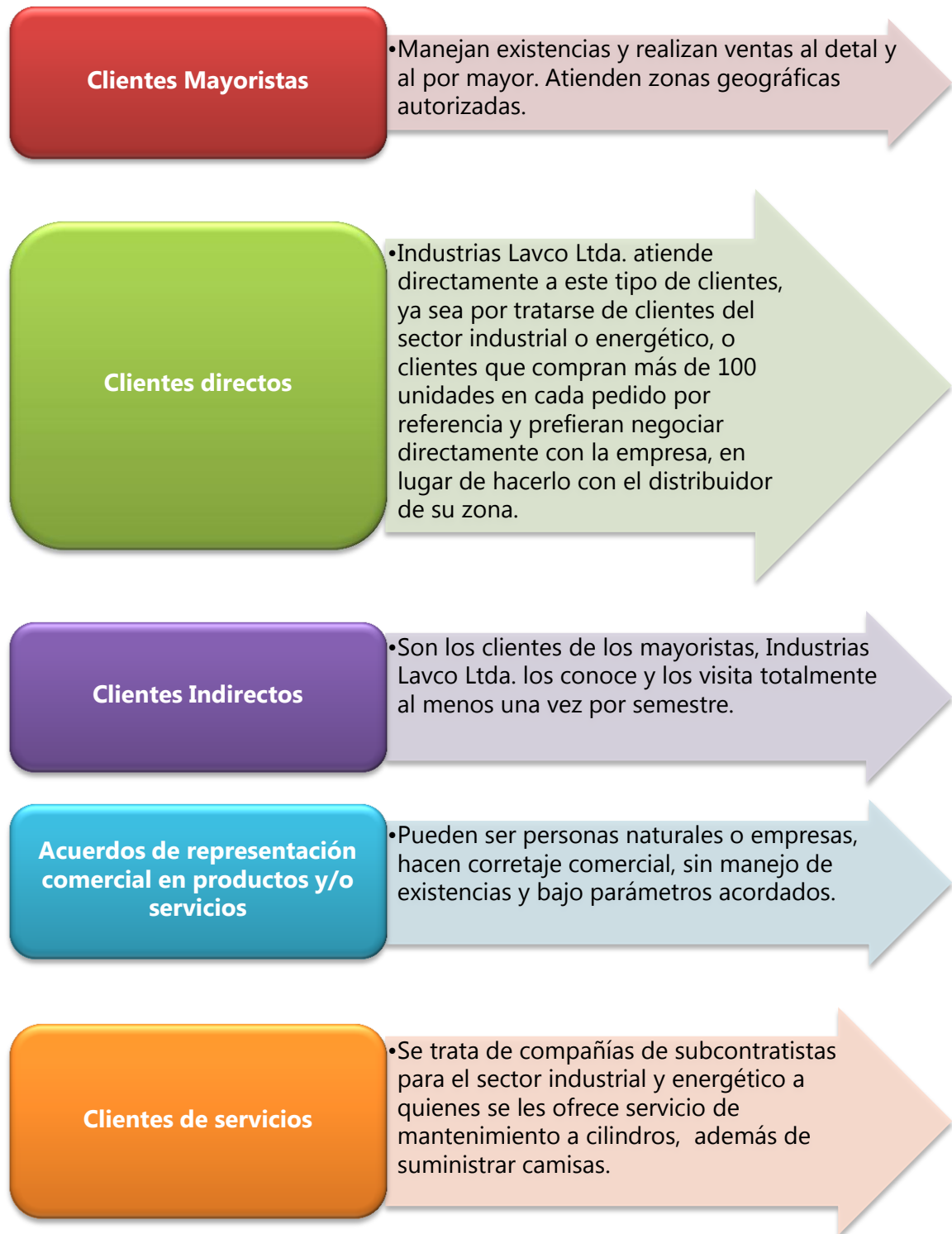
- La tendencia de crecimiento en el mercado Colombiano de éstos últimos años, como consecuencia del incremento en la actividad Industrial, va a permitir un mayor dinamismo en las grandes empresas exportadoras del sector manufacturero, permitiendo incursionar en el desarrollo de nuevos productos.

- Hoy en día y en términos generales, Industrias Lavco Ltda. gracias a su actual estabilidad administrativa y crecimiento económico, ofrece un ambiente adecuado para efectuar la incursión de nuevos negocios, añadiendo el hecho de que la empresa se adapta rápidamente a los nuevos retos que la competencia internacional exige.
- Ofrecer productos de alta calidad a precios competitivos ha sido siempre una de las estrategias a desarrollar en el mercado de Industrias Lavco Ltda. todo esto sumado a una larga cadena logística de exportación, cumpliendo con los tiempos en las entregas, aprovechando los acuerdos comerciales que van a ser brindados por los tratados de libre comercio.

6.3.3 Estructura comercial. Obtener un sólido conocimiento sobre los clientes y competidores, forma parte del éxito que puede alcanzar la industria, pues brinda información fundamental la cual siendo específica y exacta, permite una investigación de mercado, lo cual conlleva al desarrollo de planes de comercialización afines con las verdaderas necesidades del cliente, información que se encuentra en la figura 86.

Desarrollar o seleccionar un producto o servicio que responda a las necesidades y deseos del cliente son las principales campañas que ha realizado Lavco Ltda. gracias a ése conocimiento que se ha fundamentado en la confianza.

Figura 86. Clasificación de clientes en Industrias Lavco Ltda.



Fuente. Industrias Lavco Ltda.

6.3.4 Camisa Diesel Húmeda y Requerimientos en el Departamento de Mecanizado. Gracias al proceso de calidad y experiencia, los clientes de Industrias Lavco Ltda. han sugerido que el departamento de mecanizado incorpore en el portafolio de sus productos, un nuevo elemento, el cual se puede desarrollar con la materia prima con la que se cuenta.

En éste orden de ideas, las necesidades de clientes antiguos han permitido la incursión de un nuevo producto, en la producción de Camisas Diesel Húmeda, proceso que posee una muy similar línea de mercado y aplicaciones que actualmente se lleva a cabo dentro de la empresa.

Figura 87. Camisa Húmeda para motor Diesel



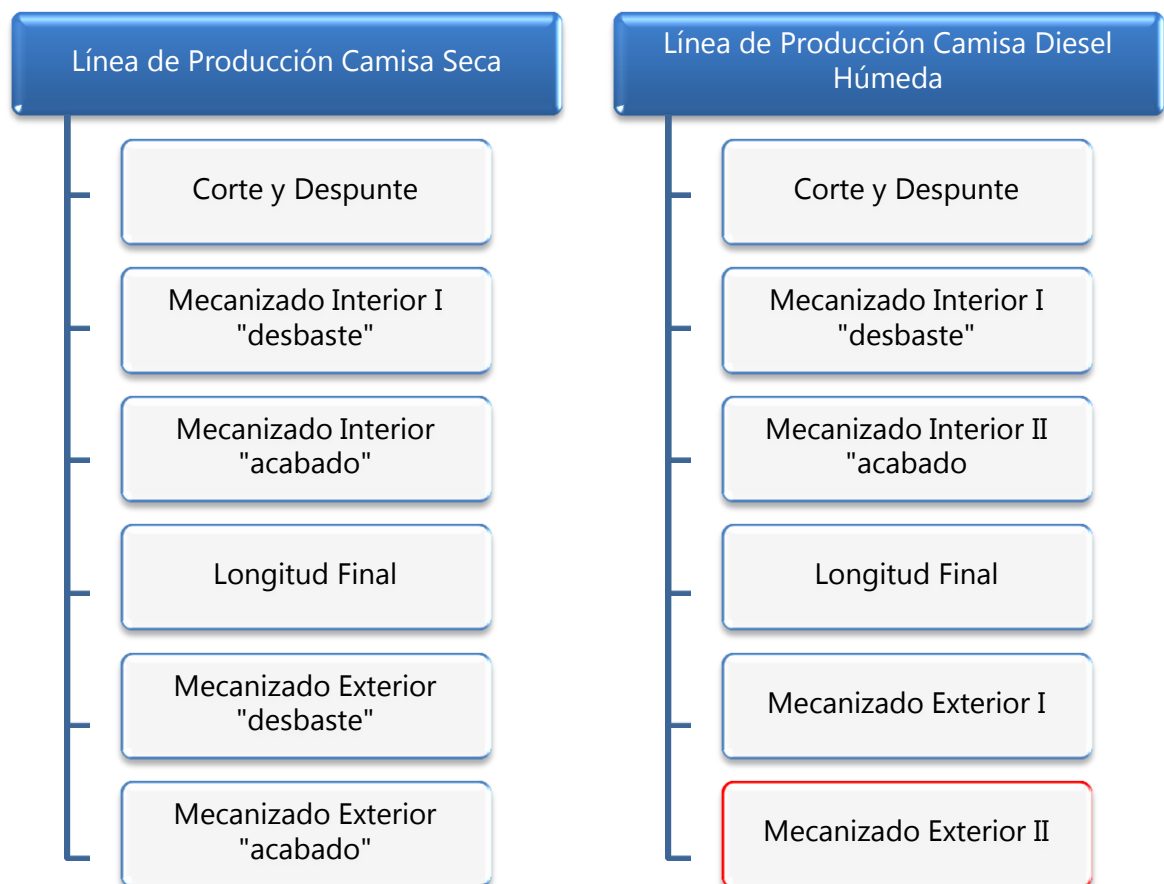
Nota: las cotas han sido borradas para proteger los derechos de autor.

Fuente. Industrias Lavco Ltda.

En la figura 87, se muestra la geometría de una camisa Diesel húmeda la cual posee ranuras de sellado para los empaques "O" ring, éstos siempre están en contacto directo con agua o líquido refrigerante. Una camisa húmeda es generalmente pesada y de pared gruesa.

El proceso de producción de la Camisa Diesel Húmeda es muy similar al de la línea de la Camisa Seca hasta el proceso de mecanizado exterior. Ver figura 88.

Figura 88. Paralelo del proceso de producción Camisa Seca Vs Camisa Diesel Húmeda



Fuente. Autores del Proyecto

Debido a que la Camisa Diesel Húmeda posee un perfil diferente a la camisa seca, el proceso de Mecanizado Exterior II, varía notablemente como se presenta en la figura 89.

Figura 89. Actividades que realiza el operario en el Mecanizado II, de la Línea de Camisa Diesel Húmeda

Mecanizado II

- Toma pieza de detrás de él y coloca sobre pinza, acerca contrapunto y aprieta con llave, aprieta pinza con llave y activa automático
- Tiempo de ciclo de primer desbaste con cerámica y desactiva automático
- Mide diámetros con micrómetro
- Hace ajustes a copiador para hacer segundo desbaste con cerámica
- Tiempo de ciclo de segundo desbaste con cerámica y desactiva automático
- Mide diámetros con micrómetro
- Cambio de portaherramienta para hacer ranura
- Tiempo de ciclo para hacer ranura al lado de la pestaña
- Cambio de portaherramientas para hacer parallamas
- Tiempo de ciclo para hacer altura de pestaña y parallamas, lija rebaba
- Cambio de portaherramientas para hacer ranura lado falda
- Tiempo de ciclo para hacer ranura al lado de la falda, una parte se hace automáticamente y otra se hace con velocidad manual para que la pieza no se raye
- Cambio de portaherramienta para hacer otras ranuras y radio
- Tiempo de ciclo para hacer 2 ranuras al lado falda y un radio a lado falda, una parte automática y otra manual para evitar que se raye por la vibración al empezar el corte con la pastilla
- Cambio de portaherramienta para hacer bisel interno lado pestaña
- Tiempo de ciclo para hacer bisel interno lado pestaña
- Cambio de portaherramienta para hacer bisel interno lado falda
- Tiempo de ciclo para hacer bisel interno lado falda
- Cambio de portaherramienta para hacer bisel externo lado falda
- Tiempo de ciclo para hacer bisel externo lado falda
- Cambio de portaherramienta, lima bordes de las ranuras, lija rebabas, apaga automático
- Suelta pinza con llave, suelta contrapunto con llave y corre para atrás, saca pieza de pinza y coloca sobre mesa del torno

Fuente. Industrias Lavco Ltda.

De hecho, el proceso de Mecanizado II, es un método muy artesanal, del cual depende en gran porcentaje la pericia y destreza que posee el operario en el manejo del equipo. Un factor muy importante a destacar es que la línea de producción de camisa diesel húmeda, lleva una operación adicional llamada Bruñido, la cual extiende los ciclos del tiempo total de producción. Ver figura 90.

Figura 90. Actividades que realiza el operario en el Bruñido I y II, de la Línea de Camisa Diesel Húmeda.

Bruñido I y II

- El operario toma 4 piezas de grupo y coloca sobre mesa de trabajo, mide diámetros internos.
- Toma una pieza, coloca dentro del dispositivo, cierra tapa con tuercas, introduce piedras en camisa y activa botón de bruñido
- Tiempo de ciclo de bruñido y a mitad de ciclo, para la máquina para hacerlo manual en la parte de debajo de la camisa
- Bruñido manual
- Saca pieza de dispositivo, mide diámetros internos y vuelve a meter en dispositivo, tapa portacamisas, cierra tuercas y activa automático para inicio de ciclo
- Tiempo de ciclo de bruñido adicional
- Saca pieza de dispositivo, mide diámetros internos, corrige óvalo con mazo en las piezas que necesitan, otras requieren más bruñido hasta tener medida estipulada y descarga en mesa de trabajo
- El operario toma 2 piezas de grupo y coloca sobre mesa de trabajo, mide diámetros internos.
- Toma una pieza, coloca dentro del dispositivo, cierra tapa con tuercas, introduce piedras en camisa aprieta brazo pulidor y activa botón de bruñido
- Tiempo de ciclo de bruñido
- Saca pieza de dispositivo, mide diámetros internos, las que no se ajustan a medida las vuelve a meter en dispositivo para bruñir, las que están bien revisa poros y quedan terminadas
- Tiempo de ciclo de bruñido adicional
- Trae otra pieza del grupo a bruñidora para poner de apoyo revisar poros
- Mide diámetros, revisa poros y descarga pieza sobre mesa de trabajo

Fuente. Industrias Lavco Ltda.

En el departamento de mecanizado se realizaron diversas pruebas con los equipos existentes en la producción de Camisas Diesel Húmeda, lo cual arrojó resultados no muy satisfactorios. La maquinaria con la que se cuenta, realiza sus tareas con tiempos de operación muy extensos por lo cual se concluyó que no es viable la producción masiva de ésta camisa por medio de los equipos actuales, ya que los

ciclos de mecanizado no son satisfactorios, originando una gran disminución en la producción actual. Ver tabla 21.

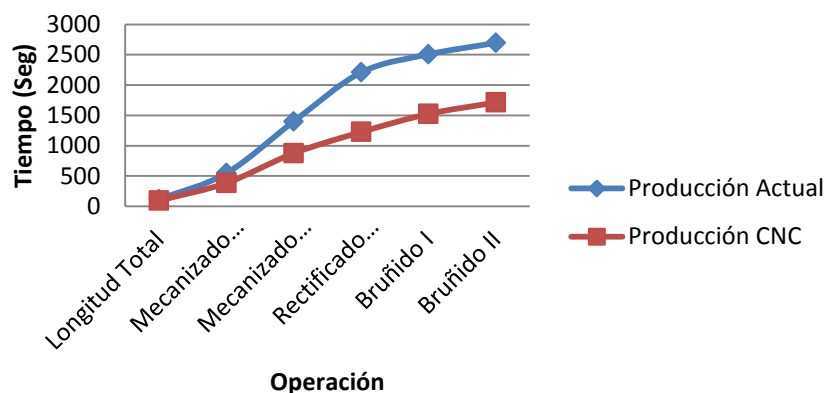
Tabla 21. Mediciones de tiempos de producción actual para Camisa Diesel Húmeda comparándola con un sistema CNC e insertos Sandvik

Mediciones de Tiempos en Segundos												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	CNC
Longitud Final	118,0	111,0	118,4	118,5	110,4	118,8	121,1	113,6	110,1	109,6	114,9	95,0
Mecanizado Exterior I	437,0	426,9	432,5	425,7	431,2	425,8	433,7				430,4	345,0
Mecanizado Exterior II	801,7	856,3	827,4	831,2	883,1	844,8	888,3	893,2	849,4	859,2	853,4	453,0
Rectificado Interior							818,8	805,7	806,0		808,3	420,0
Bruñido I	246,2	282,9	251,6	325,3	322,0	350,9	247,8	286,8	438,2	236,3	298,8	298,8
Bruñido II	238,9	172,4	193,5	180,1	157,6	201,4	190,5	210,3	149,9	191,5	188,6	188,6
Tiempo total de Producción en Segundos											2694,4	1800,4

Fuente. Industrias Lavco y Autores del Proyecto

Existen otros factores que influyeron en la producción de éste tipo de camisa, ya que los perfiles que se trabajan con éste elemento no permiten un óptimo desarrollo por parte del torno de trabajo. En la figura 91 se observa el tiempo de producción de la camisa diesel húmeda con el proceso actual en contraste con el proceso por CNC.

Figura 91.Paralelo de Producción Actual Vs CNC



Fuente. Autores del Proyecto.

Por medio de la producción actual, el tiempo total de trabajo de las operaciones longitud final, mecanizado I y II, rectificado y bruñido I y II, alcanzaron una duración de 2694,4 segundos, los cuales equivalen a un tiempo de 45 minutos aproximadamente. Es importante destacar que dentro de los datos suministrados no se encuentran presentes corte y despunte, acompañados de mecanizado interior I y II, lo cual indica que el tiempo total de producción se puede estar expandiendo alrededor de 1 hora o más. Dado que el departamento de mecanizado utiliza éstos mismos tornos para el desarrollo de otros productos, no se encuentra viable producir la camisa diesel húmeda en éstos equipos, ya que el tiempo de producción es muy elevado impidiendo un desarrollo masivo de éste producto.

Dada la situación actual en el sistema de producción, Industrias Lavco Ltda. ha decidido incursionar en la adquisición de una nueva tecnología, la cual se espera brinde una solución ágil para el problema que actualmente se presenta y por medio de éste trabajo, buscar cuáles son los elementos clave a considerar en el Departamento de Mecanizado, antes de realizar la compra del equipo CNC.

Existen otros factores que influyeron en la producción de éste tipo de camisa, ya que los perfiles que se trabajan con éste elemento no permiten un óptimo desarrollo por parte del torno de trabajo.

Dada la situación actual en el sistema de producción, Industrias Lavco Ltda. ha decidido incursionar en la adquisición de una nueva tecnología, la cual se espera brinde una solución ágil para el problema que actualmente se presenta y por medio de éste trabajo, buscar cuáles son los elementos clave a considerar en el Departamento de Mecanizado, antes de realizar la compra del equipo CNC.

6.3.5 Justificación para adquirir nuevas tecnologías. Cuando individualmente se utilizan elementos como el periodo de recuperación, valor presente neto, tasa interna de rendimiento y otra gran cantidad de elementos financieros que brindan información acerca del balance de la empresa, pueden convertirse en herramientas inadecuadas para fundamentar importantes decisiones en el diseño y rediseño de procesos y productos. Es necesario hacer partícipe a todos los elementos que conforman la Empresa, en el caso de Industrias Lavco Ltda. el Departamento de Mecanizado, ya que es ahí mismo en donde los problemas han surgido y es posible evidenciar la real problemática que afronta el proceso de producción.

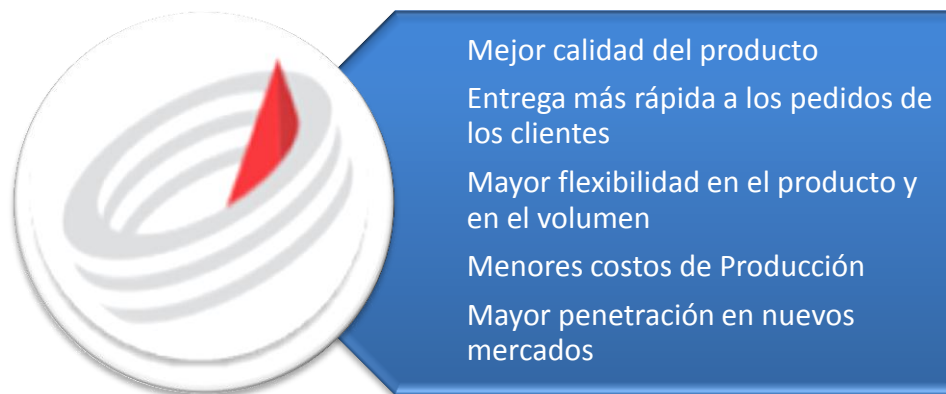
Basarse exclusivamente en herramientas administrativas, ha permitido una tendencia de expansión con tecnología existente dentro de la empresa, de las cuales siempre terminan con enormes instalaciones de producción, muy robustas, centralizadas y basadas en tecnología obsoleta, en vez de construir nuevas instalaciones con nuevas tecnologías de producción.

Una estrategia para evitar problemas en la manufactura del producto es involucrar desde el principio a los ingenieros de procesos de manufactura, a trabajar en

equipo con los ingenieros de diseño, para que desde el inicio se desarrolle el producto de manera que sea fácil de fabricar y de ensamblar.⁷

Una elección valiosa a largo plazo para la empresa, acompañada de inversión en innovación tecnológica referente a productos y procesos, asimilando el término rendimiento como un nuevo significado lo cual según la figura 92 brindaría nuevos parámetros muy beneficiosos para el Departamento de Mecanizado.

Figura 92. Ventajas de nuevas tecnologías



Fuente. Autores del Proyecto

La tabla 22 brinda una clara visión de algunos de los elementos necesarios de los cuales se les realiza una planeación, éstos elementos son muy importante para el éxito de la implementación de nueva tecnología dentro de cualquier área.

Tabla 22. Elementos clave a considerar en la selección del equipo desde el punto de vista del Departamento de Mecanizado

Variable de decisión	Factores que deben considerarse
----------------------	---------------------------------

⁷ CHASE, Richard. B, et. Al., ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE LAS OPERACIONES PARA UNA VENTAJA COMPETITIVA, 10ª. Edición, McGraw Hill Interamericana, México, 2004

Inversión inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Precio • Fabricante, • Disponibilidad, • Espacio requerido, • Alimentación y equipo de apoyo
Índice de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad real en comparación con la capacidad calificada
Calidad de la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia en el cumplimiento de especificaciones • Mermas y desperdicios
Requerimientos de operación	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de operación • Seguridad • Influencia del factor humano
Requerimientos de personal	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de directos a indirectos • Capacidades • Capacitación
Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Propósitos generales vs propósitos especiales • Herramental especial
Requerimientos de preparación	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad • Rapidez de cambio
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad • Frecuencia • Disponibilidad de refacciones
Caída en desuso	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tan moderno es? • Posibilidades de actualización
Inventario en proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad y tiempo oportuno para apoyar la existencia de seguridad
Efecto en el sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Vincular con existencias o sistemas planeados • Actividades de control • Ajustes con la estrategia de manufactura

Fuente. CHASE, Richard. B, et. Al., ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE LAS OPERACIONES PARA UNA VENTAJA COMPETITIVA, 10ª. Edición, McGraw Hill Interamericana, México, 2004.

6.3.6 Elementos a tener en cuenta antes de automatizar una línea de producción en Industrias Lavco Ltda. Antes de realizar cualquier tipo de fuerte inversión, es necesario investigar detenidamente cuáles son los posibles efectos que puedan generarse a partir de la incursión en nuevas tecnologías enfocadas en un cambio drástico en la línea de producción, en la figura 93, se procura brindar una serie de parámetros que muy posiblemente se vean afectados por el cambio tecnológico, los cuales se espera sirvan de herramienta estratégica en la toma de una decisión tan importante como lo es la automatización en el Departamento de Mecanizado en Industrias Lavco Ltda.

Figura 93. Parámetros de Estudio dentro del Departamento de Mecanizado en Industrias Lavco Ltda

Factor Económico

- Brindar una noción del impacto directo en la rentabilidad del nuevo sistema
- Prestar atención a elementos tan importantes como flujos de efectivo, costos fijos anuales, costo unitario de producción y niveles de producción pronosticados.

Penetración en el mercado

- ¿En qué forma la automatización afectará el mercado de Industrias Lavco Ltda.?
- ¿Posible ampliación del portafolio de productos atractivos hacia los clientes?

Calidad del Producto

- ¿En qué forma se afectará la calidad del producto?
- Costos de Producción
- Desperdicios

Flexibilidad del proceso de Manufactura

- ¿En qué forma se afecta la flexibilidad en productos y volúmenes?
- Costos en los cambios de equipo
- Costos de la nueva mano de obra

Efecto en las Relaciones Laborales

- Relaciones de empleados, sindicato, y gerencia
- Monto de capacitaciones
- Reentrenamiento de empleados
- Disposición de empleados con habilidades requeridas
- ¿Posibles despidos?

Tiempo Requerido para la Implementación

- ¿Cuánto tiempo se requiere para implementar todo el sistema?
- Familiarizar el personal con las nuevas tecnologías
- Alternativas de modificación para el resto del sistema de producción

Efecto inmediato del proyecto de automatización sobre la producción en marcha

- ¿La automatización va a reemplazar o compartir operaciones existentes?
- ¿En qué forma el nuevo proceso afectará la producción existente?
- Los clientes no esperan a que los proyectos de automatización estén listos, el servicio debe ser inmediato

Capital Requerido

- Realizar un estudio del monto total del capital a invertir

Fuente: Autores del Proyecto y CHASE, Richard., administración de la producción y de las operaciones para una ventaja competitiva, McGraw Hill, México, 2004.

En la tabla 23. Se presenta una serie de elementos los cuales son necesarios evaluar para tener en cuenta al momento de tomar una decisión por parte de la Junta Administrativa.

Tabla 23. Escala de Medición comparando una Línea de Flujo Automatizada Vs Línea Actual en el Departamento de Mecanizado

Factores	Sistema Flexible	Línea Actual
Costos Anuales de Operación	4	3
Costos de Producción Unitaria	4	3
Penetración en el Mercado	5	3
Calidad del Producto	5	4
Flexibilidad en el Producto	5	4
Flexibilidad en el Volumen	5	4
Relaciones Laborales	2	4
Tiempo de Implementación	3	4
Operaciones Existentes	4	3
Necesidades de Capital	4	3

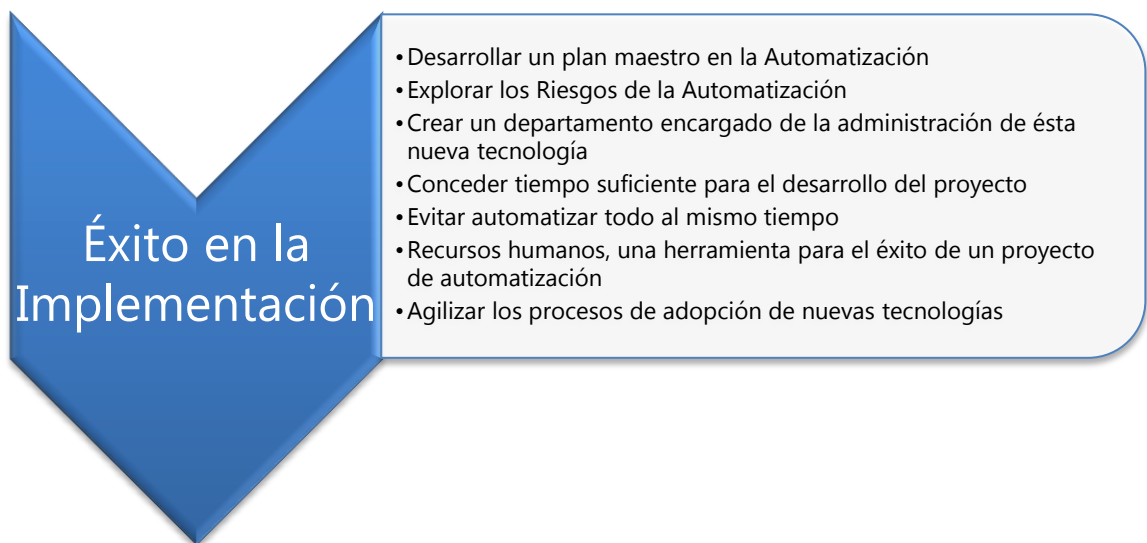
Nota: Referencia en la escala de Calificación: 5 = Excelente, 4 = Bueno, 3 = Promedio, 2 = debajo del promedio, 1 = Pobre

Fuente: Autores del Proyecto y CHASE, Richard. B, et. Al., ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE LAS OPERACIONES PARA UNA VENTAJA COMPETITIVA, 10ª. Edición, McGraw Hill Interamericana, México, 2004.

6.3.7 Recomendaciones Generales para una muy buena Gestión del Cambio Tecnológico en Industrias Lavco Ltda. Industrias Lavco Ltda. desea incursionar en proyectos muy ambiciosos de los cuales se encuentra automatizar parte de la línea de producción y es por ésta razón que se ha decidido realizar una herramienta encaminada al apoyo en el desarrollo de la gestión de la compra de nueva tecnología, ya que los proyectos de automatización y adquisición de éstos elementos, son más complicados y complejos de lo que se puede anticipar, usualmente éste tipo de proyectos requieren más tiempo del planeado, acompañado de un elevado costo superior al esperado.

Para evitar posibles situaciones indeseables, se han realizado las siguientes sugerencias que se encuentran en la figura 94. Las cuales están encaminadas a superar posibles dificultades y de ésta forma, Industrias Lavco Ltda. adquiera nuevas destrezas en la administración de los cambios de tecnología en la línea de producción.

Figura 94. Recomendaciones para una muy buena gestión del cambio tecnológico en Industrias Lavco Ltda.



Fuente: Autores del Proyecto

Industrias Lavco para la fabricación de Camisas Diesel Húmedas requiere un torno de tamaño medio (aprox <1m de bancada), autonomía para fabricar piezas de 40cm diámetros, que manejen potencias de corte de por lo menos 6HP. Un Ejemplo de un torno CNC que cumple estas características se muestran en la figura 95. Además en la figura 97 se adjunta la hoja de ruta para la fabricación de Camisas Diesel Húmedas.

Figura 95. Torno CNC sugerido



Fuente:<http://www.webral.com/maquinaria-metalmechanica/tornos-cnc/l-41-cnc/index.html>






Figura 96. Características de torno CNC.

L 41 CNC, L 410 CNC		
model	L41 CNC	L410 CNC
Item no.	351 4210	351 4215
Precio de venta CIF Puerto Colom	\$ 107'250'000.00	\$ 112'250'000.00
Technical data		
Total connection	18.5 kW 400 V ~50 Hz	18.5 kW 400 V ~50 Hz
Performance of coolant pump	550 W	550 W
Repeating accuracy X-axis	± 0.006 mm	± 0.006 mm
Positioning accuracy X-axis	± 0.015 mm	± 0.015 mm
Repeating accuracy Z-axis	± 0.008 mm	± 0.008 mm
Positioning accuracy Z-axis	± 0.02 mm	± 0.02 mm
Spindle holding fixture	Camlock ASA A 2 - 6"	Camlock ASA A 2 - 6"
Spindle taper	MT 6	MT 6
Spindle hole	58 mm	58 mm
Center width	1'000 mm	1'000 mm
Turning Ø over lathe bed	410 mm	410 mm
Rotation-Ø over compound slide	202 mm	202 mm
Number of tool positions	6	6
Pitch ball screw	5 mm	5 mm
Infinitely variable spindle speed	0 - 4'000 rpm	0 - 4'000 rpm
Driving power spindle motor	12 kW (S1-work; 9 kW)	12 kW (S1-work; 9 kW)
Torque spindle motor	102 Nm	102 Nm
Turret type	6 tools	6 tools
Seat height	25 mm	25 mm
X-axis travel	205 mm	205 mm
Torque X-axis	6 Nm	6 Nm
Rapid traverse X/Z-axis	12'000 mm/min.	12'000 mm/min.
Feed rate X/Z-axis	8'000 mm/min.	8'000 mm/min.
Z-axis travel	900 mm	900 mm
Torque Z-axis	11 Nm	11 Nm
Tailstock holding fixture	MT 5	MT 5
Tailstock sleeve travel	160 mm	160 mm
Spindle sleeve diameter	75 mm	75 mm
Length x width x height	3'080 x 1'615 x 1'860 mm	3'080 x 1'615 x 1'860 mm
Tank capacity coolant tank	125 liters	125 liters
Net weight	2'500 kg	2'500 kg

Nota: Precios a Enero de 2011 puesto en puerto

Fuente:<http://www.webral.com/maquinaria-metalmeccanica/tornos-cnc/l-41-cnc/index.html>

Figura 97. Hoja de ruta para fabricar camisas diesel húmeda

Industrias Lavco Ltda.	Producto	Material			
	Fecha:				
	Hoja de Ruta de Proceso				
Descripción	Simbología				
					
	Operación	Transporte	Espera	Inspección	Almacenado
Transporte de Almacén a equipo		●			
Preparación del Torno			●		
Tronzado "Corte y Despunte"	●				
Preparación del Torno			●		
Desbaste Interior	●				
Acabado Interior	●				
Inspección de Pieza				●	
Preparación del Torno			●		
Corrección de la Longitud Final	●				
Preparación del Torno			●		
Desbate principal	●				
Desbaste secundario	●				
Acabado exterior	●				
Ranurado	●				
Bisel	●				
Inspección de Pieza				●	
Preparación de la Rectificadora			●		
Operación de Rectificado	●				
Inspección de Pieza				●	
Lavado y Empaque	●				
Transporte de pieza a almacén		●			
Almacenamiento de Pieza					●

6.3.7.1 Desarrollar un plan maestro en la Automatización. Se hace necesario realizar un estudio muy completo de cuáles son las variables más importantes a destacar, las cuales se van a ver afectadas a medida que se realiza el cambio de tecnología, dentro de las cuales se puede encontrar las siguientes:

- Definir cuáles son las áreas, elementos, procesos u operaciones a automatizar.
- Establecer el tiempo requerido para realizar mencionado proyecto es muy importante, ya que de éste depende en gran medida el evitar que afecte el proceso de producción disminuyendo al máximo paros en la línea.

- Realizar una estrategia a futuro de cuál será la secuencia de las posibles líneas que van a ser automatizadas.
- Evaluar los posibles cambios que sufra la organización, el producto y mercadotecnia como resultado de la automatización.

6.3.7.2 Explorar los Riesgos de la Automatización. Todo proyecto que esté enfocado a cambios en cualquier proceso no se encuentra exento de encontrar tropiezos en su desarrollo, de ahí parte la necesidad de tener en consideración todos los posibles elementos que puedan afectar el correcto progreso del plan. Se presentan a continuación una serie de elementos a reflexionar:

- Existe la posibilidad de que la nueva tecnología no pueda realizar sus tareas con éxito
- La posibilidad de que la competencia tome medidas de acuerdo al desarrollo que se plantea dentro de la empresa
- El riesgo de que todo el proceso sea obsoleto

6.3.7.3 Crear un departamento encargado de la administración de ésta nueva tecnología. Un departamento que esté enfocado exclusivamente en la gestión de todos los recursos necesarios para el buen funcionamiento de los nuevos equipos, encargados de proporcionar asistencia técnica necesaria para la instalación e implementación, encargados además de realizar capacitaciones a los empleados que van a ser partícipes dentro de éste proceso, proyectándose a su vez como encargados de las tareas especializadas en el mantenimiento del equipo.

6.3.7.4 Conceder tiempo suficiente para el desarrollo del proyecto. Todo proyecto necesita de un tiempo prudente en el cual se aprende poco a poco de las necesidades que surgen y surgirán a medida que se va desarrollando el proyecto. Existen elementos clave para el éxito de toda idea y en éste caso factores como:

- Instalación
- Selección de herramientas
- Disminución de errores
- Programación
- Definir variables como velocidades de producción
- Mantenimiento y Servicio posventa

6.3.7.5 Evitar automatizar todo al mismo tiempo. En la implementación de éste tipo de proyectos, todo conocimiento se aprende poco a poco, es necesario que al momento de definir cuáles son los procesos a automatizar, se intente sincronizar los proyectos con un tiempo prudencial entre cada etapa, ya que de la experiencia de las primeras implementaciones, se adquieren destrezas que van a impedir en los futuros proyectos se presenten frustraciones en la organización, despilfarro de recursos, presión y reducción de los tiempos de entregas fallidas, todo esto se realiza para adquirir conocimientos los cuales a futuro van a permitir que se implementen dos proyectos a la vez, lo cual enfoca una visión de éxito hacia la organización.

6.3.7.6 Recursos humanos. Una capacitación adecuada, la cual esté acompañada de instrucciones dentro de la organización es de vital importancia para que cuando el proyecto se encuentre en ejecución, permita realizar todo tipo de tareas en la forma deseada. Es una estrategia muy importante dentro de éste tipo de proyectos, ya que la participación frecuente por parte del personal va a permitir menos restricciones al cambio, lo cual más adelante permitirá desarrollar las tareas con mayor agilidad y conocimientos previos de toda una experiencia recopilada en los primeros proyectos.

6.3.7.7 Agilizar los procesos de adopción de nuevas tecnologías. Como quedó evidenciado en éste proyecto, los actuales equipos pueden incrementar su rendimiento cambiando de filosofía de trabajo, pero es necesario tener en cuenta que para un verdadero incremento en la producción y desarrollo de nuevos productos, se hace necesario adquirir nuevos equipos los cuales estén adaptados para un verdadero sistema de producción masivo. Hay que recordar que si no se recurre a nuevas estrategias, la competencia ganará la partida.

7. CONCLUSIONES

El presente proyecto se desarrolló en el Departamento de Mecanizado en Industrias Lavco Ltda. por medio de la implementación de las tres primeras etapas del ciclo DMAIC (Definición, Medición, Análisis, Implementación, Control), las cuales pertenecen a la Metodología Seis Sigma, generando las siguientes conclusiones:

- Se usó la metodología Seis Sigma en el análisis y diagnóstico del Departamento de Mecanizado, permitiendo revelar todos los elementos tales como transporte de material, mecanizado interior-exterior, rectificado, lavado y empaque que forman parte del proceso, lo cual brindó la oportunidad de identificar las debilidades y amenazas promotoras del incremento en los ciclos de trabajo y la variabilidad existente en los volúmenes de producción. Se propuso una reducción de tiempos de mecanizado en un 20%, es decir saltar de 255s por cada 10cm a 204s por cada 10cm para camisas secas y de 1217s a 974s para camisas Renault, también lograr una reducción de $\sigma=59,3s$ a $\sigma=29,7s$ para camisas secas y de $\sigma=10,69s$ a $\sigma=4,1s$.
- Se desarrolló una herramienta sistemática por medio del AMEF, "Análisis del Modo y Efecto de Falla", logrando almacenar de una forma muy estructurada gran cantidad de información, permitiendo sacar a relucir por medio de evaluaciones cuantitativas las fallas potenciales más relevantes, dentro de la cuales particularmente podemos incluir la actual filosofía de producción basado en un sistema rígido, lineal poco flexible y el desarrollo del trabajo por recursos humanos conformado por ausencias de personal

calificado y capacitaciones en tecnologías actualizadas, creando una base de conocimientos que deben integrarse a los procesos de la organización para fortalecer el capital intelectual.

- Se propuso el desarrollo de un sistema de producción por celdas de trabajo, una opción eficiente y rentable frente a las necesidades actuales del departamento de mecanizado, enfocado en la disminución de los desperdicios en tiempo, mano de obra y energías, mejorando la capacidad de respuesta en producción.
- Se estructuró un plan de mantenimiento preventivo ante la ausencia de un plan de mantenimiento adecuado y campañas básicas de previsión de daños en los equipos, planteada como una gran oportunidad de mejora, permitiendo analizar lo que se deja de producir por culpa de las fallas no detectadas y repetitivas, tomando decisiones proactivas para disminuir a un mínimo nivel la probabilidad de ocurrencia.
- Se sugirió que la incursión de nuevas tecnologías en el departamento de mecanizado no es una solución factible a corto plazo para la línea de Camisa Seca y Renault, ya que la mayoría de los problemas existentes están relacionados con la planificación de producción, ausencia de un plan de mantenimiento adecuado y el trabajo desarrollado por recursos humanos de mencionada área, por lo cual se hace necesario evaluar concretamente la filosofía de trabajo, permitiendo el incremento de la producción, aunque los verdaderos resultados de esos planteamientos se brindarían en la práctica,

pero ésa es una limitante ya que todo ejercicio de implementación se encuentra fuera de los objetivos.

- Estrategias de negocios como el conocimiento práctico de las necesidades de los clientes y el desarrollo de un ambiente de trabajo basado en la confianza, permiten crear excelentes relaciones, las cuales brindan beneficios enormes a las partes involucradas. En éste orden de ideas es necesario que Industrias Lavco Ltda. realice un análisis crítico de la actual maquinaria con que cuenta en el Departamento de Mecanizado, ya que la incursión de nuevos productos al portafolio actual ofrecido, requiere como en éste caso la necesidad inmediata de adquirir nueva tecnología, enfocada en el incremento de la productividad y flexibilidad de productos que muy probablemente se puedan producir a futuro, desarrollando un plan maestro enfocado en la planeación de toda logística que se debe llevar a cabo en proyectos de éste tipo. Para cumplir éste objetivo se propone una línea de producción con 3 tornos CNC con características como: Potencia 12 KW, un magazín de 6 herramientas, una distancia entre centros de 1000 mm y un diámetro máximo a mecanizar 410 mm.

BIBLIOGRAFIA

BREYFOGLE, F. W. Implementing Six Sigma: smarter solutions using statistical Methods. Editorial Jhon Wiley y Sons. 2000.

CHASE, Richard. Administración de la Producción Y de las Operaciones para una Ventaja Competitiva, Décima Edición. México: McGraw Hill Interamericana, 2004. 822p.

CÓRDOBA BARRIOS, Víctor M. Estudio para la Implantación de una Celda de Manufactura en la Industria Metalmeccánica. Maestría en Ciencias de Ingeniería Mecánica, Opción Diseño. México: Instituto Politécnico Nacional. Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, 2007. 139p.

ESCALANTE VASQUEZ, Edgardo J. Seis Sigma Metodología y Técnicas. México: Limusa, 2003. 435p.

GÓMEZ FRAILE, Fermín. Seis Sigma, Segunda Edición. España: FC Editorial, 2003. 391p.

GROOVER, Mikell. Fundamentos de Manufactura Moderna. México: McGraw Hill Interamericana, 2007. 1022 p.

KANAWATY, G. Introducción al Estudio del Trabajo, Cuarta Edición. Ginebra: OIT, 1996. 522p.

LÓPEZ LARA, Jeiner Eduardo. Metodología de Seis Sigma Aplicada a la Gestión de Mantenimiento en la Empresa Drummond Ltda. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2007. 288p

MONTGOMERY, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad. Tercera Edición. México DF. 2004. 350 p.

MONTGOMERY, Douglas. RUNGER, George. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. México DF. Mc Graw Hill. 1998. 985 p.

PEREZ, César. Control Estadístico de la Calidad. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas SAS, STATGRAPHICS, MINITAB, SPSS. México DF. Alfaomega Grupo Editor. 698 p.

ANEXOS

ANEXO A. COMPLEMENTO FASES DEMAIC

1. ETAPAS DE LA FASE DE DEFINICIÓN:

Identificación de clientes internos y externos:

El primer paso en la definición de un proyecto es identificar cuáles son los clientes a los cuales el proceso impacta, se define como cliente interno a la persona o las personas siguientes en el proceso, esto es dentro de la compañía. Como se describe a continuación hay 2 tipos de clientes y son:

- Cliente Interno: Es el personal interno afectado por el producto o servicio generado (siguiente operación).
- Cliente Externo: Los clientes externos son todos aquellos a los que la empresa provee un producto o servicio, estos se dividen en usuarios finales, clientes intermediarios y otros que son impactados pero que no usan ni compran el producto.
- Usuarios finales: compran o usan el producto para su uso.
- Intermediarios: compran el producto para su reventa, reempaque, modificación o ensamble final para venta al usuario final. Ejemplo: detallistas, distribuidores, mayoristas, etc.
- Grupos impactados: no compran ni usan el producto pero son impactados por él. Por ejemplo la comunidad, gobierno, padres, grupos civiles, etc.

2. DETERMINAR LOS CTQ'S DEL PROYECTO.

CTQ Critico para la calidad (*Critical to Quality*), es un atributo o característica de calidad de un producto o servicio que es importante para el cliente.

Además de este existen otros criterios tales como:

- *Características Críticas para la Entrega (CTD's).*

- *Características Críticas para los Costos (CTO's).*
- *Características Críticas para el Proceso (CTPs).*
- *Características Críticas para la Satisfacción (CTS's).*
- *Características Críticas para el Control (CTC's).*

Tanto en los CTQ, como en los CTD y CTC, el propósito de la empresa es lograr un decrecimiento en el total de los costos, además de incrementar las utilidades y el cubrimiento de las necesidades del cliente de manera satisfactoria.

Algo fundamental en el proceso de determinar los CTQ es lograr un manejo de la voz del cliente (VOC), ya sea interno o externo, es decir, conocer las exigencias, necesidades y expectativas que presenta el cliente acerca del servicio o producto que le proporcionará la compañía. Asimismo, a través de la voz del cliente surge la posibilidad de conocer cuál es el nivel de satisfacción que este tiene.

Para determinar los CTQ'S es viable utilizar como apoyo algunos de los siguientes aspectos:

- Propósitos del negocio
- Entrevistas
- Sondeos
- Quejas
- Hacer uso del proceso sistémico y continuo conocido como Datos de Benchmarking, para realizar la evaluación de los productos y servicios, además de realizar algunas mejoras organizacionales
- Discusiones ejecutivas y de trabajo específico
- Matriz de Causa Efecto
- QFD
- Tendencias del mercado futuras

3. SELECCIÓN DEL PROBLEMA.

El problema puede suscitarse debido a: reintegros, nivel de servicio disminuido, entregas retrasadas, desperdicios, producto con imperfectos, documentos inadecuados. Este se clasifica como base los manejos de la organización, el grupo de trabajo, dirigente inmediato y el producto de las actividades que realizan a diario.

Criterios para seleccionar el problema

- Seguridad
- Calidad
- Costo
- Entrega
- Nivel de servicio

Es aconsejable manifestar los antecedentes, la trascendencia y la prioridad de los problemas. Además, las razones por las cuales fue seleccionado el problema deben ser expuestas:

1. Derivaciones económicas, reclamo de mercado, devoluciones, porcentaje de ventas perdidas, disponibilidad, otros.
2. Impacto para futuros procesos, total de pérdida, intensificación de los lapsos de tiempo designado para la operación, paro de línea, desperdicio, costo de falla, bajo nivel de eficiencia etc.

Con los aportes y el apoyo de la totalidad del equipo pueden ser evaluadas las razones arriba descritas y lograr así enfocarse en un único tema.

4. IMPACTO EN EL NEGOCIO.

En esta fase se explican las ventajas que representan para el negocio el conseguir que se perfeccione el proceso. Aparte de esto, se debe hacer referencia a las

consecuencias que serían generadas en caso de no realizar el proyecto, para esto es necesario vislumbrar cuál ha sido la situación producida en el negocio debido al proceso actual.

Qué nos ha ocasionado:

- Detrimento en el número de clientes.
- Incumplimiento en los niveles de servicio.

Cuantificar (en porcentajes y en pérdidas de utilidades).

Es preciso expresar de manera puntual cómo se alinea el proyecto con las iniciativas y fines del negocio, donde estos últimos son definidas por la dirección.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Lo primero que se debe hacer es clasificar el problema, para lo cual es recomendable emplear la herramienta estadística de 5 ya que nos permite definir de manera concreta cuál es el problema que tiene el proceso, el producto o el servicio, logrando cuantificar de esta manera, ya sea en cifras o porcentajes, y así evidenciar la necesidad de reformar su estado actual. Para esto, se hace forzoso especificar el nivel del problema sin que esta fase del proceso sea demasiado extensa. Para evitar incertidumbre acerca de si la solución proporcionada sea en realidad definitiva y convierta en reales los resultados esperados, es imperioso realizar la búsqueda de la causa verdadera del problema y no usar previamente la solución para nombrarlo, dicha causa es conocida como causa raíz.

6. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO.

Si lo que se quiere es determinar las metas del proyecto, es de ayuda inquirir acerca de lo que se conseguirá una vez ejecutado el proyecto. Dichos objetivos, generalmente están dirigidos a renovar y emplear el proceso para un plazo de

tiempo determinado, donde definir el alcance permite demarcar el proceso, lo que es decir:

- Punto de inicio: Establecer cuál es la actividad que da origen al proceso.
- Punto final: Determinar cuál es la actividad que concluye el proceso.
- Dentro del alcance: Actividades que están incluidas en el proceso.
- Fuera del alcance: Actividades que no son incluidas en el proceso.

Usualmente la ejecución de los proyectos es conferida a líderes de proyecto llamados "Green Belts" quienes se apoyan en la metodología Seis Sigma para conseguir perfeccionamiento en los procesos y en el cumplimiento de las funciones de quienes participan en los proyectos.

Ahorros: Un punto importante para la ejecución de cualquier proyecto es, sin lugar a dudas, establecer cuál será la fuente que proporcionará los ahorros, tanto financieros como no financieros, tales como:

- Ganancias adicionales originadas por mejoras en gastos, calidad, recursos o existencias
- Aminoración de las pérdidas ocasionadas por el desperdicio, garantías, costos por desperfectos, disminución de la eficiencia, reintegro, etc.
- Gastos por: nómina, materiales, herramientas, rentas, subcontratación, asesorías, capital de contingencia.

Si no existe la posibilidad de valerse de los ahorros, ya sea porque estos no existen o por algún otro motivo, si el CTQ procede de una mejora de la competencia, se procederá a efectuar una inversión.

Selección del equipo de trabajo.

- Elegir al personal indicado para que participe o que se involucre a fondo y que, así mismo, obtenga beneficios del proceso.

- Incluir nombre, roles, compromisos y obligaciones a cumplir a lo largo del proyecto.
- Un aspecto conveniente para un trabajo eficiente es incorporar, además de los integrantes del equipo, al *Champion* del proceso, de igual manera un *Black Belt* quien sea el que auxilie y oriente a los equipos de proyecto, los cuales estarán guiados por *Green Belts*.

Algunas recomendaciones se listan a continuación:

- Es oportuno definir de manera concreta el problema base del proyecto
- Precisar el cliente, sus CTQ y las fases involucradas en el proceso.
- Evaluar la eficacia de las fases que encierra el proceso. De igual forma, los datos almacenados y el mapa del proceso deben ser estudiados de manera reflexiva, esto para facilitar la tarea de establecer de manera concreta las causas raíz de imperfecciones y así mismo la ocasión de mejora.
- La creatividad yacente en las soluciones también es de gran utilidad en las mejoras que se realicen al proceso por el que se optó, por medio de este tipo de soluciones son corregidos muchos problemas y además es posible prevenir la reincidencia de los mismos.
- Inspeccionar los avances y mejoras para evitar que se salgan de su curso

7. COSTOS DE CALIDAD.

Los costos de calidad son un vehículo para evaluar los esfuerzos de control de costos e identificar oportunidades de reducción de costos por medio de mejoras al sistema

Las categorías de los costos de calidad son:

- Costos de prevención

Son el costo de todas las actividades llevadas a cabo para evitar defectos en el diseño y desarrollo; en las compras de insumos, equipos, instalaciones y materiales; en la mano de obra, y en otros aspectos del inicio y creación de un producto o servicio. Se incluyen aquellas actividades de prevención y medición realizadas durante el ciclo de comercialización, son elementos específicos los siguientes:

- Revisión del diseño.
 - Revisión de los planos.
 - Orientación de la ingeniería en función de la calidad.
 - Programas y planes de aseguramiento de la calidad.
 - Evaluación de proveedores (reducir defectos por fundición).
 - Estudios sobre la capacidad y potencialidad de los procesos.
 - Entrenamiento para la operación. Capacitación general para la calidad.
 - Auditorías de calidad a mantenimiento preventivo.
- Costo de Calidad/Precio del incumplimiento

Otra forma de ver el costo de calidad se denomina precio del incumplimiento: lo que cuesta hacer las cosas mal.

Bajo este enfoque los sobrecostos del precio del incumplimiento comprenden:

- Reproceso.
- Servicios no planificados.
- Tiempo improductivo.
- Retrabajos.
- Devoluciones.

En síntesis, el precio del incumplimiento es el costo del desperdicio: tiempo, dinero y esfuerzo. Es un precio que no es necesario pagar.

- Costos de falla/fracaso

Están asociados con cosas que no se ajustan o que no se desempeñan conforme a los requisitos, así como con los relacionados con incumplimientos de ofrecimientos a los consumidores, se incluyen todos los materiales y mano de obra involucrada. Puede llegarse hasta rubros relativos a la pérdida de confianza del cliente. Los rubros específicos son:

- Asuntos con el consumidor (reclamaciones, atención de quejas, etc.).
- Rediseño.
- Ordenes de cambio para Ingeniería o para Compras.
- Costos de reparaciones.

8. ETAPAS DE LA FASE DE MEDICIÓN.

Esta fase se subdivide en las siguientes etapas:

Seleccionar los CTQ'S del proceso (Crítico para la Calidad)

Observemos la tabla 24:

Tabla 24. Relación entre las variables de entrada y salida.

Y	X_1, X_2, \dots, X_n	Z's
Variable dependiente	Variable independiente	
Salida (respuesta)	Entrada-Proceso	Variables de ruido
Efecto	Causa	Incontrolables
Síntoma Monitoreable	Problema Controlable.	

Fuente: Juran J.M, Gryna F.M. "Análisis y planeación de la calidad", 3ª ed., Edit. MacGraw Hill, México, 1995

Para efectuar la selección de Y's es de ayuda utilizar un diagrama de Pareto, por medio del cual es viable priorizar y centrar la atención en los efectos

fundamentales. Respecto a la variable dependiente “Y” (o de respuesta), ésta fue previamente establecida en la fase de definición, las X’s son las variables de entrada, las Z’s son las variables de ruido.

En esta primera etapa de la fase de medición, se buscará establecer cuáles son las X’s, ya que estas variables ofrecen la posibilidad de medirlas y así mismo controlarlas.

En otras palabras:

“Y” → Son los CTQ’s del cliente (interno o externo)

“X’s” → Son CTQ’s del proceso

9. ETAPAS DE LA FASE DE ANÁLISIS.

La fase de análisis consta de las siguientes etapas:

- Definir el objetivo de desempeño

En esta etapa se define la meta hacia la cual nos dirigimos, o sea cuales son los *niveles sigma* esperados en nuestro proceso en el tiempo.

Una opción es realizar un Benchmarking, el cual es el mecanismo para identificar y comparar quien tiene el mejor desempeño del proceso, ya sea dentro de la organización u otra organización, y comparamos nuestros valores contra ese parámetro de referencia para determinar el GAP existente e identificar acciones para reducirlo.

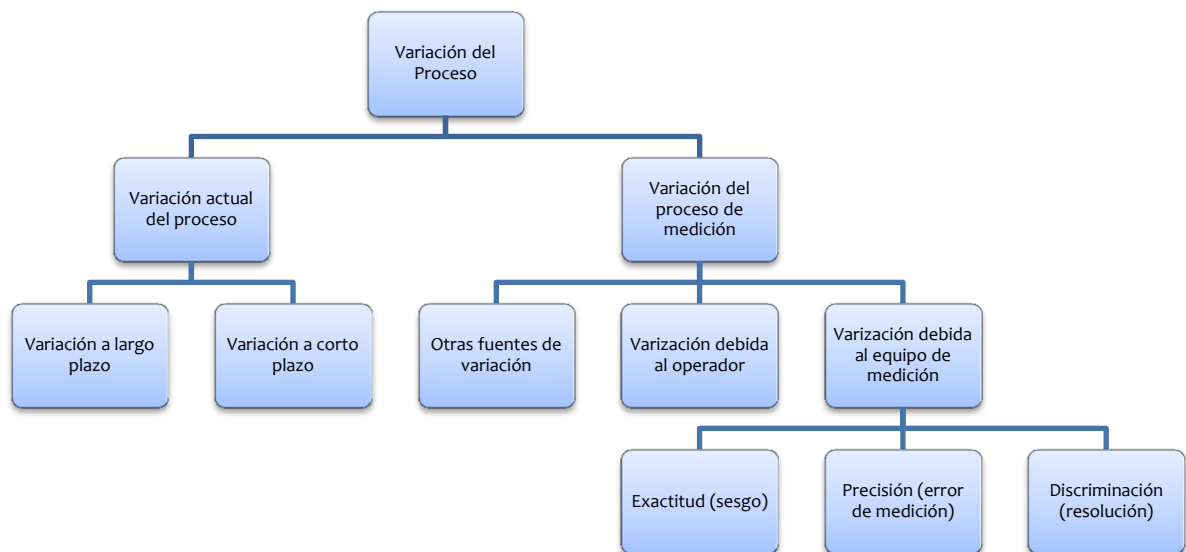
- Identificar las fuentes de variación

Cuando un proceso se encuentra fuera de las especificaciones permitidas, se tiene evidencia de que existe variación. Para comprobarlo utilizamos alguna de las herramientas de análisis, según sea el caso por ejemplo, el análisis Multi-Vari es una herramienta estadística que nos permite determinar las fuentes que presentan mayor variación, a través de la descomposición de los componentes de variabilidad

del proceso. Una vez determinadas las causas de variación, nos enfocaremos en los “*pocos vitales X*” que están afectando la variable de respuesta “*Y*”. Una opción para priorizar estas causas es el uso del “diagrama de Pareto”.

En la figura 98 se muestra un diagrama de posibles fuentes de variación del proceso.

Figura 98. Causas de variación en el análisis del problema.



Fuente: Juran J.M, Gryna F.M. “Análisis y planeación de la calidad”, 3ª ed., Edit. MacGraw Hill, México, 1995

Establecer y validar el plan de recolección de datos. El diagrama 5W- 1H resulta útil en la recolección de datos ya que, por medio de formular ciertos interrogantes, logra recolectar datos confiables que reflejan la realidad de lo que está sucediendo. Los cuestionamientos referidos son los siguientes:

(What) ¿Qué vamos a hacer?

(Why) ¿Por qué vamos a hacer eso?

(Where) ¿En dónde lo vamos a hacer?

(Who) ¿Quién va a hacer que?

(When) ¿Para cuándo lo van a hacer?

(How) ¿Cómo lo vamos a hacer?

Hay algunos textos que incluyen otra H más que es:

(How much) ¿Cuánto me va a costar?

Se listan a continuación la utilidad de ésta herramienta:

- Suministra una estrategia precisa y documentada ya que recoge datos confiables.
- Provee a los individuos del equipo una referencia común.
- Sirve de ayuda para asegurar que los recursos sean dispuestos de manera efectiva para que solamente sean recolectados datos críticos.

10. ESTADÍSTICA BÁSICA PARA LA FASE DE MEDICIÓN.

La rama de las matemáticas que abarca la selección, presentación, tabulación, análisis e interpretación de datos cuantitativos y cualitativos, se denomina Estadística Descriptiva, cuyo objetivo es emplear dichos procesos en la toma de decisiones que sean necesarias para que el comportamiento de los datos se conserve dentro de los parámetros de registro fijados.

Además de los métodos vinculados con el resumen y la descripción de datos numéricos, la estadística descriptiva incluye la realización de gráficas, tablas y diagramas, los cuales exponen los datos de manera comprensible, facilitando así, la interpretación de los mismos.

Por otro lado, lo que se refiere a la estimación de parámetros y pruebas de hipótesis relacionadas con las características de la población con base en los datos conseguidos con una muestra, es objeto de estudio de la estadística inferencial.

A continuación, de manera breve, se definen algunos conceptos estadísticos básicos:

- Población (N): Es el conjunto de todos los elementos que están siendo objeto de estudio, acerca de los cuales se intenta elaborar algunas deducciones.
- Parámetro: Es un índice estadístico calculado con base en los datos de la población, cuyo objetivo es cuantificar una característica de la misma. Los parámetros son identificados con letras griegas.
- *Media* = μ
- *Desviación estándar* = σ
- *Proporción* = π
- *Coefficiente de correlación* = ρ
- Muestra (*n*): Es un subconjunto representativo de la población.
- Estadístico: Es un valor numérico que describe una característica de la muestra y es obtenido por medio de la manipulación algebraica de sus datos. Los estadísticos se identifican con letras latinas.
- *Media* = X
- *Desviación estándar* = s
- *Proporción* = p
- *Coefficiente de correlación* = r

Algo que puede ser de gran utilidad es contar con información acerca de los valores que se agrupan hacia el centro, ya que por medio de estos valores se pueden obtener consecuencias y deducciones válidas de los datos de una estadística. Además, es conveniente analizar qué tan dispersos están entre sí los valores mencionados.

- Las medidas de tendencia central son: la media, mediana y moda
- Las medidas de dispersión: son el rango, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

- Otras medidas son: percentiles, deciles y cuartiles representados en el diagrama de caja.

11. ETAPAS DE LA FASE DE MEJORA.

Claves para experimentar con éxito

- I. Medición Adecuada de los Resultados
Usar un resultado relacionado directamente con la función del proceso, usar datos variables.
- II. Diseño Experimental Sólido
Aunque se tenga un análisis de datos eficaz, este no podrá compensar un experimento mal diseñado. Es necesario que se haga un experimento sólido y avalado cuidadosamente.
- III. Planeación Meticulosa
Para asegurar que las condiciones se puedan controlar como se estableció en el diseño experimental, se deben preparar con anticipación todos los recursos (gente, materiales, etc.) necesarios para realizar el experimento.
- IV. Sistemas de Medición Verificados
Para asegurar que todos los datos sean "fiables", previamente se verifican todos los sistemas de medición.
- V. Identifica las Unidades Experimentales
Marca cada unidad de acuerdo con la condición experimental que la produce. De lo contrario, se perderá toda la información.

Pasos para Diseñar y Realizar un Diseño de Experimentos

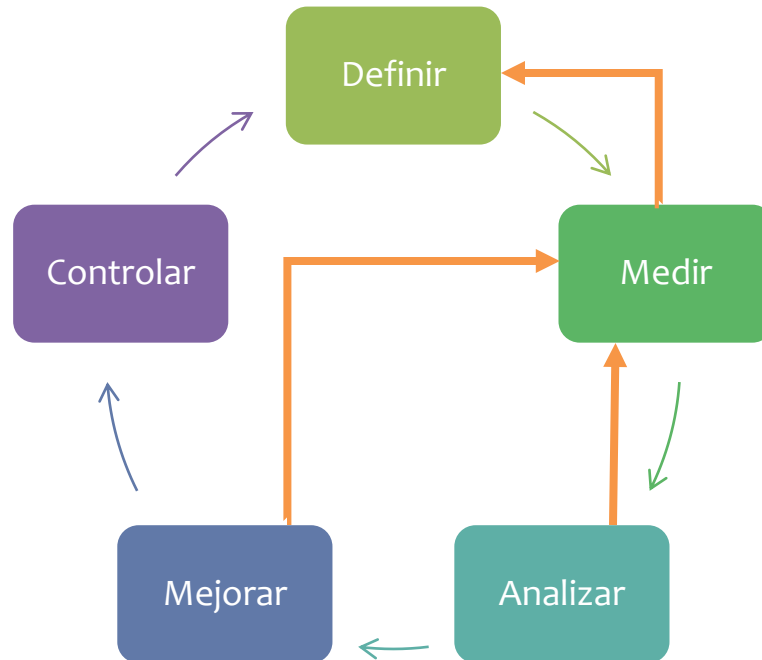
1. Observar datos históricos y/o recolectar datos para establecer la capacidad actual del proceso debe estar en control estadístico.
2. Determinar el objetivo del experimento (CTQs a mejorar).

3. Determinar qué se va a medir el resultado del experimento.
4. Identificar los factores (factores de control y de ruido) que pueden afectar el resultado.
5. Determinar el número de niveles de cada factor y sus valores reales.
6. Seleccionar un esquema experimental que acondicione los factores y niveles seleccionados y decidir el número de réplicas.
7. Verificar todos los sistemas de medición.
8. Planear y preparar los recursos (gente, materiales, etc.) para llevar a cabo el experimento. Hacer un plan de prueba.
9. Realizar el experimento, marcar partes con la condición experimental que la produce.
10. Medir las unidades experimentales.
11. Analizar los datos e identificar los factores significativos.
12. Determinar la combinación de niveles de factores que mejor alcancen el objetivo.
13. Correr un experimento de confirmación con esta combinación "óptima".
14. Asegurar que los mejores niveles para los factores significativos se mantengan por largo tiempo mediante la implementación de Procesos de Operación Estándar y controles visuales.
15. Re-evaluar la capacidad del proceso.

12. ETAPAS DE LA FASE DE CONTROL.

Los proyectos Seis Sigma se van actualizando constantemente. En la siguiente gráfica observamos que la metodología es cíclica, también se puede regresar de una fase a otra, en caso de no haber obtenido la información necesaria, pero lo que no está permitido es saltar fases.

Figura 99. Metodología cíclica Seis Sigma



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

13. IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE CONTROL.

Los procesos tienden a degradarse con el tiempo, por lo que es de gran importancia la implementación de un plan de control para cada $X's$, para establecer el plan es necesario tener procesos y procedimientos documentados y entrenar al personal que llevará a cabo esta actividad.

Una vez implementadas las mejoras se vuelve a calcular los niveles sigma del proceso, para saber en qué nivel nos encontramos actualmente.

Un plan de control es:

- Un resumen de todas las actividades de control para el proceso.
- Un método para identificar deficiencias en el sistema de control.
- Una lista de las actividades de control para implantar.
- Una entrada al AMEF (Procesos maduros).

- Una salida para el AMEF (procesos nuevos).

Planes de control del proceso

La intención del proceso de control es:

- Correr el proceso en el objetivo
- Minimizar la variación sobre el objetivo
- Minimizar los ajustes requeridos y el sobre-control
- *Siempre* conocer los requerimientos del cliente

El propósito del plan de control es:

- Institucionalizar las mejoras del proceso
- Destacar áreas que requieren educación extra
- Proveer procedimientos de un sólo paso para el control de la información

Desarrollo de un plan de control del proceso

Entradas para el plan de control:

- Mapa de proceso final
- AMEF
- Documentación del proceso
- Requerimientos del cliente
- Estudios de capacidad
- Mantenimiento de procedimientos
- Materiales de entrenamiento
- Guías de solución de problemas
- Calendarios de Calibración

Identificación del proceso.

- Del mapa de proceso. Mantener coherencia en nombres con el mapa de proceso, AMEF, etc.

- Sólo Alto riesgo, pasos críticos del proceso.
- ¿Qué está controlado?
- Nombre de la entrada o la salida.
- ¿Entrada o Salida? – Especificar
- Inicialmente, el plan debe tener más controles en las salidas que en las entradas.
- Las metas son para el control de la entrada, no el monitoreo de la salida

Especificaciones y Medición

Límites de Especificación / requerimientos

- Listar el objetivo y las tolerancias para cada entrada y salida crítica
- Método de Medición
- ¿Qué proceso o máquina hace la medición?
- Método de Control
- ¿Qué método se utiliza para el control?
- ¿Automatización? ¿Pre-control? ¿Aislar el error?

Tamaño, Frecuencia y Responsabilidad.

Tamaño de muestra

Seleccionar el tamaño de muestra sobre la base del sistema de medición y capacidad del proceso

Frecuencia de la muestra

Seleccionar la frecuencia basada en el sistema de medición, capacidad del proceso y requerimientos de la operación

¿Quién / qué hace la medición?

¿Quién es responsable de asegurar que los datos se tomen y que sean correctos?

Acción y Documentación

¿Dónde se registra?

¿Dónde residen los datos? ¿Bases de datos, gráficas, ambas?

Regla de decisión / Acción correctiva

¿Qué pasa cuando el proceso está fuera de control?

ANEXO B. CÁLCULO DE SIGMAS DEL PROCESO.

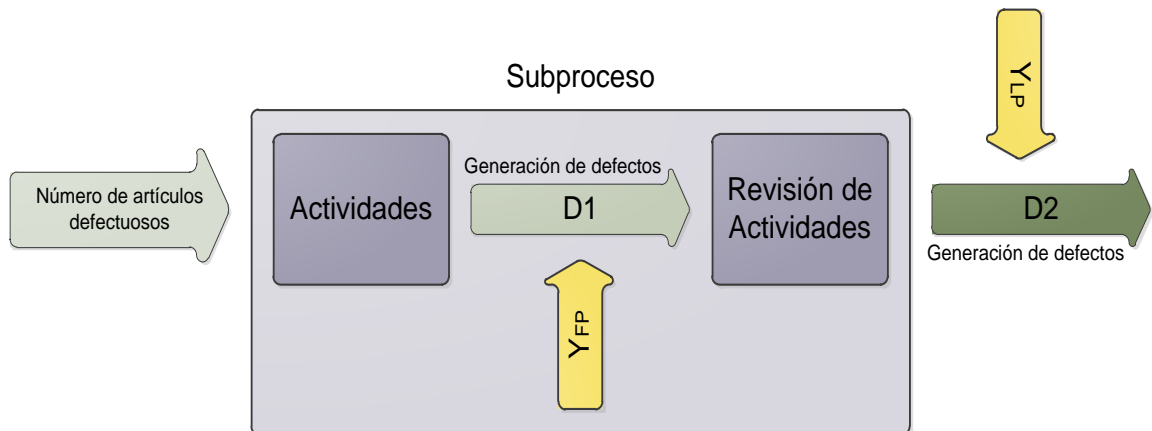
Rendimiento de primera pasada (Y_{FP}) y última pasada (Y_{LP}).

Los resultados y el número de defectos pueden medirse antes o después de que se detecten, corrijan o revisen. Los resultados se miden en porcentajes (%) y el número de efectos en defectos por oportunidad (DPO) o defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Rendimiento al Final (Y_{FT})

Es la probabilidad de que una unidad pase el ensamble final con 0 defectos.

Figura 100. Esquema de un subproceso



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

En este subproceso podemos observar la entrada de N artículos con cero defectos, se realiza un trabajo en el cual hay D1 defectos, resultando el rendimiento a la primera (Y_{FP}), después se revisa el trabajo y al final subsisten D2 defectos, siendo este el rendimiento en la inspección final (Y_{LP}).

Rendimiento Real o Estándar (Y_{RT})

Mide la probabilidad de pasar por todos los subprocessos sin un defecto, se determina con el producto del resultado de cada paso: Es un rendimiento sensible a pasos y defectos en los pasos.

Rendimiento Normal (Y_N)

El rendimiento normal mide el promedio de rendimientos por los pasos del proceso. Es el promedio exponencial basado en el número de pasos del proceso, no es un promedio aritmético.

$$Y_N = \sqrt[n]{Y_{RT}}$$

donde n es igual al número de pasos en el proceso.

Tabla 25. Diferencia entre Y_{RT} y Y_{FT} .

Rendimiento real o estándar (Y_{RT})	Rendimiento al final (Y_{FT})
Rendimiento tomado en cada paso del proceso (oportunidad)	Rendimiento al final del proceso
Rendimiento antes de la inspección o la prueba	Es el rendimiento después de la inspección o la prueba
Incluye retrabajo y desperdicio	Excluye el retrabajo y el desperdicio
Siempre $< Y_{FT}$	Siempre $> Y_{RT}$
Observa la calidad de todas las partes que conforman el producto terminado.	Sólo observa la calidad del producto terminado

Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

Variación a largo plazo (Z_{LT}) Vs. variación a corto plazo (Z_{ST}):

Largo plazo (Z_{LT}):

Son los datos tomados durante un periodo de tiempo suficientemente largo y en condiciones suficientemente diversas para que sea probable que el proceso haya experimentado todos los cambios y otras causas especiales.

$$(Z_{LT}) = \frac{\text{Límite especificado} - \text{media}}{\text{std dev}_{LT}}$$

Corto plazo (Z_{ST}):

Son los datos tomados durante un periodo de tiempo suficientemente corto para que sea improbable que haya cambios y otras causas especiales.

$$(Z_{ST}) = \frac{\text{Límite especificado} - \text{nom}}{\text{std dev}_{ST}}$$

Para el cálculo de datos a largo plazo a partir de datos a corto plazo restamos 1.5, debido a los desplazamientos que sufre la media debido al cambio natural en los procesos.

$$Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5$$
$$Z_{Benchmark} = Z_{YN} + 1.5$$

Donde:

Z_{ST} = Z a corto plazo.

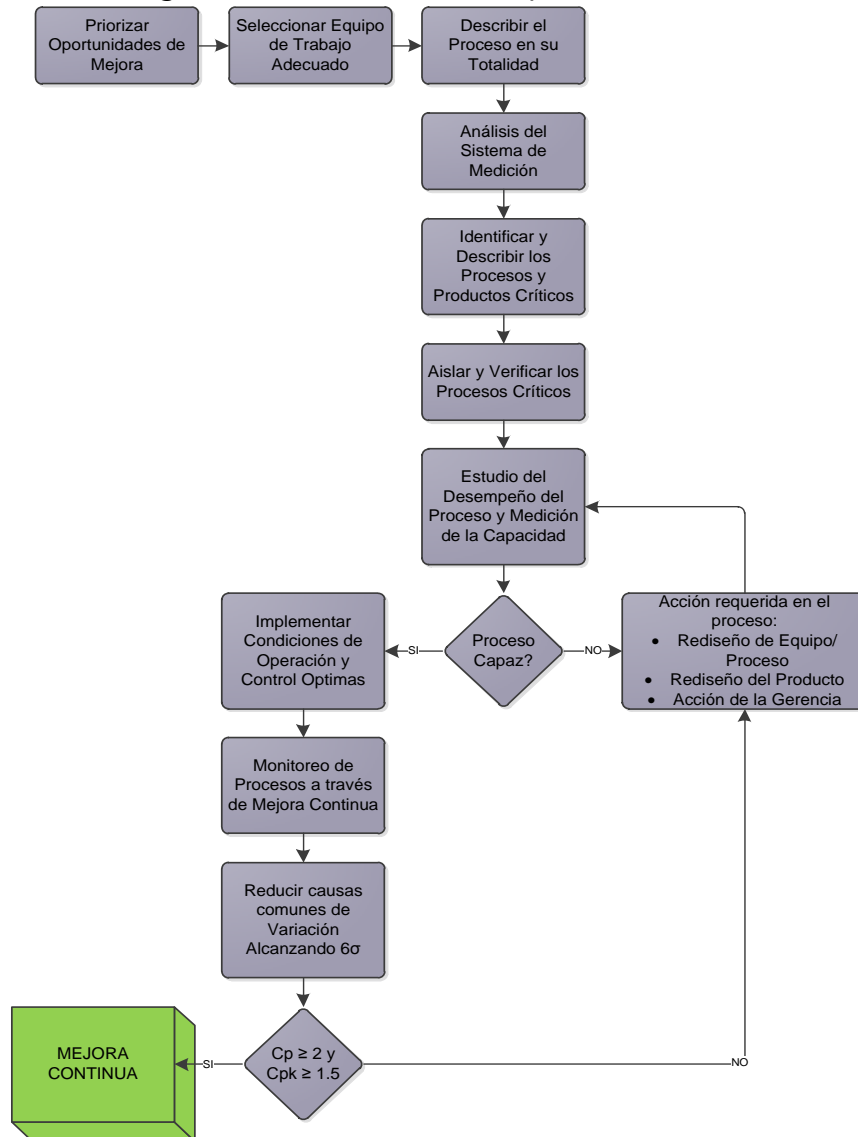
Z_{LT} = Z a largo plazo.

YN = Rendimiento Normal

ANEXO C. DIEZ PASOS DE MOTOROLA PARA LA MEJORA DE PROCESOS.

Motorola sugiere una serie de pasos para mejorar el desempeño de los procesos utilizando la metodología Seis Sigma, como se muestra a continuación:

Figura 101. Pasos Motorola para calidad 6σ



Fuente: Implementing Six Sigma - Forrest w. Breyfogle III

1. Priorizar oportunidades de mejora:

Conocer y especificar los problemas haciendo las siguientes preguntas: cómo, cuándo, donde, por qué y quién. Indicar cuál es el impacto al cliente, confiabilidad, calidad del producto, costos de calidad.

2. Seleccionar el equipo de trabajo adecuado:

Seleccionar un pequeño grupo de gente que conozca el producto/proceso, con la experiencia, disciplina técnica y conocimiento en el área relativa. Establecer el rol del equipo y de cada miembro, seleccionar un Champion que será el encargado de proporcionar los recursos, conducir y asesorar al grupo.

3. Describir el proceso en su totalidad:

Mediante el uso de diagramas de flujo se puede ilustrar las posibles variaciones y alternativas del proceso. Incluyendo todo el equipo, gente, métodos, herramientas instrumentos y equipos de medición.

4. Análisis del desempeño de los sistemas de medición:

Determinar la exactitud, repetitividad y reproducibilidad, linealidad y estabilidad de cada instrumento o indicador utilizado, para asegurar que la capacidad de los mismos sea la adecuada, a lo más del 10% de la variación total permitida para características críticas o 30% máximo para características no críticas. Asegurar que la resolución de la división o dígito más pequeño sea al menos 10 veces mayor que la magnitud que se va a comparar. Por ejemplo; si la tolerancia es de 10mm el medidor debe tener una resolución o distancia entre marcas de al menos 1mm.

5. Identificar y describir los procesos y productos potencialmente críticos:

Enumerar todos los procesos críticos potenciales, mediante el uso de tormentas de ideas, datos históricos, reportes de rendimiento, análisis de falla etc.

6. Aislar y verificar los procesos críticos:

Reducir la lista enfocándonos a los pocos vitales, identificar las relaciones de entrada y salida que provocan problemas específicos. Verificar las causas

potenciales de variación en los procesos, mediante el uso de diseño de experimentos, diagramas de dispersión, y diagramas multivariados.

7. Estudio de el desempeño del proceso y medición de la capacidad:

Identificar y definir las limitaciones de los procesos. Asegurar que los procesos sean capaces de alcanzar su máximo potencial. Determinar las especificaciones "reales". Se considera que un proceso es capaz cuando $C_p \geq C_{pk} \geq 1.0$, si el proceso es capaz se continúa con el paso 8, de lo contrario se requiere tomar acciones rediseñando el proceso o el producto.

8. Implementación de condiciones de operación y control óptimas:

Llevar a cabo un plan permanente de acciones correctivas para prevenir causas especiales de variación. Es necesario tener un proceso estable y predecible, por lo cual se deberá tener continuamente controles de proceso.

9. Monitoreo de procesos a través de la mejora continua:

Los sistemas, métodos, procedimientos deberán de ser modificados cuando sea necesario para evitar las causas especiales de variación. También será necesario identificar las acciones futuras requeridas para mejorar el proceso.

10. Reducir causas comunes de variación para alcanzar Seis Sigma:

Se deben reconocer las limitaciones del proceso. Solamente a través de la reducción y eliminación de las causas comunes de variación y el diseño para la manufactura es posible alcanzar el nivel Seis Sigma. Una vez que las causas especiales se han eliminado solamente pueden permanecer

ANEXO D. AMEF

El AMEF o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.

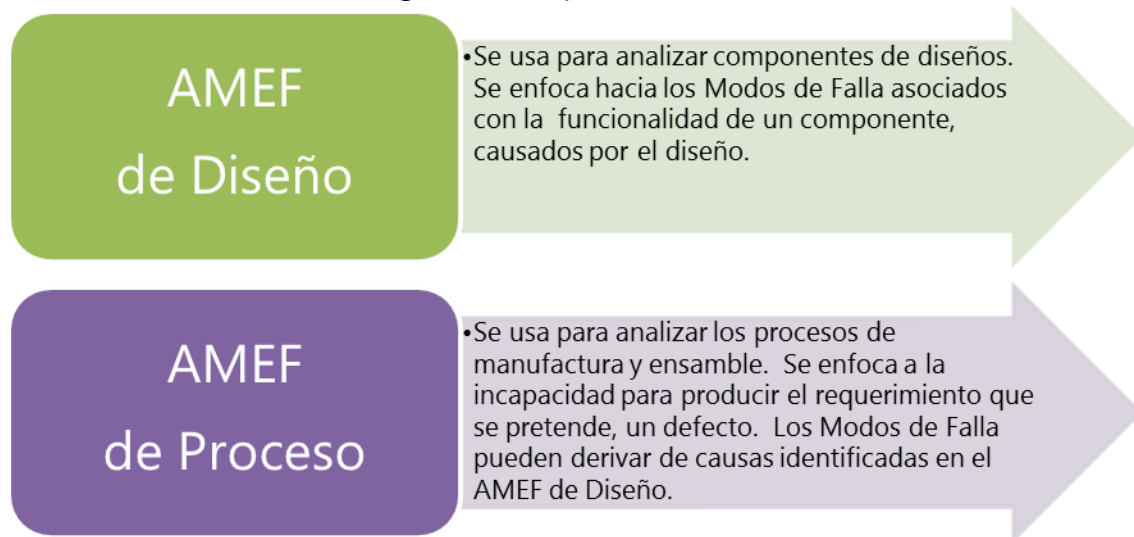
Objetivos

- Identificar los modos de falla potenciales y calificar la severidad de su efecto.
- Evaluar objetivamente la ocurrencia de causas y la habilidad de los controles para detectar la causa cuando ocurre.
- Clasifica el orden potencial de deficiencias de producto y proceso.
- Se enfoca hacia la prevención y eliminación de problemas del producto y proceso

Cuándo iniciar un AMEF

- Al diseñar los sistemas, productos y procesos nuevos.
- Al cambiar los diseños o procesos existentes o que serán usados en aplicaciones o ambientes nuevos.
- Después de completar la Solución de Problemas (con el fin de evitar la incidencia de los mismos).
- El AMEF de diseño, después de que las funciones del producto son definidas, aunque sea antes de que el diseño sea aprobado y entregado para su manufactura.
- El AMEF de proceso, cuando los dibujos preliminares del producto y sus especificaciones están disponibles.

Figura 102. Tipos de AMEF'S



El procedimiento para la elaboración del AMEF (Diseño o Proceso) se puede ver en la tabla 26.

Tabla 26. Pasos para el Desarrollo del AMEF

Formato	Descripción
Nro.	Se lleva la secuencia de la actividad a evaluar
Actividad	Se escribe la actividad y una pequeña descripción indicando el propósito a analizar en donde involucre gran cantidad de operaciones con diferentes fallas potenciales. Se recomienda realizar una lista de operaciones con actividades separadas
Falla Potencial (Modo)	Es la forma en la cual la actividad puede llegar a fallar en cumplir sus propósitos y se debe indicar precisamente una descripción de la falla en esa actividad específica. Brindando una respuesta a la siguiente pregunta ¿Cómo puede la actividad fallar en cumplir los requerimientos?
Efectos Potenciales de la Falla	Son los efectos que se presentan de esa actividad. Se deben considerar los efectos reportados por el cliente Interno/Externo.
Severidad	Es cuantificar por medio de una escala el valor de la severidad de la falla, se aplica solamente al efecto.

Causa Potencial de la Falla	Es la forma en que la falla puede ocurrir, descrita en términos de algo que puede ser corregido o controlado.
Ocurrencia	Es la frecuencia con que la falla se presenta. Se estima la ocurrencia probable dentro de una escala de 1 a 10. Siendo 1 poca ocurrencia y 10 el máximo valor al cual se presenta mencionada falla.
Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR)	Es el producto de los rangos de severidad y ocurrencia.
Clasificación	Los NPR más altos, son considerados para ser clasificados como características clave del proyecto.

Tabla 27. Criterios de Evaluación Sugeridos para la Severidad del Efecto

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Riesgoso - Sin advertencia	Puede peligrar la máquina o el operador de ensamble. Ranking muy alto cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad de la operación del vehículo y / o envuelve incumplimiento a regulaciones gubernamentales. La falla ocurre sin advertencia	10
Riesgoso - Con advertencia	Puede peligrar la máquina o el operador de ensamble. Ranking muy alto cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad de la operación del vehículo y / o envuelve incumplimiento a regulaciones gubernamentales. La falla ocurre con advertencia	9
Muy alto	Paro mayor en la línea de producción. El 100% del producto debe ser desechado. El vehículo / parte es inoperable, pérdida de la función primaria. El cliente esta muy insatisfecho	8
Alto	Paro menor en la línea de producción. El producto debe ser seleccionado y una parte (menor al 100%) desechado. El vehículo es operable, pero se reduce el nivel de desempeño. El cliente esta insatisfecho	7
Moderado	Paro menor en la línea de producción. Una parte (menor al 100%) del producto debe ser desechado (sin seleccionar). El vehículo / parte son operables, pero algunas características de confort / equipo son inoperables. El cliente experimenta inconformidad	6
Bajo	Paro menor en la línea de producción. 100% del producto debe ser retrabajado . El vehículo / parte son operables, pero algunas características de confort / equipo son operables a un nivel reducido de desempeño. El cliente experimenta alguna inconformidad	5
Muy bajo	Paro menor en la línea de producción. El producto debe ser seleccionado y una parte (menor al 100%) retrabajado. Las características de forma y acabado / vibración y ruido son no conformes. El defecto es detectado por muchos clientes	4
Menor	Paro menor en la línea de producción. Una parte del producto (menor al 100%) tiene que ser retrabajada en la línea, pero fuera de la estación de trabajo. Las características de forma y acabado / vibración y ruido son no conformes. El defecto es detectado por el promedio de clientes	3
Muy menor	Paro menor en la línea de producción. Una parte del producto (menor al 100%) tiene que ser retrabajada en la línea, pero fuera de la estación de trabajo. Las características de forma y acabado / vibración y ruido son no conformes. El defecto es detectado por algunos clientes	2
Ninguno	Sin efecto	1

Tabla 28. Criterios de Evaluación Sugeridos para la Ocurrencia

Probabilidad de falla	Rangos de probabilidad de falla	Cpk	Ranking
Muy alta: La falla es inevitable	Igual o mayor a 1 en 2	Menor a 0.33	10
	1 en 3	Igual o mayor a 0.33	9
Alta: Generalmente asociada con procesos similares o procesos anteriores que a menudo fallan	1 en 8	Igual o mayor a 0.51	8
	1 en 20	Igual o mayor a 0.67	7
Moderado: Generalmente asociado con procesos similares o procesos anteriores los cuales experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	Igual o mayor a 0.83	6
	1 en 400	Igual o mayor a 1.00	5
	1 en 2,000	Igual o mayor a 1.17	4
Bajo: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	Igual o mayor a 1.33	3
Bajo: Fallas aisladas asociadas con procesos idénticos	1 en 150,000	Igual o mayor a 1.50	2
Remota: Sin fallas asociadas con procesos idénticos	1 en 1,500,000	Igual o mayor a 1.67	1

Tabla 29. Criterios de Evaluación sugeridos para la Detección

Detección	Criterio: La habilidad de que la existencia de un defecto sea detectadas por los controles del proceso antes de la operación siguiente o subsecuente, o antes de que la parte o componentes salgan a la instalación de manufactura o ensamble	Ranking
Casi Imposible	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy Remoto	Probabilidad muy remota de que los controles actuales detecten el modo de falla	9
Remoto	Probabilidad remota de que los controles actuales detecten el modo de falla	8
Muy bajo	Muy baja probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla	7
Bajo	Baja probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla	6
Moderado	Probabilidad moderada de que los controles actuales detecten el modo de falla	5
Moderadamente Alto	Probabilidad moderadamente alta de que los controles actuales detecten el modo de falla	4
Alto	Probabilidad alta de que los controles actuales detecten el modo de falla	3
Muy Alto	Probabilidad muy alta de que los controles actuales detecten el modo de falla	2
Siempre Detectable	Los controles actuales siempre detectan el modo de falla.	1

Cada vez que haya alguna modificación en el proceso o en el producto se debe de actualizar el A.M.E.F.

Cartas Multi-Vari

El análisis Multi-Vari permite determinar las fuentes que presentan mayor variación, a través de la descomposición de los componentes de variabilidad del proceso.

El objetivo general de las cartas Multi-Vari es, descubrir los componentes de variación en el proceso y cuantificar las diferentes fuentes de variabilidad, las cuáles pueden ser, por ejemplo: de lote a lote, dentro del lote, de turno a turno, entre

turnos, dentro del turno, de máquina a máquina, dentro de la máquina, de operador a operador, dentro del operador, entre operadores, etc.

Su propósito fundamental es reducir el gran número de causas posibles de variación, a un conjunto pequeño de causas que realmente influyen en la variabilidad.

Sirven para identificar el patrón principal de variación de entre tres patrones principales:

1. Temporal:

Variación de hora a hora; turno a turno; día a día; semana a semana; etc.

2. Cíclico:

Variación entre unidades de un mismo proceso; variación entre grupos de unidades; variación de lote a lote.

3. Posicional:

- Variaciones dentro de una misma unidad (ejemplo: porosidad en un molde de metal) o a través de una sola unidad con múltiples partes (circuito impreso).
- Variaciones por la localización dentro de un proceso que produce múltiples unidades al mismo tiempo. Por ejemplo las diferentes cavidades de un molde
- Variaciones de máquina a máquina; operador a operador; o planta a planta

Una vez identificados las fuentes de variación, el análisis Multi-Vari está diseñado y enfocado a identificar la variable independiente de mayor influencia dentro de las familias de variación descritas anteriormente.

ANEXO E. CÉLULAS DE MANUFACTURA Y SUS METODOLOGÍAS EXISTENTES.

1. FILOSOFÍA DE GRUPOS: UNA EMPRESA DENTRO DE OTRA EMPRESA

La disposición de los equipos y el material normalmente se establece desde el principio, cuando la empresa va a iniciar su funcionamiento. Pero ésta distribución de planta puede variar de acuerdo a las necesidades y exigencias que se van presentando día a día. A continuación se presentan una serie de factores que pueden ser causas de éstos cambios.

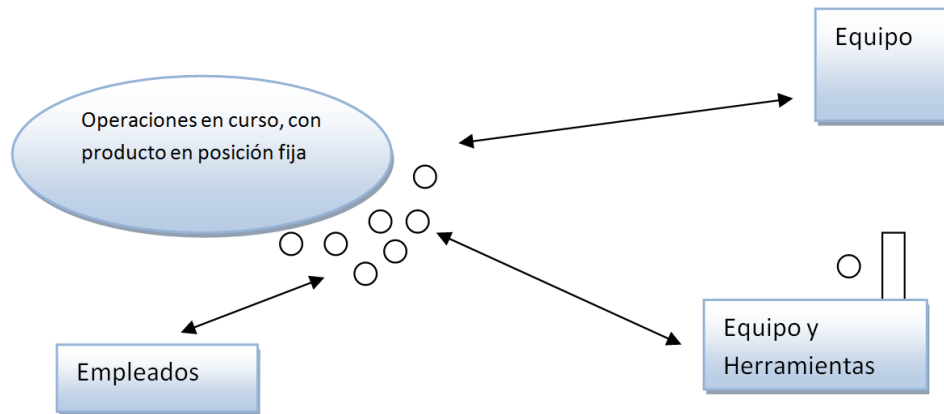
- Desarrollo de nuevos productos o cambios en el diseño del mismo
- Adquisición de nuevos equipos
- Nuevos sistemas de transporte
- Modificaciones del edificio
- Adopción de nuevos métodos de trabajo para hacer frente a los aumentos de la demanda de cierto producto (actual necesidad)
- Filosofías de dirección enfocadas en la adquisición de nuevas tecnologías de manipulación, redes de ordenares etc.

Cuando nos vemos afectados por las anteriores razones, es de vital importancia reconocer que las instalaciones se han vuelto inadecuadas ya que muy posiblemente se generen congestiones, represamientos, desplazamientos innecesarios y cruces en la línea de producción que generen desperdicios de talento humano.

2. Tipos de Disposiciones

Existen Cuatro disposiciones básicas.

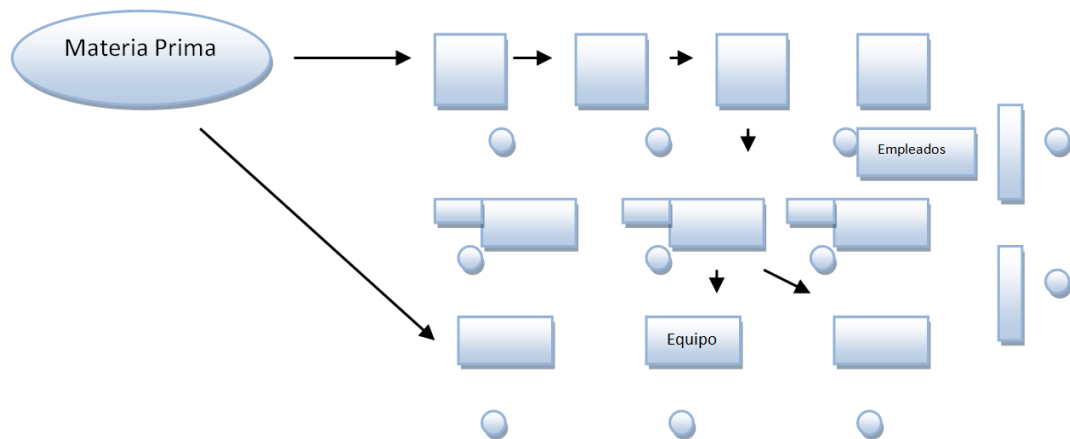
Figura 103. Disposición por posiciones fijas



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

Ésta modalidad se utiliza cuando el material no se desplaza por la fábrica, en cuyo caso, todos los equipos y personal se trasladan a ése lugar fijo. Esto sucede cuando el producto es voluminoso y pesado. Ejemplo: Fabricación de aeronaves

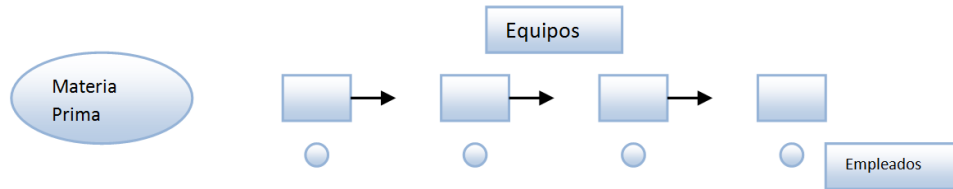
Figura 104. Disposición por proceso o función (Actual)



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

Todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, ésta disposición se utiliza cuando se fabrica una amplia gama de productos que necesitan de los mismos equipos y produce volúmenes relativamente pequeños. Ejemplo: fábrica de tejidos.

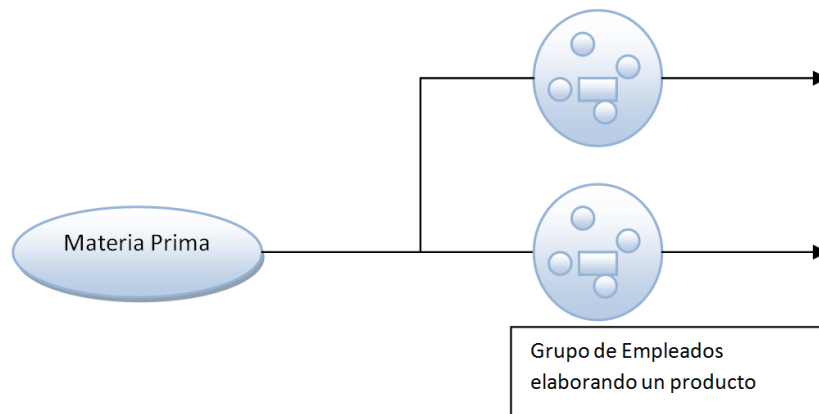
Figura 105. Disposición de producto en línea



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

Todo el equipo se agrupa en una misma zona y se ordena de acuerdo al proceso de fabricación. Ésta disposición se aplica para cuando existe una gran demanda de un producto. Ejemplo: Embotellado de bebidas.

Figura 106. Disposición por grupos, aplicación de métodos de producción por grupos



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

En un esfuerzo por incrementar la productividad de las empresas, se han desarrollado métodos que permiten distribuir sus operaciones de un modo tal que permiten la creación de grupos de operarios que trabajan en un mismo producto o parte de él, teniendo a su alcance los equipos necesarios para desarrollar su tarea, en éste caso los operarios se distribuyen las tareas.

3. Ventajas del Trabajo en Grupo

Cuando son definidas las funciones en cada puesto respectivo, se realiza una coordinación de las funciones para optimizar el proceso de producción. El objetivo fundamental de ésta filosofía de trabajo es la de unir los puestos individuales de trabajo enfocándolos en la formación de Grupos de Trabajo. En la línea productiva mencionados grupos pueden aportar grandes ventajas las cuales se enumerarán las más importantes.

- La ventaja más importante es la forma en que se establecen los objetivos, la forma de medir los resultados. Es mucho más fácil evaluar los resultados obtenidos de un trabajo colectivo que de un trabajo individual. Se Crea un mayor control de la producción y se ahorra en trabajos para el coordinador de producción sin la necesidad de estar evaluando los mínimos producidos a cada empleado.
- Se incrementa la variación de actividades individuales, lo cual genera un grado de satisfacción en el operario al eliminar la monotonía de su proceso, experimentan la sensación de participar en un proceso más amplio comparado con el trabajo limitado individual.
- Los operarios sienten tal afinidad con el grupo de trabajo, que ellos mismos generan aportes en la forma de mejorar continuamente el método de producción, eliminando los trabajos innecesarios.

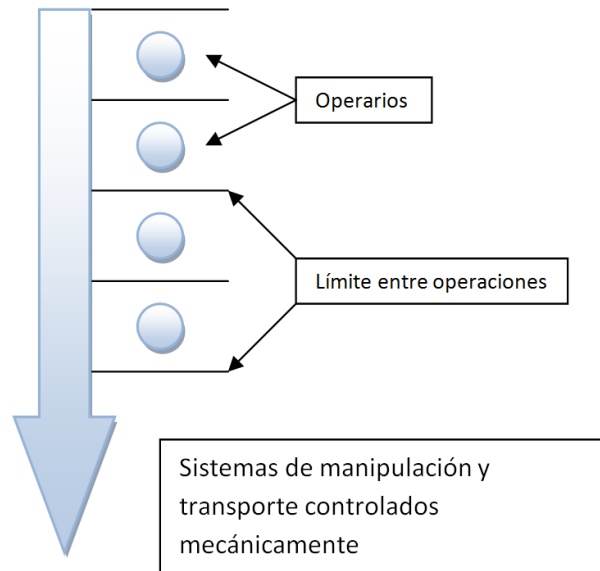
- Se incrementa el espíritu de trabajo
- Se adquiere una destreza en la búsqueda de una detección temprana de los defectos que pueden provenir del departamento de fundición como lo son porosidades y durezas excesivas, lo cual permite el envío del lote completo de nuevo para su fundición y no como actualmente se está llevando a cabo el cual los problemas aparecen días después de iniciado el proceso del lote que se encuentra en condiciones no aptas para su mecanizado
- La empresa adquiere nuevas destrezas, lo cual contribuye a que se adapte a las nuevas situaciones de una forma más fácil y eficiente. Es importante destacar que toda empresa se encuentra en proceso de evolución y los cambios del mercado son mucho más rápidos que el proceso de cambio dentro del entorno de producción.
- Disminuyen los traslados innecesarios de material, lo cual evita daños en la pieza, no se malgasta la energía de los operarios y se evita el desperdicio de tiempo.
- No se responsabiliza a cada operador por una sola operación, sino más bien se responsabiliza a todo el grupo de operadores por la celda para la cual deben tener la habilidad de una diversidad de operaciones
- La distribución de los puestos de trabajo y maquinaria en los procesos productivos determinan fuertemente los resultados del mismo; una buena distribución de los recursos productivos dará como resultado los volúmenes de producción requeridos, con el cumplimiento de los requisitos establecidos por el cliente y en el tiempo requerido.
- La disminución de los inventarios de materias primas, procesos de producción y bienes finales, por ello el costo financiero de las empresas se ve afectado positivamente.

- De la misma forma el personal de control de calidad y los productos defectuosos son disminuidos al transferir la responsabilidad de control de calidad al grupo de trabajo, disminuyendo los costos administrativos de calidad.
- Mayor flexibilidad para responder a cambios de productos.
- Aumento en la capacidad de producción

Es muy difícil para la dirección asumir un rol que permita controlar, administrar y vigilar los efectos de todos los procesos, los nuevos modelos en las organizaciones deben desarrollar una adaptación inherente a los nuevos paradigmas y asumir una posición de responsabilidad con las tareas encomendadas.

4. Dos modelos de sistemas de producción: ¿A cuáles de ellos se adapta el trabajo en grupo?

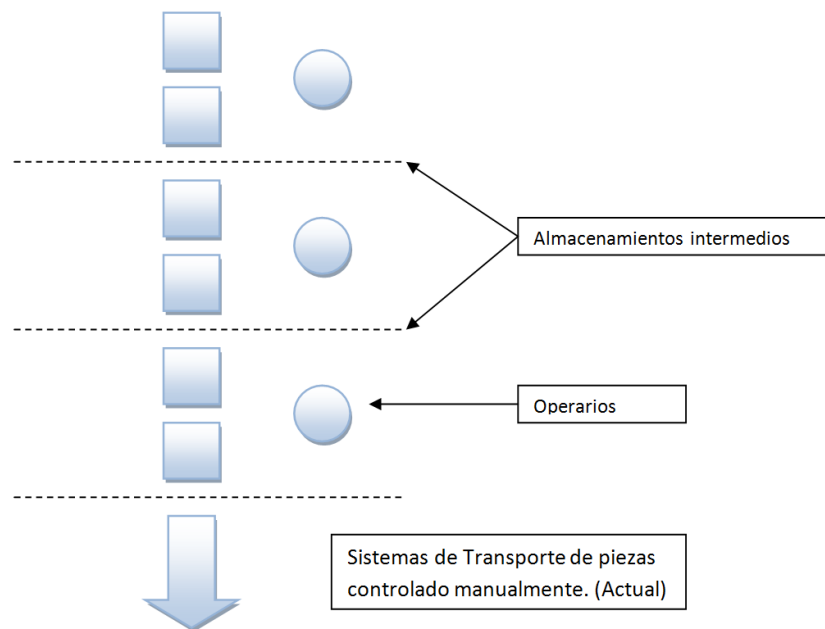
Figura 107. Proceso adaptado al ritmo del equipo



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

En la figura 107, la organización del trabajo está completamente atada al sistema técnico y la manipulación de los materiales es altamente mecanizada. Los trabajos individuales son muy limitados y el ritmo de trabajo lo rige el sistema mecánico. Éste tipo de organización se observa frecuentemente en procesos en donde la manipulación del material es un factor importante y la función siguiente es la predominante. Ejemplo: Montaje final de automóviles. Ésta filosofía de trabajo es muy sensible a los cambios y se justifica el dicho de que la resistencia de una cadena se juzga por su eslabón más débil. Sus ventajas son la fluidez del material de un extremo a otro, utilización eficiente del espacio, equipo y personal. Todo eso no favorece en lo absoluto el trabajo de Grupo.

Figura 108. Proceso adaptado al ritmo Humano



Fuente: Kanawaty, G. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición, 1996.

En la figura 108 se presenta una línea de producción la cual posea un sistema de transporte de material no mecánico, la cual tiene depósitos intermedios de material entre cada proceso lo cual deja como resultado un tipo de organización funcional. Éstas características permiten adaptar el ritmo de trabajo al desempeño individual, en una forma que sería imposible en una cadena de montaje como la expuesta anteriormente. El sistema de producción en ésta metodología es menos rígido y permite la implementación de propuestas.

En éste caso es excelente la implementación de un sistema de células de manufactura ya que el trabajo colectivo formado por acciones individuales puede superar las anomalías de funcionamiento normales de cada proceso hasta alcanzar un grado satisfactorio, se pueden colaborar mutuamente, nivelar los volúmenes de trabajo y lo más importante es el esfuerzo colectivo aplicado por cada empleado para realizar una tarea y así cumplir con los estándares exigidos por el coordinador de mecanizado.

5. METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL DISEÑO DE CÉLULAS DE MANUFACTURA

Investigaciones que se han realizado a lo largo de los años han llevado a la búsqueda de ser mucho más eficientes con lo que se cuenta sin la necesidad de adquirir tecnología de grandes costos, lo cual en muchos casos sería ideal, pero desafortunadamente mencionado capital no puede ser patrocinado por las empresas con facilidad. El mercado mundial es muy volátil y la competencia día a día busca la forma de seguir implementando filosofías que permitan un incremento sustancial en la productividad de sus departamentos con el material de trabajo que se posee.

La tecnología de grupo comúnmente llamada Células de manufactura, es una filosofía de trabajo de clase mundo, la cual hasta la fecha ha sido aceptada para dar

solución a muchos de los problemas que las empresas poseen en sus líneas de producción, procesos administrativos y distribuciones de planta. Las investigaciones en las últimas décadas sobre éste tema en particular brindan gran importancia al diseño de la celda, disposiciones de las mismas, asignación de operadores, planeación, programaciones a corto plazo y evaluación de funcionamiento.

Al parecer, una razón significativa del vacío entre la investigación práctica y la teórica, es que en la mayoría de las metodologías planteadas no consideran criterios de producción de ingeniería⁸. Aun existiendo muy buenos modelos de agrupamiento y métodos matemáticos para diseñar la distribución de celdas, no toman en cuenta la posibilidad de rediseñar los procesos de producción de las piezas, incluso factores como el procedimiento adecuado para la exitosa implementación de las celdas, factores laborales y culturales.

6. Metodologías para la creación de familias y estructuración de células de manufactura

Es una parte fundamental para el desarrollo de un sistema de grupo la identificación de piezas por familias y éstas son relacionadas por su similaridad. No se han escatimado esfuerzos en buscar metodologías adecuadas en la búsqueda de tratar de crear éstas familias de piezas ya que en muchos casos las variables que determinan el agrupamiento óptimo son difíciles de cuantificar por lo que los métodos de diseño son en su mayoría empíricos. En Lavco, la creación de familias de piezas en el departamento de mecanizado no es una tarea tan complicada ya

⁸ Wemmerlov y hyer (1989), choi (1996), Oloronniwo y Udo (1996), Wemmerlov y Johnson (1999), Reismaan et al. (1997)

que la similitud entre los productos que se realizan es ideal, lo cual permite un análisis no tan extenso y complicado.

7. Método de Clasificación Visual

Se basa en la experiencia y criterio de los diseñadores, ingenieros, operarios y directivos, el cual no es propiamente un método pero si es una forma muy sencilla de agrupar celdas. La clasificación y formación de agrupaciones ocurre simultáneamente.

Se requieren condiciones como el número de productos distintos no debe ser demasiado grande y no deben ser excesivamente complicados.

Desventajas de la Clasificación Visual:

- Carecer de una metodología sistemática
- Apoyarse exclusivamente en el criterio humano

El criterio humano tiende a limitar el número de aplicaciones que se le puede conferir a la clasificación, lo cual podría conducir a llevar a cabo mencionadas clasificaciones bajo las características menos adecuadas al objetivo que se desea cumplir.

8. La Taxonomía Numérica de M. Bednarek

La taxonomía numérica de M. Bednarek es un método de aplicación de los métodos taxonómicos a la formación de familias de partes. Consta de tres etapas⁹.

- Preparación de la matriz de datos
- Cálculos
- Agrupación de partes

⁹ Luis Antonio Nogueira Lorena and Joao Carlos Furtado, Constructive Genetic Algorithm for Clustering Problems, Evolutionary Computation, 2001. Volume 9, Number 3

9. Método de Subdivisión Sucesiva

Éste método fue desarrollado en Rusia por Mitrofanov (1955) para identificar un componente compuesto que tuviese los atributos distintivos de las piezas integrantes de una familia dada. El componente compuesto en realidad es una pieza ficticia que sirve para diseñar el herramental y los dispositivos requeridos para el maquinado óptimo de todas las piezas que integran mencionada familia. Se minimiza el tiempo improductivo.

Por sus características, este método fue desarrollado para familias de piezas que se fabricaran en una sola máquina, pero también es útil para subdividir el universo de piezas cuando la clasificación es muy extensa¹⁰.

10. Método de Clasificación por Atributos

Una forma muy importante de utilizar el razonamiento es relacionar objetos o ideas similares. Esta aplicación, que originalmente se realizó con los fenómenos naturales, puede utilizarse también en los procesos de información y en los sistemas de manufactura; en los casos en los cuales una gran cantidad de información debe ser almacenada. Un sistema de clasificación y codificación es una herramienta para capturar o codificar características de diseño, manufactura u otra información relevante de piezas o productos.

La formación de las familias de piezas se puede realizar de la siguiente forma:

- Definición del universo de piezas a fabricar
- Codificación de las piezas
- Formación de familias de piezas
- Establecer parámetros generales para el agrupamiento de equipos

¹⁰ J. L. Burbidge, "Production Flow Analysis", Production Engineer, Vol. 50, 1966. p 139

- Determinación de características de las celdas
- Integración de los equipos requeridas para cada familia
- Análisis de la distribución de carga de trabajo
- Establecimiento de requerimientos de herramientas y dispositivos

11. Método por análisis de flujo de producción

Este método desarrollado por J. L. Burbidge, se basa en la información contenida en hojas de proceso de las piezas. Las características de diseño de las piezas y el herramental no considerado en formación directa. Este método se basa en el principio de que la mayoría de las piezas se elaboran en una misma fábrica, hecho que implica, en gran medida, una familia 30¹¹.

Existen tres niveles sucesivos de análisis en la aplicación del AFP a saber: Análisis de flujo de fábrica (AFF), análisis de grupo (AG) y análisis de línea (AL).

En el AFF se divide la fábrica en unidades de tamaño departamental y se identifican las piezas que pueden ser fabricadas con las máquinas y equipos ubicados en cada una de ellas. En cuanto al análisis de grupo (AG) su principal finalidad es subdividir cada unidad en grupos de máquinas, identificando las familias de piezas que se han de fabricar en cada grupo.

Este análisis constituye la parte central del método. Al igual que el AFP descrito, es muy recomendable que un tipo dado de máquina se sitúe en un solo grupo y también que cada pieza se termine de fabricar dentro del grupo en el que se inició su elaboración. Por razones obvias, los procesos incompatibles no se deben ubicar dentro de un mismo grupo.

En la etapa de análisis de línea (AL), se estudia la trayectoria de los materiales dentro de las celdas, para determinar la ubicación más conveniente de las

¹¹ Shahrukh A. Irani, "Handbook of Cellular Manufacturing Systems". John Wiley, 1999, pp 35-68

máquinas y los equipos. En el caso ideal todas las piezas de una familia siguen un flujo unidireccional dentro de la celda. Cuando las celdas bajo análisis son simples bastará con utilizar el sentido común para realizar el análisis de línea, pero cuando las celdas son complejas, es aconsejable seguir los siguientes pasos:

- Remuneración de todas las operaciones en secuencia.
- Registro de la incidencia de uso.
- Codificación de máquinas.
- Determinación de la secuencia de cada pieza.
- Trazo del diagrama de flujo

12. Formación de celdas usando secuencia de información y redes neuronales

Existen varios métodos de redes neuronales para la formación de celdas. La mayoría de ellos o las técnicas de redes neuronales utilizan cualquier tipo de aprendizaje competitivo¹² Otras redes neuronales, que apuntan a optimizar una cierta función de energía, también se han propuesto para la formación celular (Lozano al 1993, Canea al 1999) pero ellos también usan la matriz de incidencia binaria parte-máquina.

13. Formación de celdas por algoritmo genético (GAS)

Los Algoritmos Genéticos (GAS) son muy conocidos por sus variadas aplicaciones en la optimización general, sobre todo en la optimización de problemas de combinaciones (Davis, 1991; De Jong, 1975; Goldberg, 1989; Holanda, 1975; Michalewicz, 1996). Un algoritmo típico genético se basa en la evolución

¹² (Malave y Ramachandran 1991; Chu, 1993), ARTI (Dagli y Huggahalli 1991; Kaparathi y Suresh 1992; Prasad y Rajan 1994), el Arte Fuzzy (Suresh y Kaparathi 1994., Kamal y Burke 1996), Fuzzy Min-Max (Lozano, 1999) o SOFM (Venugopal y Narendraní 1994)

controlada de una población estructurada, operadores de recombinación, la formación de esquema y propagación sobre generaciones.

La aplicación de un Algoritmo Genético Constructivo (CGA) se utiliza para resolver el problema de la Formación de Celdas de Partes-Máquinas (MPCF). La aplicación se hace mediante una analogía del p-media (ver figura 109) del problema, desde que ambos presentan problemas de agrupamiento. La búsqueda para el vértice del p-medio en una red (gráfico) es una situación clásica en este problema. El objetivo es localizar los p-medios (la mediana) minimizando la suma de las distancias de cada punto de la demanda a su media más cercana. El MPCF se modela como un problema bi-objetivo del p-medio, que se usa como base para construir, factiblemente, las asignaciones de máquinas y partes para grupos específicos y se considera un esquema de evaluación y estructuras, en una base común. Una estructura particularmente derivada y un esquema de representación consideran una distancia Jaccard para los cordones binarios.

Un tamaño variable de la población es formado sólo por el esquema, considerado como los bloques para la construcción de soluciones factibles a lo largo de las generaciones. La recombinación origina, la diversificación de la población y un tipo de mutación de búsqueda local se aplica a las estructuras generadas que representan las soluciones factibles¹³.

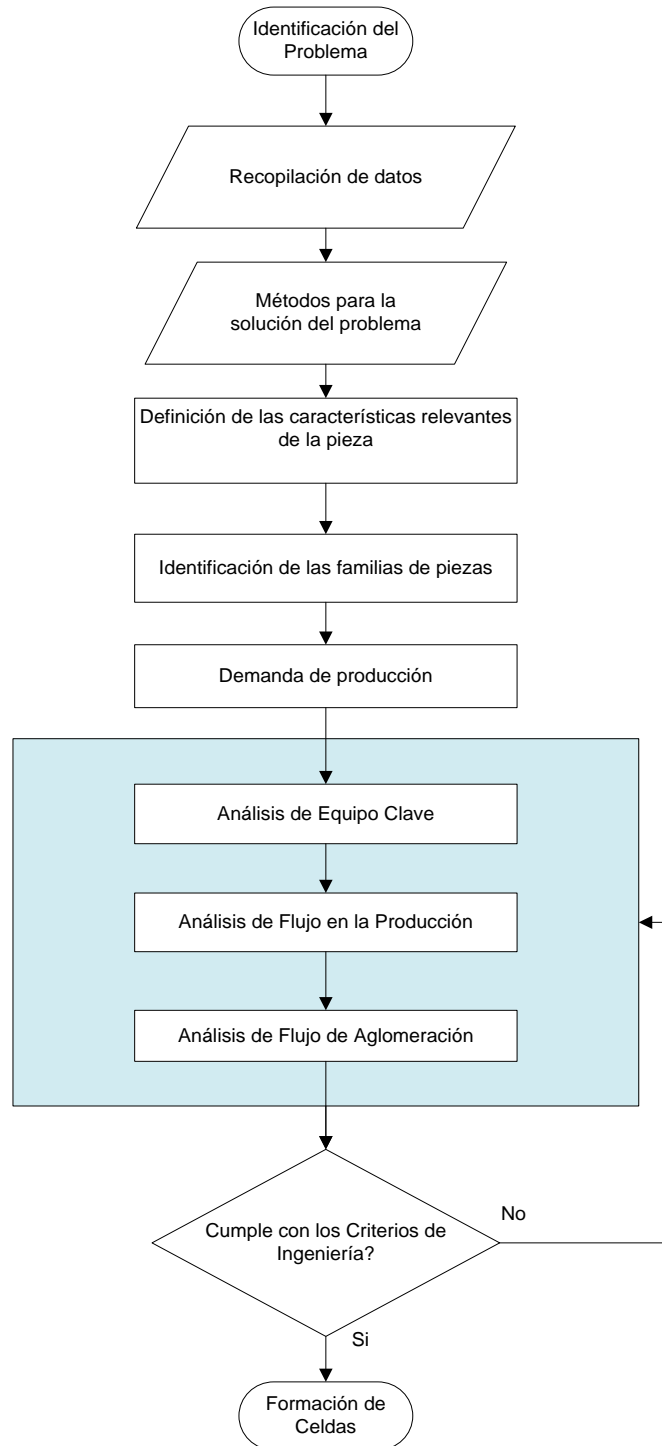
14. Metodología general de solución para la formación de celdas¹⁴

Como en todo problema que se pretende solucionar, debe contarse con una metodología o protocolo que permita resolver adecuadamente dicha situación.

¹³ Mitrofanov, S. P., "Scientific bases for organizing or grouping production" 1959

¹⁴ Córdova M. Victor. Estudio para la implementación de una celda de manufactura en la Industria Metalmeccánica. Mexico, 2007.

Figura 109. Metodología para el Desarrollo de Células de Manufactura



Fuente: Estudio para la implantación de una celda de manufactura en la industria metalmeccánica, Víctor M. Córdoba barrios. México 2007

15. Descripción de secuencia de pasos del diagrama de formación de celdas

- Identificación del problema

Brindar una propuesta de celda de trabajo la cual se espera sea implementada en el departamento de mecanizado con el objetivo de brindar apoyo en la búsqueda de disminución de tiempos en los ciclos de trabajo.

- Familiarización del Problema

Para resolver dicha situación se necesita identificar las respuestas a unas preguntas sencillas como ¿Qué elementos lo componen?, ¿Por qué se presenta? Y ¿Cómo se presenta el problema?

- Definición de las características de las piezas

Es necesaria una investigación la cual nos comente acerca de problemas en la industria de la misma naturaleza con el fin de crear esa idea que nos indique las soluciones que fueron implementadas lo cual nos puede brindar alternativas de solución

- Definición de las características relevantes de las piezas

Se identifican las piezas producidas en el área de estudio y se analizan sus características principales.

- Identificación de las familias de piezas

Se realiza la primera agrupación de piezas con base en la geometría, procesos de producción y la máquina clave para dicho proceso.

- Demanda de producción

Se realiza una consulta de cuál es el elemento de mayor producción para darle prioridad.

- Análisis

Se toman criterios que sirven para una mejor agrupación a las familias de piezas y el posible arreglo de equipos que van a formar las celdas de trabajo. Los criterios son los siguientes:

- Análisis de equipo clave:

El estudio se fundamenta en las hojas de ruta de los procesos de maquinado, el cual nos puede brindar una visión de cuál es el equipo clave en el proceso de producción de las piezas.

- Análisis de flujo de producción:

Consiste en observar las hojas de ruta y observar cuales piezas tienen operaciones en los mismos equipos, lo cual crea inmediatamente una familia de piezas por operaciones.

- Análisis de aglomeración:

Análisis de piezas con geometrías semejantes o procesos. En éste momento creamos una matriz en donde la columnas pasan a ser los ítem de piezas y en las filas los equipos. Lo cual al evaluar los datos se obtendrán piezas agrupadas por proceso (matriz unitaria)

Estos criterios de formación de celdas en la actualidad son los más utilizados por la Industria Manufacturera Estadounidense según publicaciones del departamento de manejo de decisiones de la Universidad de Tennessee y constatado por la Asociación Americana de Tecnología de Manufactura (AAMT), al cual pertenecen aproximadamente 556 compañías de las cuales 400 han implementado celdas de trabajo¹⁵.

¹⁵ Eduardo Oliva López. Apuntes de clase de sistemas celulares de Producción. Estudio para la implantación de una celda de manufactura en la industria metalmecánica, Víctor M. Córdova barrios. México 2007

16. Criterios de agrupamiento para la formación de familias de piezas y celdas de trabajo.

La generación de utilidades es uno de los principales enfoques que se desean implementar cuando se desarrolla un sistema de éste tipo. A continuación se presentan unos de los más utilizados.

Tabla 30. Formación de familias y celdas¹⁶

Criterio	Objetivo	Cálculo	Beneficios
Rentabilidad Unitaria por equipo	Selección del equipo que presenta la mayor contribución a utilidades	$Num = \frac{\text{Contribución por hora de uso } \$}{\text{Costo de hora - equipo } \$}$	En la celda que las incluye, los equipos con valores altos de Num , incrementan notablemente el valor agregado a los productos que procesan
Rentabilidad unitaria por pieza o producto	Selección de la carga de trabajo (pieza o producto) que presenta la mayor contribuciones a las utilidades	$Nup = \frac{\text{Contribución por pieza}}{\text{Costo Unitario de Fabricación}}$	La fabricación de piezas y productos con valores altos de Nup , en una celda, con su rápido procesamiento tienden a generar un alto valor agregado por pieza procesada
Costo de equipos por hora de trabajo	Seleccionar la pieza o producto que aporta mayor carga de trabajo	$Acp = \frac{\text{Carga de trabajo de pieza (hr)}}{\text{Capacidad de trabajo de celda (hr)}}$	La asignación prioritaria de piezas o productos con valores altos Acp , tienden a justificar la

¹⁶ Diseño en Ingeniería Mecánica. Joseph Edward Shigley McGraw-Hill. pp. 314-318

			implementación de celdas con alta carga de trabajo
Carga de trabajo procesada (horas-pieza) por unidad de costo de equipos	<p>Seleccionar los equipos que procesan mayor carga de trabajo por unidad de costo de equipos.</p> <p>Seleccionar las piezas que se procesan a costos bajos de hora-equipo</p>	$Hcp = \frac{\text{Carga de trabajo (hr)}}{\text{Costo de hora - equipo \$}}$	<p>La asignación prioritaria de equipos con valores de Hcp, tienden a reducir el costo total de las celdas, para un valor dado de carga de trabajo</p>
Semejanza de proceso	<p>Seleccionar los equipos que se utilizan en un número elevado de piezas. Seleccionar las piezas que requieren el uso de los mismos equipos</p>		

ANEXO F. TABLAS DE TIEMPOS DE MECANIZADO

Tabla 31. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca

Mecanizado Interior I	Mecanizado Interior II	Mecanizado Interior	Mecanizado Interior
		I/10cm	II/10cm
101	110	46,78	50,95
93	109	43,08	50,49
93	111	43,08	51,41
108	110	50,02	50,95
98	114	45,39	52,80
101	106	46,78	49,10
98	97	45,39	44,93
100	106	46,32	49,10
100	109	46,32	50,49
97	113	44,93	52,34
97	111	44,93	51,41
97	109	44,93	50,49
100	110	46,32	50,95
105	109	48,63	50,49
103	108	47,71	50,02
101	108	46,78	50,02
102	113	47,24	52,34
100	105	46,32	48,63
105	113	48,63	52,34
99	109	45,85	50,49
92	111	42,61	51,41
97	106	44,93	49,10
102	109	47,24	50,49
102	111	47,24	51,41
99	110	45,85	50,95
98	109	45,39	50,49
107	109	49,56	50,49
109	107	50,49	49,56
100	101	46,32	46,78

91	101	42,15	46,78
90	107	41,69	49,56
90	102	41,69	47,24
108	110	50,02	50,95
94	106	43,54	49,10
107	103	49,56	47,71
108	107	50,02	49,56
104	102	48,17	47,24
106	101	49,10	46,78
107	107	49,56	49,56
93	105	43,08	48,63
100	108	46,32	50,02
104	106	48,17	49,10
107	107	49,56	49,56
105	108	48,63	50,02
105	106	48,63	49,10
97	109	44,93	50,49
109	101	50,49	46,78
106	102	49,10	47,24
110	109	50,95	50,49
104	100	48,17	46,32
100	110	46,32	50,95
92	100	42,61	46,32
90	102	41,69	47,24
101	109	46,78	50,49
100	107	46,32	49,56
97	100	44,93	46,32
92	107	42,61	49,56
105	107	48,63	49,56
107	109	49,56	50,49
108	109	50,02	50,49
94	102	43,54	47,24
92	107	42,61	49,56
99	106	45,85	49,10
97	104	44,93	48,17
98	101	45,39	46,78

106	109	49,10	50,49
90	109	41,69	50,49
101	106	46,78	49,10
109	107	50,49	49,56
90	107	41,69	49,56
90	107	41,69	49,56
101	106	46,78	49,10
98	103	45,39	47,71
97	109	44,93	50,49
96	101	44,47	46,78
92	109	42,61	50,49
102	108	47,24	50,02
91	103	42,15	47,71
93	108	43,08	50,02
105	104	48,63	48,17
98	108	45,39	50,02
110	108	50,95	50,02
101	107	46,78	49,56
90	108	41,69	50,02
102	100	47,24	46,32
97	102	44,93	47,24
110	110	50,95	50,95
101	104	46,78	48,17
107	104	49,56	48,17
94	100	43,54	46,32
102	106	47,24	49,10
109	105	50,49	48,63
103	108	47,71	50,02
90	102	41,69	47,24
97	105	44,93	48,63
106	101	49,10	46,78
99	108	45,85	50,02
103	109	47,71	50,49
101	104	46,78	48,17
106	101	49,10	46,78
92	109	42,61	50,49

101	103	46,78	47,71
110	106	50,95	49,10
96	107	44,47	49,56
102	103	47,24	47,71
109	102	50,49	47,24
94	100	43,54	46,32
91	102	42,15	47,24
98	105	45,39	48,63
106	103	49,10	47,71
107	102	49,56	47,24
90	105	41,69	48,63

Tabla 32. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca (continuación)

Desbaste Exterior	Desbaste Exterior/10cm	Acabado Exterior	Acabado Exterior/10cm	Bisel	Montaje (para desbaste-acabado-bisel)
58	26,86	20	9,26	11	31
54	25,01	19	8,80	12	37
53	24,55	23	10,65	11	41
54	25,01	24	11,12	11	40
54	25,01	18	8,34	10	35
56	25,94	23	10,65	10	37
54	25,01	25	11,58	7	32
57	26,40	22	10,19	10	41
55	25,47	21	9,73	12	40
51	23,62	22	10,19	13	33
56	25,94	22	10,19	8	41
53	24,55	23	10,65	8	34
56	25,94	19	8,80	9	32
50	23,16	25	11,58	8	33
54	25,01	18	8,34	8	31
50	23,16	22	10,19	8	43
52	24,09	24	11,12	8	41
50	23,16	21	9,73	11	30
53	24,55	18	8,34	10	32

60	27,79	21	9,73	10	32
60	27,79	19	8,80	8	32
58	26,86	26	12,04	12	37
54	25,01	26	12,04	11	36
50	23,16	26	12,04	13	41
52	24,09	20	9,26	12	32
54	25,01	19	8,80	10	35
58	26,86	22	10,19	13	33
54	25,01	18	8,34	12	37
60	27,79	25	11,58	13	36
51	23,62	24	11,12	10	37
60	27,79	26	12,04	11	42
53	24,55	18	8,34	10	36
52	24,09	20	9,26	13	32
54	25,01	23	10,65	9	33
50	23,16	23	10,65	11	35
55	25,47	22	10,19	10	34
57	26,40	19	8,80	11	43
57	26,40	18	8,34	11	40
51	23,62	24	11,12	12	34
53	24,55	20	9,26	11	41
53	24,55	19	8,80	11	41
58	26,86	21	9,73	12	36
53	24,55	20	9,26	13	31
53	24,55	20	9,26	12	39
58	26,86	25	11,58	13	40
52	24,09	24	11,12	8	42
52	24,09	21	9,73	11	37
59	27,33	23	10,65	12	40
50	23,16	23	10,65	12	36
51	23,62	20	9,26		41
54	25,01	23	10,65		43
60	27,79	21	9,73		43
50	23,16	25	11,58		36
50	23,16	19	8,80		30
51	23,62	26	12,04		30

58	26,86	18	8,34
52	24,09	23	10,65
56	25,94	20	9,26
56	25,94	20	9,26
51	23,62	22	10,19
59	27,33	18	8,34
57	26,40	23	10,65
52	24,09	23	10,65
59	27,33	20	9,26
58	26,86	25	11,58
59	27,33	23	10,65
57	26,40	19	8,80
58	26,86	26	12,04
50	23,16	20	9,26
57	26,40	18	8,34
59	27,33	26	12,04
50	23,16	21	9,73
57	26,40	21	9,73
50	23,16	19	8,80
60	27,79	18	8,34
55	25,47	22	10,19
56	25,94	26	12,04
52	24,09	21	9,73
60	27,79	26	12,04
58	26,86	26	12,04
50	23,16	26	12,04
55	25,47	25	11,58
59	27,33	22	10,19
54	25,01	24	11,12
53	24,55	19	8,80
57	26,40	26	12,04
57	26,40	21	9,73
57	26,40	25	11,58
60	27,79	25	11,58
55	25,47	26	12,04
51	23,62	19	8,80

53	24,55	20	9,26
59	27,33	23	10,65
56	25,94	23	10,65
59	27,33	25	11,58
59	27,33	18	8,34
53	24,55	20	9,26
55	25,47	24	11,12
60	27,79	26	12,04
50	23,16	24	11,12
59	27,33	25	11,58
60	27,79	20	9,26
55	25,47	22	10,19
52	24,09	23	10,65
53	24,55	19	8,80
57	26,40	26	12,04
60	27,79	20	9,26
53	24,55	24	11,12
57	26,40	22	10,19
60	27,79	24	11,12
52	24,09	22	10,19
56	25,94	26	12,04

Tabla 33. Tiempos en segundos para mecanizado de camisa seca (continuación)

Longitud Final	Montaje - Longitud final
54	19
59	18
55	24
63	22
70	36
57	34
55	39
58	15
60	36
59	22
54	26

53	16
52	23
51	15
67	30
68	32
51	30
55	20
50	33
50	21
55	32
52	40
70	36
67	20
64	16
58	36
54	34
55	38
57	34
50	15
50	18
69	39
52	35
67	27
65	18
57	25
65	36
70	23
65	36
64	25
55	29
51	37
65	24
59	20
63	31
56	37
68	29

59	34
56	34
65	31
70	33
69	36

Tabla 34. Tiempos en segundos para mecanizado de una camisa para Renault

Tronzado	Mecanizado Interior I	Mecanizado Interior II	Mecanizado Exterior I	Mecanizado Exterior II
49	217	154	223	93
44	158	186	218	103
43	239	193	232	147
53	127	175	226	168
48	216	150	220	145
40	183	151	211	171
54	144	175	221	183
50	159	152	235	82
55	197	186	231	150
51	188	197	230	86
45	121	195	227	85
52	186	178	219	138
47	144	198	240	83
49	234	151	226	190
47	173	159	236	170
54	220	157	223	196
47	146	172	219	150
41	140	192	225	99
40	185	197	210	145
44	167	150	218	145
53	156	152	238	121
52	148	152	214	162
46	155	188	218	121
41	149	163	235	107
54	196	160	214	131
47	203	162	213	200

53	219	156	211	191
56	137	194	219	96
44	122	169	212	135
43	135	187	224	124
43	226	176	215	189
50	201	151	213	120
44	124	185	216	190
40	193	188	212	91
49	125	175	237	136
40	136	150	229	196
50	183	151	235	139
55	152	177	212	162
45	197	200	234	115
47	209	190	240	168
54	183	200	220	197
50	157	185	215	198
43	129	175	233	155
57	191	197	236	115
50	140	196	225	190
59	178	199	220	118
54	134	168	218	117
53	134	180	231	124
46	199	178	232	197
47	129	198	221	86
46	134	151	213	134
52	221	166	228	163
51	180	182	226	121
58	175	152	232	152
41	162	174	237	147
47	195	187	237	96
52	209	164	226	167
40	156	152	231	174
40	210	157	225	174
60	176	172	214	103
50	124	126	214	130

Tabla 35. Tiempos en segundos para mecanizado de una camisa para Renault
(continuación)

Fresado/2 camisas	Fresado/camisa	Rectificado			
		Interior/4 camisas	Rectificado Interior/camisa	Biselado	Bruñido
227	113,5	829	207,25	18	108
215	107,5	806	201,5	16	137
219	109,5	798	199,5	21	132
221	110,5	839	209,75	21	91
220	110	820	205	19	90
222	111	813	203,25	18	136
228	114	808	202	20	124
230	115	821	205,25	17	99
236	118	813	203,25	18	128
219	109,5	807	201,75	21	135
241	120,5	815	203,75	22	138
213	106,5	821	205,25	24	146
220	110	843	210,75	23	150
229	114,5	833	208,25	20	141
215	107,5	810	202,5	18	95
227	113,5	845	211,25	15	98
247	123,5	846	211,5	16	101
203	101,5	809	202,25	25	122
218	109	824	206	21	112
236	118	807	201,75	23	91
214	107	835	208,75	16	136
219	109,5	827	206,75	24	121
228	114	848	212	19	128
250	125	812	203	23	150
208	104	837	209,25	22	100
220	110	850	212,5	25	121
223	111,5	838	209,5	16	135
231	115,5	812	203	17	117
205	102,5	825	206,25	15	98
211	105,5	834	208,5	21	96
234	117	818	204,5	23	115

244	122	839	209,75	17	145
200	100	809	202,25	22	128
223	111,5	802	200,5	24	121
217	108,5	803	200,75	19	137
238	119	819	204,75	23	104
229	114,5	824	206	17	93
214	107	841	210,25	15	135
237	118,5	825	206,25	23	131
229	114,5	847	211,75	18	137
243	121,5	831	207,75	16	103
207	103,5	828	207	21	97
210	105	807	201,75	17	124
233	116,5	826	206,5	25	135
235	117,5	828	207	23	116
202	101	810	202,5	25	118
241	120,5	816	204	22	94
239	119,5	837	209,25	18	142
250	125	849	212,25	17	94
243	121,5	840	210	19	150
237	118,5	800	200	15	95
226	113	828	207	18	107
212	106	816	204	21	90
243	121,5	819	204,75	23	112
216	108	817	204,25	17	135
238	119	839	209,75	25	101
225	112,5	847	211,75	21	141
233	116,5	830	207,5	23	140
231	115,5	825	206,25	24	138
238	119	838	209,5	18	109
211	105,5	815	203,75	19	130