



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL
PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE
VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC
CIA. LTDA.

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño de Materiales y Producción

AUTOR: Carlos Xavier Cacuangó Buitrón

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

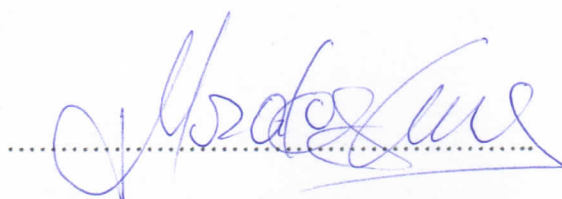
Ambato - Ecuador

Agosto-2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA., por el señor Carlos Xavier Cacuango Buitrón, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato agosto, 2020.



Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA., es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato agosto, 2020.



.....
Carlos Xavier Cacuango Buitrón

C.C.: 1804385258

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Carlos Xavier Cacuango Buitrón, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de investigación, titulado ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato agosto, 2020.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA PILAR
URRUTIA**

.....
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:

**CHRISTIAN
JOSE MARINO
RIVERA**

.....
Ing. Christian José Mariño Rivera Mg.
DOCENTE CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:

**FRANKLIN
GEOVANNY TIGRE
ORTEGA**

.....
Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato agosto, 2020.



.....
Carlos Xavier Cacuango Buitrón

C.C.:1804385258

AUTOR

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. A mi madre por su amor y compañía, por criarme para ser una persona de bien, por ser apoyo incondicional y por siempre hacerme la vida más sencilla. A mi padre por ser siempre un ejemplo, de responsabilidad, sacrificio y de trabajo duro, por su ejemplo siempre me eh esforzado y seguiré sus pasos con orgullo.

A mi hermano por ser mi cómplice, mi apoyo y motivación de trazarnos metas al futuro.

A mis abuelitos por impulsarme a seguir adelante brindándome sus consejos con cariño y humildad, esto también se lo debo a ustedes.

A mi familia, amigos y compañeros quienes me motivaron a ser constantes a alcanzar mis metas, quiero que este logro hoy sea por todos ellos.

Xavier Cacuango

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica De Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por ser un segundo hogar y permitirme alimentar mi mente, imaginación y espíritu.

Al Ing. Luis Morales por la guía brindada para para concluir el presente trabajo de investigación.

A la empresa el Laboratorio del Denim por abrirme sus puertas para el desarrollo de esta investigación, a Don Milton por su paciencia, tiempo y conocimientos brindados, que sus éxitos se multipliquen.

Xavier Cacuango

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Antecedentes investigativos	2
1.2.1 Contextualización del problema	5
1.2.2 Fundamentación teórica.....	8
Proceso productivo	8
Levantamiento de procesos productivo	9
Diagrama de flujo	9
Cursograma analítico	10
Gráfica ABC	10
Calidad total.....	12
Control de calidad.....	12

Herramientas de la calidad.....	13
Métricas de calidad	19
Metodología Six Sigma	22
Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	24
Estudios R&R (repetibilidad y reproducibilidad) para atributos	25
1.3 Objetivos	28
1.3.1 Objetivo General	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
CAPÍTULO II	29
METODOLOGÍA	29
2.1 Materiales	29
2.2 Métodos	30
2.2.1 Enfoque	30
2.2.2 Modalidad de la investigación	30
2.2.3 Población y muestra	31
2.2.4 Recolección de información.....	34
2.2.5 Procesamiento y análisis de datos	35
CAPÍTULO III.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	36
3.1.1 La empresa	36
3.1.2 Mapa de procesos	37
3.1.3 Organigrama Funcional.....	38
3.1.4 Productos ofertados	39
3.1.5 Análisis ABC para seleccionar el objeto de estudio que se centra la investigación	41
3.1.6 Descripción del proceso productivo del producto escogido	44

3.1.7	Análisis del proceso productivo.....	53
3.1.8	Diagrama de flujo.....	62
3.2	Aplicación de la metodología Six Sigma	66
3.2.1	Fase de definición	66
3.2.2	Fase de medición.....	94
3.2.3	Fase de análisis.....	117
3.2.4	Fase de mejora.....	136
3.2.5	Fase de control	153
CAPÍTULO IV.....		157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		157
4.1	Conclusiones	157
4.2	Recomendaciones	158
4.3	Referencias Bibliográficas.....	160
4.4	Anexos.....	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Simbología para el diagrama de flujo de proceso productivo.....	10
Tabla 2 Simbología de la normativa ASME para elaborar diagramas de flujo.....	10
Tabla 3 Patrones que determina la inestabilidad en un proceso.....	17
Tabla 4 Determinación de la capacidad de un proceso	20
Tabla 5 Lista de materiales empleados en el desarrollo de la investigación.....	29
Tabla 6 Elementos de muestra y número de lote a inspeccionar.	32
Tabla 7 Número de prenda a inspeccionar.	33
Tabla 8 Productos elaborados por la empresa.....	39
Tabla 9 Consumo de productos elaborados por la empresa.....	41
Tabla 10 Cálculo de valorización, porcentaje de participación y participación acumulada.	41
Tabla 11 Resultados obtenidos del análisis ABC.	43
Tabla 12 Cursograma analítico del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre.....	63
Tabla 13 Lluvia de ideas área húmeda (lavado y tinturado).	67
Tabla 14 Lluvia de ideas área de Sandblasting.	68
Tabla 15 Lluvia de ideas área de manualidades.....	69
Tabla 16 Técnica 5W+1H aplicada en el área Húmeda.....	70
Tabla 17 Técnica 5W+1H aplicada en el área de Sandblasting.....	74
Tabla 18 Técnica 5W+1H aplicada en el área de Manualidades.	77
Tabla 19 Defectos o modos de fallas en el proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre.....	81
Tabla 20 Datos del mes de estudio en el área Húmeda.....	84
Tabla 21 Datos para realizar el diagrama de Pareto área húmeda.	84
Tabla 22 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área Húmeda.	86
Tabla 23 Datos del mes de estudio en el área de Sandblasting.	87
Tabla 24 Datos para realizar el diagrama de Pareto área de Sandblasting.....	88
Tabla 25 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área de Sandblasting.	89
Tabla 26 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área de Sandblasting.	89

Tabla 27	Datos del mes de estudio en el área de Manualidades.	93
Tabla 28	Datos para realizar el diagrama de Pareto área de Manualidades.	93
Tabla 29	Análisis desacuerdos.	95
Tabla 30	Resultados de repetibilidad área sandblasting.....	96
Tabla 31	Resultados de reproducibilidad área sandblasting.	96
Tabla 32	Numero de desacuerdos entre parejas de operadores.....	97
Tabla 33	Resultado estudio de repetibilidad y reproducibilidad.....	98
Tabla 34	Procesos, variables críticas y defectos a estudiar.....	99
Tabla 35	Datos del área húmeda.	100
Tabla 36	Datos del área Sandblasting.	101
Tabla 37	Datos del área manualidades.....	102
Tabla 38	Datos para la carta de control de área húmeda.....	103
Tabla 39	Datos para la carta c de sandblasting.	106
Tabla 40	Datos para la carta c de manualidades	109
Tabla 41	Datos para el cálculo DPO general del proceso de Sandblasting.....	113
Tabla 42	Datos para el cálculo DPO general del proceso de Manualidades.....	114
Tabla 43	Tabla resumen análisis de repetibilidad y reproducibilidad.....	115
Tabla 44	Problemas potenciales presentes en cada proceso estudiado.	117
Tabla 45	Matriz de interrelación: causas de baja concentración de teñido.	120
Tabla 46	Matriz de interrelación: causas de licra en juego.	121
Tabla 47	Análisis de interrelación: causas de baja concentración de teñido.	122
Tabla 48	Análisis de interrelación: causas de licra en juego.....	122
Tabla 49	Matriz de interrelación: causas de manchas por pistola.....	124
Tabla 50	Matriz de interrelación: causas de manchas por arrastre.	125
Tabla 51	Análisis de interrelación: causas de manchas por pistola.	126
Tabla 52	Análisis de interrelación: causas de manchas por arrastre.	126
Tabla 53	Matriz de interrelación: causas de distorsión de color.	128
Tabla 54	Matriz de interrelación: causas de rayas en prenda.....	128
Tabla 55	Análisis de interrelación: causas de distorsión de color.....	129
Tabla 56	Análisis de interrelación: causas de rayas en prenda.	129
Tabla 57	Análisis de los 5 porqué: causa baja concentración de teñido.	130
Tabla 58	Análisis de los 5 porqué: causa baja licra en juego.....	130
Tabla 59	Análisis de los 5 porqué: causa manchas por pistola.	130

Tabla 60 Análisis de los 5 porqué: causa manchas por arrastre.....	131
Tabla 61 Análisis de los 5 porqué: causa distorsión de color.	131
Tabla 62 Análisis de los 5 porqué: causa rayas en prenda.	131
Tabla 63 Causas raíz	132
Tabla 64 Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	134
Tabla 65 Nivel de riesgo de acuerdo al valor de NPR [81].....	135
Tabla 66 Efectos potenciales de falla y NPR del estudio.....	135
Tabla 67 Acciones de mejora recomendadas defecto: baja concentración de teñido.	136
Tabla 68 Acciones de mejora recomendadas defecto: licra en juego.	136
Tabla 69 Acciones de mejora recomendadas defecto: manchas por pistola.	137
Tabla 70 Acciones de mejora recomendadas defecto: manchas por pistola.	137
Tabla 71 Acciones de mejora recomendadas defecto: distorsión de color.	138
Tabla 72 Acciones de mejora recomendadas defecto: rayas en prenda.	138
Tabla 73 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño - Adquisición de un instrumento de medición.	139
Tabla 74 .Registro semanal de pH de baño.....	139
Tabla 75 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño - Calibración frecuente del instrumento de medición.	140
Tabla 76 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño – Incentivos a operarios y control visual (Andon).	141
Tabla 77 Plan de incentivos a operarios.....	141
Tabla 78 Defectos presentes en el área húmeda (Andon).	141
Tabla 79 Plan de implementación área húmeda - Erróneo proceso de desengomado – Estandarización del proceso de desengomado.	142
Tabla 80 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Plan de mantenimiento preventivo a caldero.	143
Tabla 81 Plan de mantenimiento preventivo.....	143
Tabla 82 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Contratación de un técnico en mantenimiento.	144
Tabla 83 Perfil profesional.....	144
Tabla 84 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Programa de capacitación a trabajadores.	145

Tabla 85 Programa de capacitación.	145
Tabla 86 Programa de capacitación 2021.	146
Tabla 87 Plan de implementación área de sandblasting – Desconocimiento de métodos de trabajo – Manual de actividades al aplicar la solución de permanganato de potasio.	147
Tabla 88 Plan de implementación área de sandblasting – Boquilla de pistola obstruida – Limpieza de la herramienta de trabajo.	148
Tabla 89 Plan de implementación área de sandblasting – Diseño de estaciones de trabajo – Rediseño de estaciones de trabajo.	149
Tabla 90 Consideraciones para el rediseño de estaciones de trabajo.	149
Tabla 91 Plan de implementación área de manualidades – Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo – Manual de actividades.	151
Tabla 92 Plan de implementación área de manualidades – Mal control de materia prima – Implementación de planes de muestreo interno.	152
Tabla 93 Análisis de factibilidad.	153
Tabla 94 Control de propuestas de mejora.	154
Tabla 95 Métricas a medir variabilidad y capacidad.	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso productivo	8
Figura 2 Jerarquía de los procesos productivos	9
Figura 3 Evolución temporal de la calidad	12
Figura 4 Partes de una gráfica de control.....	15
Figura 5 Metodología Six Sigma.	22
Figura 6 Antes y después de aplicar Six Sigma.....	23
Figura 7 Logo de la empresa.....	36
Figura 8 Mapa de procesos.	37
Figura 9 Organigrama funcional.....	38
Figura 10 Gráfica ABC.....	42
Figura 11 Entrada de materiales.....	44
Figura 12 Inventario.....	44
Figura 13 Planteamiento del color.	45
Figura 14 Inventario de prendas.....	45
Figura 15 Serigrafía.	46
Figura 16 Eliminación de goma.....	47
Figura 17 Stone.....	47
Figura 18 Disminución de tono.....	48
Figura 19 SandBlas.....	48
Figura 20 Equilibrado.	49
Figura 21 Tinturado.	49
Figura 22 Fijación.....	50
Figura 23 Suavizado.....	50
Figura 24 Centrifugado.....	51
Figura 25 Secado.....	51
Figura 26 Pulverizado.....	52
Figura 27 Control de calidad.....	52
Figura 28 Empacado y almacenado.....	53
Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre.....	54
Figura 30 Diagrama de Pareto de fallas en el área húmeda elaborado en el software Minitab.....	85
Figura 31 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.	86

Figura 32 Diagrama de Pareto de fallas en el área de Sandblasting elaborado en Minitab.....	88
Figura 33 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.	90
Figura 34 Diagrama de Pareto de operarios elaborado en el software Minitab.....	90
Figura 35 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.	91
Figura 36 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.	92
Figura 37 Diagrama de Pareto del área de manualidades elaborado en el software Minitab.....	94
Figura 38 Carta de control p para el área húmeda.	104
Figura 39 Informe de capacidad para el proceso de Área Húmeda.	105
Figura 40 Carta de control c para el proceso de Sandblasting.....	107
Figura 41 Análisis de capacidad para el proceso de Sandblasting.....	108
Figura 42 Carta de control c para el proceso de Manualidades.	110
Figura 43 Análisis de capacidad para el proceso de Manualidades.....	111
Figura 44 Aspectos Six Sigma.....	116
Figura 45 Diagrama de causa-efecto baja concentración de teñido.....	118
Figura 46 Diagrama de causa-efecto licra en juego.....	119
Figura 47 Diagrama causa-efecto manchas por pistola.	123
Figura 48 Diagrama causa-efecto manchas por arrastre.	123
Figura 49 Diagrama causa-efecto distorsión de color.....	127
Figura 50 Diagrama de causa-efecto rayas en prenda.....	127
Figura 51 Medidor digital de pH.	139

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se centra en desarrollar un plan de mejora en el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir en la empresa el LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA., debido a la gran cantidad de reproceso y fallas presentes en las prendas de vestir.

La metodología aplicada para el análisis del proceso está basada en la herramienta DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar), mediante un muestreo sistemático, en el cual se determina del nivel de calidad de los procesos en base a la métrica DPMO (Defectos por millón de oportunidades) y PPM (Partes por millón).

Según los resultados obtenidos se establece como defectos potenciales en el área húmeda a: licra en juego y baja concentración de teñido, mientras que para el área de sandblasting los defectos son: manchas por pistola y por arrastre, finalmente en el área de manualidades los defectos son: distorsión de color y rayas en prenda; además luego de la evaluación se encuentra que el nivel Sigma actualmente en el área húmeda corresponde a 3,05 sigma, en el área sandblasting 3,53 sigma, y el área de manualidades 3,56 sigma, esto genera un nivel global de 3,38 sigma.

Se concluye que actualmente la empresa no tiene una calidad adecuada por lo que sus procesos generan numerosos problemas de calidad en las prendas de vestir, por lo tanto, se requiere de un control en los procesos a través del establecimiento de propuestas de mejora que reduzcan la variabilidad.

ABSTRACT

The present investigation Project is based on develop an improvement plan in the productive process of washing and garment dyeing in the Company “LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.”, due to the large number of reprocessing and garment failures.

The methodology applied for the process of analysis is based on the DMAIC tools (Define, measure, analyze, improve and control), through a systematic sampling, in which the quality level of the processes is determined for DPMO metric (Defects per million opportunities) and PPM (Parts per million)

According with the results we determinate that the potencial defects in the wet área A: lycra in play and low concentration of dyeing , in the “sandblasting” area the defects are : color distorsion and stirpes on the garment , also after the evaluation we found that the Sigma level actually in the wet area is 3,05 sigma, in sandblasting área 3,53 sigma , and in the manufacture área 3,56 sigma, as a result global level is 3,38 sigma.

As a conclusion actually the Company doesn't have a good quality and his process generate numerous quality problems in the garment, therefore they requires a process control by stablish improvements of proposals to improve and reduce the variability.

INTRODUCCIÓN

La industria textil es el sector donde genera gran cantidad de empleos dentro del país y el mundo entero, los cuales están orientados en la producción de fibra, hilo, tela, ropa, lavado de prendas o tinturado de las mismas [1]; en el proceso productivo de prendas se considera como materia prima la tela e hilo, mientras que en el proceso de lavado y tinturado se considera como materia prima las prendas, a su vez en este proceso se debe asegurar la tonalidad y color del producto dándole los acabados finales de la prenda [2]. En dichos procesos se cometen errores o fallas todos los días, ya sean de calidad, corte, bordado o maquinaria, entre otros, lo cual implica una toma de tiempo para su reparación, corrección del defecto o falla [3]; es por ello que la calidad de las prendas tiene un gran importancia en aspectos económicos ya que echar a perder un lote debido al incumplimiento de las especificaciones de tonalidad, % de colorantes, tinturados, control de pH, entre otros, provocaría una gran pérdida para la empresa, en términos monetarios e imagen de la empresa [4].

Los estándares de calidad en las telas y prendas de vestir son cada vez más altos y provocan mayor preocupación a los empresarios por competir en el mercado textil [5]; por otro lado, debido a su gran variabilidad provoca grandes pérdidas económicas si no se estandariza los procesos [6], en este mercado el papel de tener calidad en sus productos se ha vuelto parte fundamental y esencial para las empresas caso contrario únicamente obtendrán productos que no satisfagan las necesidades de los clientes [7].

Las empresas para alcanzar altos niveles de desarrollo y competitividad deben tener una adecuada gestión por procesos productivos desde el comienzo y hasta el final de su elaboración o tratamiento de la prenda [8], para ello debe demostrar su capacidad de medir, controlar y ejecutar una mejora continua en los procesos, aumentando la calidad, eficiencia y eficacia de sus productos [9] y reduciendo los reprocesos, fallas, defectos y retrasos en la producción [10].

El control y la mejora continua en una empresa son de vital importancia hoy en día ya que permite determinar la calidad de sus productos, cumplir con los estándares requeridos, mantenerse en el mercado y competir con las empresas del entorno [11]; es por ello que se utilizan herramientas que permiten un control estadístico de los procesos y de variabilidad en sus especificaciones [12]. Estas herramientas estadísticas

permiten además un gran desempeño en la fabricación de sus productos, es decir, permiten aumentar la producción, reducir costos de producción, minimizar tiempos de entrega y sobre todo mejorar los índices de calidad [13]. Una de estas herramientas que permiten mejorar y controlar la calidad del producto es Six Sigma.

La aplicación de la metodología Six Sigma permite a las empresas una mejor planificación estratégica para la toma de decisiones y el desarrollo del desempeño de sus procesos, por lo que está basada en varias fases del DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar), que aumenta el nivel de calidad de los procesos en base a la métrica DPMO (defectos por millo de oportunidades) y PPM (partes por millón), es decir, que incrementa el nivel sigma [14]. Por otro lado, las organizaciones, empresas e industrias que han implementado esta metodología han disminuido sus costos operacionales e indicadores de defectos [15]. Por lo tanto, la implementación de esta metodología como un método de calidad en la industria textil y del lavado y tinturado de prendas es exitosa, porque trata de reducir la variabilidad del proceso, al minimizar los defectos originados por la empresa [16].

Este trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un análisis de fallas mediante metodología Six Sigma en el proceso productivo de lavado y tinturada de prendas de vestir en la empresa el Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA., mediante la utilización de las diferentes fases de la herramienta DMAIC, con la finalidad de conocer la situación actual de la calidad de la empresa e identificar las oportunidades de mejora.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema

“ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. ”

1.2 Antecedentes investigativos

La Metodología Six Sigma es una filosofía que inicia en los años ochenta como estrategia de mercado y de mejoramiento de la calidad en la empresa Motorola, cuando el ingeniero Mikel Harry la promovió como meta estimable en la organización [17]. Fue la primera empresa en implementar esta metodología como una manera de ajustarse a la realidad, mediante la evaluación y el análisis de la variación de sus procesos, obteniendo como resultados la reducción de la variabilidad de los factores o variables críticas que alteraban la calidad de sus productos [18], [19].

Esta nueva iniciativa de mejoramiento motivó a Lawrence Bossidy, quien tomó la dirección del conglomerado Allied Signal en los años noventa, para transformarla de una empresa con dificultades económicas a una organización exitosa [17], ampliando sus ventas de manera sorprendente a través del estudio de la variación en sus procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorarlos [20]. Este modelo de calidad fue imitado por Texas Instruments, alcanzando éxitos similares implementándola como herramienta y cultura de trabajo [21].

En el mismo año Jack Welch al tomar a cargo General Electric se convirtió en el primer pregonero en reconocer el poder de Six Sigma, para mejorar los procesos y el desempeño no solo en la fabricación, sino en todos los aspectos de negocio, desde las finanzas, soporte al cliente, y recursos humanos [22]. El éxito en General Electric generó resultados impactantes sobre el potencial de su enfoque, difundiéndolas a nivel internacional por casi todas las grandes corporaciones norteamericanas [23], [24]. Naturalmente aquellas empresas que tomaron de forma trivial la metodología no alcanzaron los éxitos previstos, mientras que aquellas que entendieron y adaptaron las

esencias de Six Sigma, consiguieron mejoras en sus resultados de calidad y su posición competitiva [25].

Six Sigma es una filosofía de calidad basada en la asignación de metas alcanzables a corto plazo enfocadas a objetivos a largo plazo [26]. Utiliza las metas y los objetivos del cliente para manejar la mejora continua a todos los niveles en cualquier empresa [26]. El objetivo a largo plazo es el de diseñar e implementar procesos más robustos en los que los defectos sean prácticamente inexistentes [27], [28].

Six Sigma ofrece a las empresas las herramientas necesarias para mejorar la capacidad de sus procesos y estandarizarlos. Sus principales objetivos son el aumento en el rendimiento y la reducción de la variabilidad del producto y del proceso, los cuales tienen como resultado la reducción de desperdicios y una mejora en la calidad del producto. Adicionalmente, examina los procesos repetitivos de las empresas y corrige los problemas incluso antes de que éstos se presenten, para mantener siempre el mayor nivel de calidad posible [29].

Finalmente, Six Sigma aporta una metodología compuesta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, comúnmente llamada DMAIC, por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) [30], la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos [31], de tal forma que estos generen solo 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), con lo que los errores o fallas se hacen prácticamente imperceptibles para el cliente [30], [32], pero debe decirse que no está planteada como un proceso de mejora continua pues los proyectos Six Sigma deben tener una duración limitada en el tiempo [33].

En estudios realizados en Instituciones Educativas, muestra que los problemas a corregir a través de la metodología Six Sigma en su primera etapa, fue al personal implicado en el proceso de Admisiones mediante entrevistas no estructuradas, dando como resultado ciertos defectos principales en el proceso y, dado que la Institución de Educación Superior no poseía la suficiente información de tiempos de espera y de respuesta de las etapas del proceso, indicadores de efectividad, desempeño u otros, se propuso el procedimiento de cálculo de la cantidad de DPMO y el nivel sigma del proceso.

A partir de las causas raíces halladas a través de un diagrama de causa-efecto y la técnica del “cinco ¿Por Qué?”, se desarrollaron cada una de las fases de la metodología DMAIC. En las etapas de “Mejorar y Controlar” proponen soluciones y medidas de control basadas en un análisis de costo-beneficio, para que el proceso de Admisiones de la Institución de Educación Superior alcance un nivel 6σ [29].

Los resultados obtenidos en la investigación de un plan de mejora de los procesos productivos de la elaboración de telas en la empresa PRODUTEXTEC S.A.S., se evidencia que a través de herramientas estadísticas de control de calidad y la metodología (AMEF o AMFE) Análisis de Modo y Efecto de Falla se encontraron los diferentes defectos dentro del proceso productivo, en el área de tejido: roturas de spandex, caída de malla, línea vertical (aguja), manchas de aceite, agujeros, mientras que en el teñido: manchas de colorante, doble tono y en el acabado existe variación de ancho, gramaje, elongación inadecuada y quiebres en la tela por lo cual se proponen un manual de procesos, indicadores y rangos con el objetivo de mejorar la variabilidad de sus métodos y mejorar los criterios de aceptación para cada defecto [34].

Según los estudios realizados en la empresa TEXTILES JHONATEX, estos se centran en el análisis y mejora de la calidad de sus procesos mediante el control de fallas, a través de herramientas estadísticas de control de calidad y la reducción mediante la herramienta AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallas), en un análisis al 100% de la producción de tela Jersey Licra Polialgodón en la cual encontraron que los principales fallos que ocurren en los procesos son: hilos con motas y la insuficiente limpieza de la máquina de teñido que provoca huecos y puntos de colorantes, por lo cual se elabora un plan de mejora de calidad de la tela Jersey, en donde se propone un plan de mejora de acciones correctivas para cada una de las causas con un NPR alto y medio, así como también se incluye un manual de procedimientos para todo el proceso productivo de la elaboración de dicho tipo de tela, lo cual contribuye a la estandarización del proceso aumentar la calidad del producto y controlar la variabilidad [35].

Por último, en estudios realizados en la Industria del DENIM, muestra que la falta de estandarización de las variables: temperatura, porcentaje (%) en peso de enzima celulasa y el tiempo de proceso influyen directamente durante la etapa del proceso de biopulido (abrasión enzimática) propio de un lavado industrial de jeans, ha generado que la empresa manufacturera de BOTTOM DENIM produzca unidades no conformes

en términos de parámetros físicos (tensión y rasgado) con respecto al requerimiento del cliente, este análisis permitió que el utilizar DFSS la calidad del producto mejore desde el principio.

Implementando pruebas de laboratorio a través de las normas ASTM (ASTM D5034 y ASTM D1424) que son pruebas que determinan la calidad de la prenda en función a su capacidad de resistencia a la tensión y rasgado lo cual permitirá reducir las unidades con defectos que no beneficie a la empresa y no cumpla con las expectativas del cliente [36].

Por ende, el trabajo de análisis Six Sigma a través de la herramienta DMAIC analiza los niveles de fallos y proporciona propuesta de corrección de problemas mejorando así los indicadores de calidad y el nivel de perfeccionamiento del proceso.

1.2.1 Contextualización del problema

La mejora de la calidad se ha vuelto un gran desafío tanto para los países desarrollados y sub desarrollados, ya que no solo involucra el compromiso del trabajador, sino también la satisfacción y necesidad del cliente. La calidad involucra principalmente la mejora del producto y brindar al consumidor en el mejor momento, con calidad adecuada y a un precio conveniente [37]. Por ello, las empresas deben estar cada vez más enfocadas en los procesos que tienen ya que de esto dependen la efectividad, eficiencia y rendimiento del producto, es decir, la calidad de los procesos determina la calidad del producto o servicio final de una organización [38].

Tanto la industria textil al igual que otras industrias se han enfrentado a la globalización, es decir, se han enfrentado a un mundo que existe competencia, innovación, desarrollo, mejora de calidad, estandarizaciones [39]; sin embargo la tradicional gestión en vertical dificulta que muchas empresas rindan de mejor manera disminuyendo la eficacia, eficiencia y el desarrollo sostenido frente a la competitividad que hay en el mercado tanto nacional como internacional [40]. Para las organizaciones textiles existe unos serios problemas que dificultan su progreso, entre los más importantes son: costo de fabricación, estandarización de procesos, problemas de calidad, jerarquía de la empresa, etc. [41].

Es común que las empresas reciban devoluciones por sus productos, generalmente por clientes insatisfechos [42], generalmente a la baja calidad del producto, incumplimiento de estándares de calidad y de normas técnicas; por lo que generan para la empresa un gasto adicional y una gran pérdida de tiempo, a más de perder al cliente, disminuir sus ventas y restar las oportunidades de entrar y expandir su producción a otro mercado [43]. Para las industrias textiles, así como cualquier otra empresa, tienen como reto principal satisfacer las necesidades de los clientes cumpliendo con los objetivos de la organización para lo cual es necesario implementar, optimizar y estandarizar procesos con parámetros técnicos que den facilidad para realizar un control de la calidad [44].

La ausencia de control de calidad en los procesos de producción de una empresa, o en las áreas de esta misma provoca que la organización no sea eficiente y que los costos del producto aumenten debido a los reprocesos, devoluciones del producto, fallas y retrasos. Esto generalmente es causado a la falta de capacitación a los operarios en el uso de las máquinas, equipos, herramientas, métodos y los recursos humanos [45].

En las empresas textiles, especialmente las enfocadas al lavado y tinturado de prendas de vestir, los operarios deben tener la suficiente capacitación acerca de los productos químicos, colorantes, tinturados, enzimas, ácidos y bases, caso contrario ocasionaría que las telas no resulten con el diseño o con las especificaciones mencionadas por el cliente, y no solo con los insumos químicos sino las cantidades de agua, la temperatura de la misma, el control del pH y otros factores influyen en gran medida en el producto terminado y en su calidad [46].

Las empresas textiles del Ecuador consideran que los principales retos que deben enfrentar es los medios de producción, ya que la tecnología avanza y las máquinas que utilizan también, la cadena de suministro que permite que todos los procesos involucrados para el desarrollo de un producto estén enfocados en satisfacer y cubrir necesidades específicas de los clientes [47]. Se suma además la creciente conciencia de cuidar el medio ambiente, el cual las normas vigentes exigen a las organizaciones textiles que las prendas de vestir estén libres de sustancias nocivas que afecten y perjudiquen al personal de trabajo, a personas externas de la empresa y al ambiente climático [48].

Por otro lado, a pesar de que haya un buen crecimiento en las industrias textiles en la provincia de Tungurahua, ninguna se ha vuelto competitiva en el mercado internacional, debido a que en la actualidad las organizaciones deben llevar adelante todas sus actividades dentro de su entorno competitivo, encarándose a nuevas reglas dentro del ambiente competitivo – laboral – económico, donde una empresa u otra generan mejores productos de calidad y con el mejor precio cada año [49].

Las tintorerías ambateñas y alrededores, tienen como principal problema la falta de estandarización y calidad en el proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir, las cuales estas mismas presentan tonalidades diferentes de color de la prenda, aplicación de otro color, temperatura del agua diferente, dosificación de químicos distintas; a más de la calidad, la estandarización de actividades es otro problema vigente en este tipo de industrias, la cual generan siempre retrasos, devoluciones del producto, reprocesos y con ello pérdidas económicas para la industria y para la empresa [35].

El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA., es una empresa ambateña que empezó sus funciones en el año 2014, está integrada por 4 socios. Su trabajo consiste en el lavado y tinturado de prendas de vestir, es una empresa líder en el sector comercial debido a la gran cantidad de clientes que poseen, en su mayor parte del cantón Pelileo y Ambato, e igualmente de otras ciudades como Guayaquil, Cuenca y Riobamba.

Cuenta con una gran experiencia en sus diferentes departamentos en los que con el paso de los años han ido adquiriendo capacidades enormes que los diferencian de las demás empresas; sin embargo, la empresa no se encuentra exenta de problemas siendo el que más se destaca el deficiente control de calidad en el área del laboratorio del Denim, ya que no cuenta con la adecuada inspección y al no tener estandarizado los procesos de producción, lo que provoca en gran medida a la calidad de producto final.

Además, ha existido innumerables quejas por parte de los clientes debido a que ha existido atrasos en la entrega, equivocaciones y acumulaciones de órdenes de trabajo, ausencia de procedimientos y planes de emergencia y de contingencia, y por ende pérdidas económicas para la empresa.

En esta empresa, el mayor problema es las fallas en el proceso de lavado y tinturado ya que no existe estándares de calidad e inadecuado control de los insumos químicos

a utilizarse. La tintorera Denim no cuenta con indicadores de calidad y mucho menos registros de las hojas de control para llevar la producción, es por ello el interés de realizar un análisis de fallas mediante la utilización de Six sigma que mitiguen y reduzcan estos problemas en el proceso productivo de prendas de vestir.

1.2.2 Fundamentación teórica

Proceso productivo

El proceso productivo consiste en una consecuencia de pasos de valor agregado con el fin de transformar elementos de entrada o insumo en elementos de salida o productos que satisfagan los requerimientos de los clientes [50].

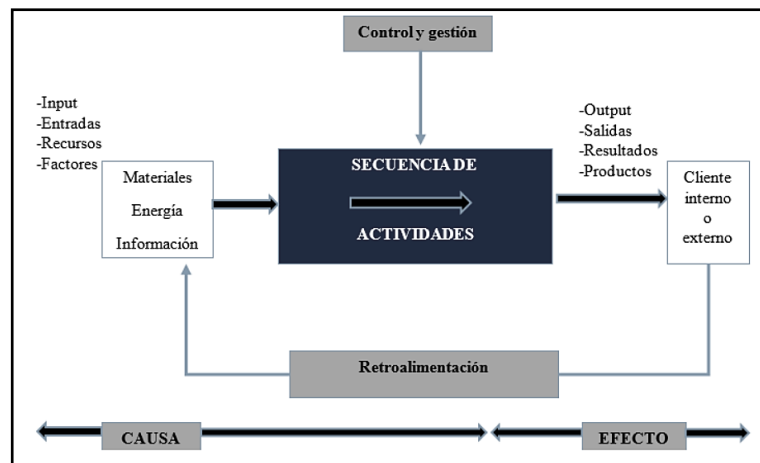


Figura 1 Proceso productivo [51].

La Figura 1, muestra el comportamiento de un proceso productivo con sus elementos de entrada, salida y el control (retroalimentación). Existen diferentes tipos de procesos, que según la función que estos desempeñan se clasifican en los siguientes [52]:

- Macro proceso: Conjunto de procesos con la característica de ser capaces de desglosarse en otros procesos o subprocesos.
- Proceso operativo: Es aquel que no se puede dividir o separar más como proceso, sus actividades se detallan en los diagramas de flujo.

En la Figura 2, se muestra la jerarquía de los procesos productivos, la cual cumple un proceso tradicional de arriba hacia abajo.

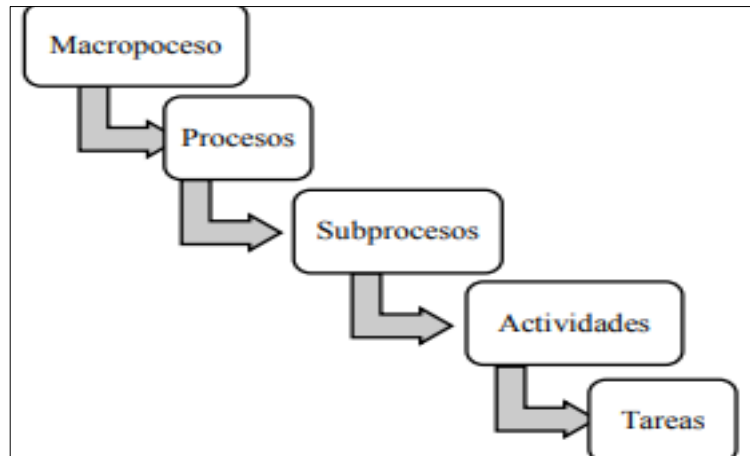


Figura 2 Jerarquía de los procesos productivos [53].

Levantamiento de procesos productivo




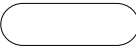
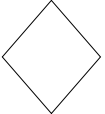
A través de múltiples técnicas como entrevistas, recolección de documentos, encuestas y entre otros; se recolecta información sobre la forma y método de trabajo, para lo cual es necesario levantar los procesos [54]:

- Identificar y describir los procesos y las actividades que llevan a cabo.
- Identificar si existe etapas y sub etapas de la línea productiva.
- Definir el alcance, es decir definir los límites de la organización para considerar adecuadamente la información de esta.
- Representar mediante flujogramas los roles que intervienen en el proceso y los recursos que se utilizan.
- Establecer indicadores de gestión que servirán para realizar un control y retroalimentación de los procesos, hasta llegar a la mejora continua.
- Documentar la información que permita manejar un manual de uso.

Diagrama de flujo

Permite de manera gráfica la secuencia de pasos, etapas o actividades de un proceso de producción, con el fin de facilitar la comprensión del mismo, para ello, se empieza identificando las tareas que dan inicio al proceso y las tareas finales, clasificar cada actividad en espera, inspección, operación, decisión, archivo, etc. [55]. En la Tabla 1, se muestra la simbología de un diagrama de flujo.

Tabla 1 Simbología para el diagrama de flujo de proceso productivo [55].

Símbolo	Significado	Definición
	Rectángulo	Operación
	Paralelogramo	Entradas (proveedores) o salidas (clientes) del proceso.
	Rectángulo sombreado	Subproceso
	Rectángulo redondeado	Comienzo o finalización del proceso.
	Rombo	Alternativas, consecuencias de una decisión. Decisión después de una inspección

Cursograma analítico

Permite visualizar de manera gráfica la trayectoria de un producto señalando todos los hechos a partir de símbolos adecuados [56]. La Tabla 2, muestra la simbología que se usa en los cursogramas analíticos.

Tabla 2 Simbología de la normativa ASME para elaborar diagramas de flujo [56].

Símbolo	Significado	Definición
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección	Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	Desplazamiento o transporte	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	Deposito provisional o espera	Indica demora en el desarrollo de los hechos.
	Almacenamiento permanente	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo o de un objeto cualquiera en un almacén.

Gráfica ABC

El gráfico ABC (o regla del 80/20 o ley del menos significativo) es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son

de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes [57].

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C) [57], permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

- Artículos A: Los más importantes a los efectos del control.
- Artículos B: Aquellos artículos de importancia secundaria.
- Artículos C: Los de importancia reducida.

La designación de las tres clases es arbitraria, pudiendo existir cualquier número de clases. También el porcentaje exacto de artículos de cada clase varía de un inventario al siguiente. Los factores más importantes son los dos extremos: unos pocos artículos significativos y un gran número de artículos de relativa importancia. Esta relación empírica formulada por Vilfredo Pareto, ha demostrado ser una herramienta muy útil y sencilla de aplicar a la gestión empresarial. Permite concentrar la atención y los esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar [57].

Una manera de representar los artículos según su porcentaje de valoración corresponde:

- El grupo A estará conformado por el 80% de los artículos que posee la empresa, representado por el 20 % del valor total.
- El Grupo B estará conformado por el 30% de los artículos que posee la empresa, y será el siguiente 15% del valor total.
- El último 5 % del valor total será representado por el 50% de los artículos que posee la empresa.

El método o gráfico ABC [57] , puede ser aplicado a:

- Las ventas de la empresa y los clientes con los que se efectúan las mismas.
- El valor de los stocks y el número de ítems de los almacenes.
- Los costos y sus componentes.
- Los beneficios de la empresa y los artículos que los producen.

Calidad total

La filosofía de la calidad total proporciona la mejora continua en una empresa y la participación de todos sus miembros, centrándose en la satisfacción tanto del cliente interno como del externo [58].

Se define esta filosofía [58], del siguiente modo:

- Gestión: el cuerpo directivo está totalmente comprometido
- De la calidad: los requerimientos del cliente son comprendidos y asumidos exactamente
- Total: todo miembro de la organización está involucrado, incluso el cliente y el proveedor, cuando esto sea posible.

En la Figura 3, se resume la evolución temporal de la calidad.

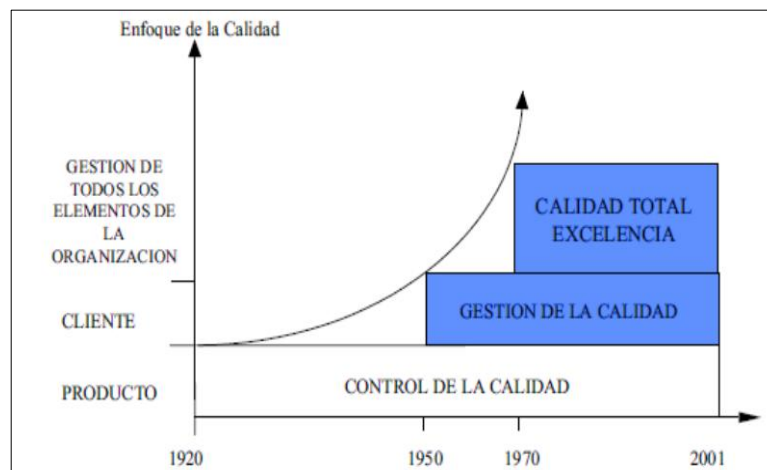


Figura 3 Evolución temporal de la calidad [59].

Control de calidad

Es el uso de técnicas y actividades por el cual se establecen y se cumplen normas que aseguran las especificaciones del producto, lo cual permite que los clientes compren satisfechos un producto o adquieran un servicio que cumpla con sus expectativas [58], además el control de calidad implica:

- Indicar el objeto a controlar
- Establecer unidad de medida
- Establecer el valor estándar de la especificación a controlar
- Elegir un instrumento de medida

- Efectuar la medición
- Interpretar el valor medido con el valor estándar
- Actuar sobre las diferencias

El control de calidad se aplica a lo largo de todo el proceso productivo y no únicamente al final del producto; desde la recepción de la materia prima e insumos hasta el producto acabado [58].

Herramientas de la calidad

Existen 7 herramientas básicas que se utilizan para mejorar la calidad en el producto, utilizadas también como soporte para el análisis y solución de problemas existentes en la producción de una organización [60].

- Hoja de control
- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Diagrama causa-efecto
- Estratificación (análisis por estratificación)
- Gráfica de control

Hojas de control

Conocida también como hojas de recogidas de datos, registros u hojas de verificación. Sirve para reunir y clasificar información mediante la anotación y registro de sus datos. Estos datos se le denominan frecuencias [60].

Entre las ventajas de utilizar un formato de hoja de verificación [60], tenemos:

- Proporciona datos fáciles de comprender.
- Los datos son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.
- Reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

Histograma

Es una distribución que permite entender si la variable de una especificación se encuentra dentro o fuera, además permite visualizar la tendencia de los datos, si estos están centrados, dispersados y en qué forma o tipo de distribución se encuentran [60].

Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras ordenado sus datos de mayor a menor y permite identificar los defectos de calidad que hay en la empresa, se relaciona mucho a la regla 80/20, donde el 80% de los problemas son originados por el 20% de sus causas [60].

Este análisis es útil para identificar los factores clave de una determinada situación, en el cual se puede señalar la importancia de las diferentes causas referentes a los problemas. De esta manera, se pueden establecer las causas más frecuentes que originan el problema estudiado y sobre el cual se debe dar mayor importancia [60].

Diagrama causa-efecto

Este gráfico permite identificar de manera ordenada las posibles causas que afectan la calidad del producto, de tal forma que permite identificar en donde se encuentra el error si el producto terminado no cuenta con las especificaciones deseadas [60].

Este tipo de diagrama se construye a partir de las ideas aportadas por los grupos de trabajo relacionando un efecto con las causas que lo generan y visualizando de manera más clara las relaciones que hay entre ellas, permitiendo a todos los integrantes tener una visión del conjunto del problema [60].

Estratificación

Estrategia de búsqueda que permite entender como intervienen e influye una situación problemática a la empresa, además de que permite buscar o encontrar las verdaderas causas del problema [60].

Gráficas de control

La función de esta gráfica es mostrar el comportamiento de un proceso a través del tiempo y de esta manera tomar las acciones necesarias para mejorar la calidad [60].

Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos. En la Figura 4, se muestra las partes que tiene una gráfica de control [60].

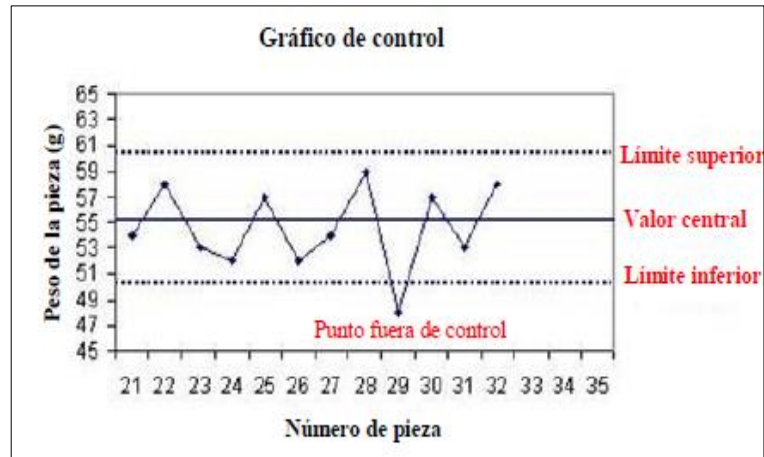


Figura 4 Partes de una gráfica de control [60].

Cartas de control por atributos

Cuando las características de la calidad no son medibles y presentan diferentes estados de tipo cualitativo como: conforme, no conforme, defectuoso, no defectuoso, entre otros; la aplicación de las cartas de control es del tipo por atributos [61].

Cuando se requiere que las características de calidad indiquen nada más que el artículo “se adapta a la norma”, es decir si no existe una medición continua que es crucial para el comportamiento del artículo, el registro se dice que es por atributos y la carta en este caso se llama carta de control por atributos [61].

A su vez existen cuatro tipos de cartas de control por atributos, según si se desea controlar los defectos o las unidades defectuosas y si los subgrupos que se escogen están conformados por muestras del mismo o de diferente tamaño [61].

➤ **Cartas tipo “p”**

Este gráfico se basa en dos categorías, pasa o no pasa, cumple con las especificaciones y no cumple con las especificaciones, ya que se basa en las propiedades de la distribución binomial [62].

Su propósito fundamental es la detección oportuna de causas especiales que puedan incrementar la proporción de productos defectuosos de un proceso. En general la

herramienta avisa cuando se da un cambio significativo en este tipo de procesos, pudiendo ser un cambio deseable o indeseable en términos de los niveles de calidad [62].

Si de las n_i piezas del subgrupo i se encuentra que d_i son defectuosas (no pasan), entonces en la carta p se gráfica y se analiza la variación de la proporción p_i de unidades defectuosas por subgrupo [63].

$$P_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (1)$$

Límites de control

Para calcular los límites de control se parte del supuesto de que la cantidad de piezas defectuosas por subgrupo sigue una distribución binomial. Se aplica el mismo esquema general, el cual señala que los límites están dados por $\mu_w \pm 3\sigma_w$ la media, más menos tres desviaciones estándar del estadístico W que se grafica en la carta [63].

$$\mu_{pi} = \bar{p} \text{ y } \sigma_{pi} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2)$$

Donde:

n = Tamaño del subgrupo

\bar{p} = Proporción promedio de artículos defectuosos en el proceso

Por lo tanto, los límites establecidos corresponden a los siguientes

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

➤ Cartas de control “c”

El objetivo de la carta c es analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo, cuando el tamaño de éste se mantiene constante. En esta carta se grafica c_i que es igual al número de defectos o eventos en el i -ésimo subgrupo (muestra). Los límites de control se obtienen suponiendo que el estadístico c_i sigue una distribución

de Poisson [63]; por lo tanto, las estimaciones de la media y la desviación estándar de este estadístico están dadas por:

$$\mu_{ci} = \bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de subgrupos}} \text{ y } \sigma_{ci} = \bar{c} \quad (5)$$

Límites de control

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (6)$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (7)$$

Interpretación de las cartas de control

La estabilidad de un proceso no se determina únicamente si todos los puntos analizados están dentro de los límites naturales, existen otros patrones que determinan si el proceso analizado es realmente estable. Estos se analizan de acuerdo a las zonas en las cartas de control las mismas que están determinadas de acuerdo a los cálculos de los límites naturales para 3, 2 y 1 sigma. Para la interpretación de las cartas de control es importante identificar que patrón determina la inestabilidad para posteriormente indagar sus causas. De esta manera en la Tabla 3, se puede apreciar los siguientes patrones de inestabilidad: [64].

Tabla 3 Patrones que determina la inestabilidad en un proceso [34].

Patrones que determinan la inestabilidad en los procesos	
Patrón 1 Desplazamiento o cambios en el nivel del proceso	
Detalle	Gráfico
<p>Ocurre cuando uno o más puntos se salen de los límites de control o hay puntos consecutivos que caen de un solo lado de la línea central, sus causas son: la introducción de nuevos operarios, máquinas, materiales, métodos; y una mayor o menor atención de los trabajadores hacia el proceso.</p>	

Patrón 2 Tendencia en el nivel del proceso	
Detalle	Gráfico
<p>Cuando los valores de los puntos en la carta tienden a incrementar o disminuir, sus causas son: deterioro de equipos, desgaste de herramientas, cambios en las condiciones del medio ambiente.</p>	
Patrón 3 Ciclos recurrentes (periodicidad)	
Detalle	Gráfico
<p>Flujo de puntos consecutivos tiende a crecer y luego se presenta otro flujo, pero de manera descendente, lo cual se repite en ciclos, sus causas son: diferencia en las herramientas de medición, rotación de máquinas o trabajadores.</p>	
Patrón 4 Mucha variabilidad	
Detalle	Gráfico
<p>Una alta proporción de defectos se encuentran cerca de los límites de control y pocos o ningún punto en la parte central de la carta, sus causas son ajustes innecesarios del proceso, diferencias sistemáticas en la calidad del material o en los métodos.</p>	
Patrón 5 Falta de variabilidad	
Detalle	Gráfico
<p>Todos los puntos se concentran en la parte central de la carta, sus causas son: agrupamiento en una misma muestra con medias bastantes diferentes o la equivocación en el cálculo de los límites.</p>	

Métricas de calidad

Capacidad de proceso

Es la cualidad de un proceso para cumplir con las especificaciones de calidad establecidas en el diseño de un producto [64]. Se pueden dar 3 escenarios en este aspecto:

- El primero es que la capacidad del proceso sea mayor que las especificaciones, es la situación más indeseable dentro de una organización ya que esto obliga a tomar ciertas acciones con especificaciones más estrictas para el producto.
- El segundo es que la capacidad del proceso sea igual que las especificaciones, puede llegar a ser un suceso indeseable pues se corre el riesgo de que en cualquier momento el proceso salga de control y se torne inestable.
- El tercero es que la capacidad del proceso sea menor a las especificaciones, se considera un caso ideal pues se obtiene menos productos de rechazo.

Índices de capacidad

Permiten evaluar qué tan capaz es un proceso para cumplir con las especificaciones.

Índice Cp: El índice de capacidad potencial del proceso, se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}} = \frac{E_s - E_i}{6\sigma} \quad (6)$$

Donde:

E_s = Especificación superior de la variable medida

E_i = Especificación inferior de la variable medida

σ = Media de las desviaciones estándar de los subgrupos

El valor obtenido del cálculo del índice Cp se lo compara en la siguiente tabla para definir la categoría del proceso [64].

Tabla 4 Determinación de la capacidad de un proceso [63].

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$Cp > 1.33$	1	Adecuado
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < Cp <$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

DPMO (defectos por millón de oportunidades)

Es una técnica aplicada a variables por atributos que nos permite asimilar el comportamiento de un proceso en base a los defectos encontrados en las inspecciones, por ello para nuestro estudio se calculará el DPMO para cada una de las áreas en análisis, siendo estas: sandblasting y manualidades [64]. La fórmula que se utiliza para determinar el DPMO es la siguiente:

$$DPMO = \frac{1'000000*d}{U*O} \quad (7)$$

Donde:

U=Número de unidades inspeccionadas

D= Número de defecto s que puedan existir en cierta cantidad de unidades.

O= Numero de oportunidades por unidad (cantidad de defectos posibles dentro de un producto)

DPO (defectos por unidad)

$$DPO = \frac{D}{U*O} \quad (8)$$

Desempeño del proceso (Yield)

$$Yield = (1 - 0,021) * 100 \quad (9)$$

PPM (Partes por millón)

Indica el número de partes no conformes en el proceso, se utiliza para llevar un control de los productos defectuosos o rechazados, ya que mientras más bajo sean los PPM, el proceso de producción será más eficiente con un producto de buena calidad [34].

$$\text{Nivel de calidad en sigmas} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 * \ln(\text{PPM})} \quad (10)$$

Rendimiento del proceso (Yield)

Rendimiento esperado del proceso que determina el porcentaje de elementos que si cumplen con las especificaciones del cliente [34].

$$\text{rendimiento} = \frac{(1'000000 - \text{PPM}_{total})}{1'000000} * 100 \quad (11)$$

Interpolación

Es un procedimiento muy utilizado para estimar los valores que toma una función en un intervalo del cual conocemos sus valores en los extremos.

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) * (Y_2 - Y_1) \right] \quad (12)$$

En donde:

X= valor conocido

X₁= valor superior en tablas a X

X₂= valor inferior en tablas a X

Y= valor a encontrar

Y₁= valor de la derecha asociado a X₁

Y₂= valor de la derecha asociado a X₂

Metodología Six Sigma

La metodología Six sigma está enfocada a una gestión revolucionaria que mide y mejora la calidad, con la finalidad de llegar a satisfacer los requerimientos y pedidos de los clientes alcanzando niveles cerca de los perfectos [65].

En pocas palabras, es un método enfocado en datos para alcanzar niveles cercanos a la perfección, diferente a otros enfoques debido a que corrige problemas antes de que se presenten. La Figura 5, se representa las fases que contiene la metodología Six Sigma – DMAIC.

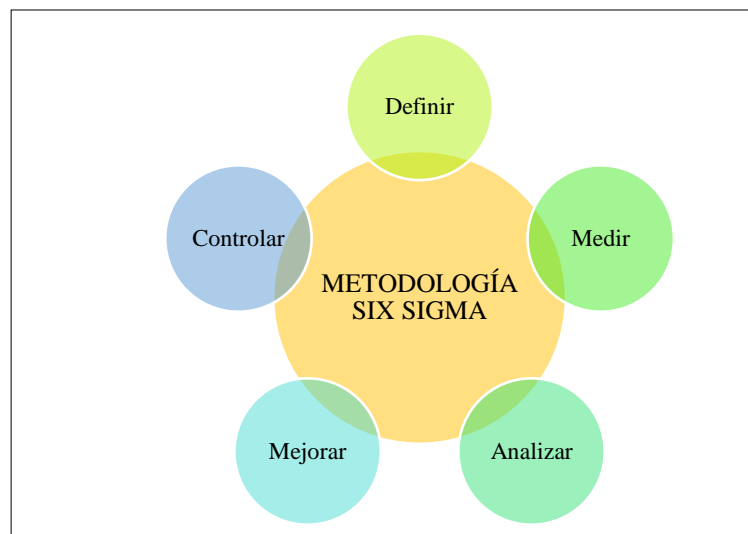


Figura 5 Metodología Six Sigma.

Meta de Six Sigma

La meta de Six 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. Six sigma es el 99.999966% de eficiencia. En la Figura 6, se observa una representación de la aplicación de Six Sigma.

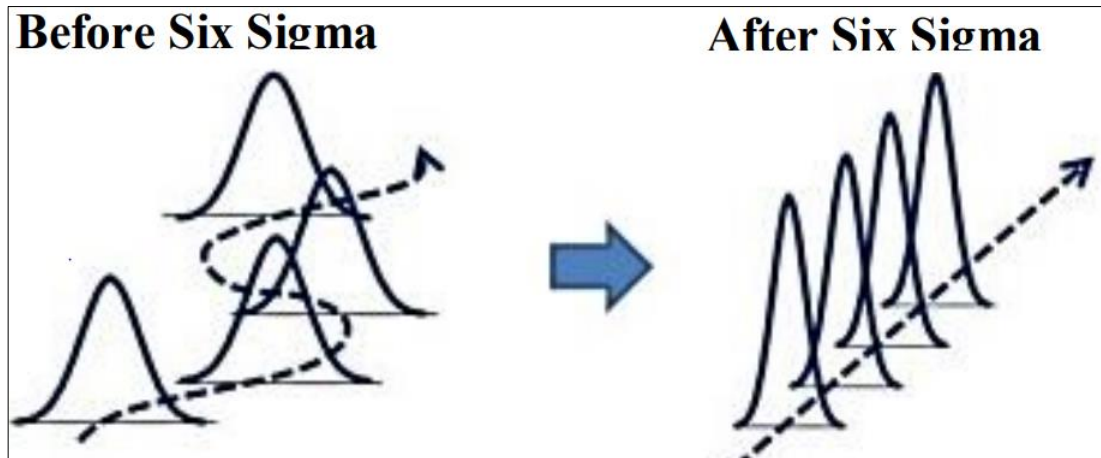


Figura 6 Antes y después de aplicar Six Sigma [65].

Fase de definición

Definir es la primera etapa del modelo DMAIC. El fin de esta etapa es entender el problema a solucionar y definir las expectativas del cliente para el proceso, incluyendo tanto a los clientes internos y externos; identificar sus necesidades, alcance del proyecto y los objetivos. Para definir el problema, es necesario cuantificarlo, identificar los indicadores y las fuentes de medición potenciales, así como identificar los atributos negativos y el desempeño actual [66].

Fase de medición

El objetivo de esta fase es establecer técnicas para la recolección de información acerca de la situación actual de la empresa que sobresalga las oportunidades del proyecto y proporcione una estructura para monitorear las mejoras subsecuentes [66].

En esta fase se derrocha por completo las conjeturas y suposiciones acerca de lo que los clientes necesitan y esperan, y qué tan bien está trabajando el proceso. Se debe recolectar información de varias fuentes necesarias para determinar los defectos o fallas y que tan frecuente se producen [66].

Fase de análisis

Esta etapa permite establecer las oportunidades de mejora al tener recolectado todos los datos. En base a esta etapa, se determina como, donde y por qué ocurren los defectos; selecciona las herramientas de análisis gráfico adecuadas y las aplica a los datos recolectados y; plantea mejoras para la siguiente etapa. Se evidencia con un mapa

de procesos detallado, un enunciado refinado del problema y estimados de la posibilidad de defectos [66].

Fase de mejora

En la etapa de mejorar, el equipo de trabajo desarrolla, implementa y valida alternativas que rectifican el proceso. Esto consiste en hacer una lluvia de ideas, probar las soluciones propuestas usando corridas piloto y aceptando alternativas. Esta etapa entrega soluciones al problema y genera la confirmación de las mejoras, así como planes de implementación y comunicación [66].

Fase de control

En esta etapa institucionaliza las mejoras del proceso y el producto y, controla el desempeño actual a fin de obtener las ganancias logradas en la etapa de mejora. El equipo desarrolla una estrategia de control basada en los resultados de las cuatro etapas previas, un plan de control que incorpora los cambios en el proceso y un enunciado de calidad de desempeño actualizado y un plan de entrenamiento para documentar los cambios y mejoras [66].

Una de las herramientas que se utilizan para monitorear y controlar la calidad del producto, son las cartas de control las cuales indican si el proceso o en sí en producto se encuentra dentro de los límites de control, si fuese así implementar medidas de corrección y prevención [66].

Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Esta metodología proporciona los pasos que un grupo de personas debe ejecutar para lograr identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan, para lo cual se establece prioridades y acciones que permitan eliminar o disminuir la posibilidad que ocurran dichas fallas que afectan la calidad del producto [34].

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total [67], cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

Estudios R&R (repetibilidad y reproducibilidad) para atributos

Permite evaluar la consistencia de procesos de medición basados en dispositivos o en evaluaciones subjetivas realizadas por inspectores, que clasifican las piezas en pocas categorías (por ejemplo, defectuosa o no) [63].

El caso más usado es el de dos categorías, donde las piezas se aceptan o rechazan con base en algún tipo de método de medición enfocado a hacer tal distinción; tal es el caso de la tarea de inspectores que evalúan la calidad con base en sus sentidos (vista, gusto, olfato, oído, tacto), lo que da lugar a datos o mediciones en escala binaria, dado que el resultado se puede expresar con dos números, 1 cuando el producto se acepta y 0 cuando se rechaza [63].

Recomendaciones para realizar un estudio del tipo análisis de riesgo [63]:

- Selección de las personas participantes. Son las personas que normalmente están haciendo las evaluaciones. Es necesario incluir en el estudio a personas en todo el rango posible de entrenamiento (desde inspectores muy experimentados hasta novatos).
- Selección de las piezas. Se deben usar piezas que cubran todo el rango de observaciones; es decir, la evaluación no se debe hacer con una muestra aleatoria de la producción, sino de una selección orientada para que en la muestra se incluyan piezas en todos los niveles de calidad: desde muy buena hasta muy mala, pasando por intermedia y dudosa. El número de piezas que se incluya en el estudio de preferencia debe ser grande (entre 30 y 100 es un número razonable).
- Este método se basa en comparar qué tanto concuerdan los criterios de un mismo operador y entre los diferentes operadores.

Métodos de análisis de riesgo

Este análisis de la consistencia en los criterios de los operadores se aplica a los estudios de R&R para atributos el análisis se hace mediante los siguientes pasos [63]:

1. Calcular la suma de acuerdos. Corresponde a la suma de acuerdos y desacuerdos a los que fue sometida la pieza de análisis.
2. Determinar desacuerdos posibles. Determina el número de posibles desacuerdos posibles por cada pieza. Las fórmulas que utiliza se detallan a continuación.

$$a_p = \binom{k}{2} = \frac{k!}{2!(k-2)!} \quad (11)$$

$$a_t = a_p * p \quad (12)$$

Dónde:

a_p = Número de posibles desacuerdos diferentes por pieza.

k = Número de evaluaciones a las que es sometida cada pieza.

a_t = Oportunidades para estar de acuerdo o en desacuerdo en las evaluaciones del estudio.

p = Número de piezas en el estudio.

3. Análisis del nivel de acuerdos.
4. Calcular el nivel de desacuerdos. Al dividir el total de desacuerdos en el estudio, D_e , entre el número total de posibles desacuerdos a_t , se obtiene,

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} * 100 \quad (13)$$

Dónde:

ND_e = Nivel de desacuerdo

D_e = representa el total de desacuerdos del estudio

5. Determinar la repetibilidad. En este tipo de sistemas de medición el papel del instrumento de medición lo desempeña el criterio del operador; por lo tanto, los desacuerdos por repetibilidad se calculan a partir de la consistencia entre

los ensayos de un mismo operador (en el ejemplo entre las dos semanas de prueba).

Desacuerdos por repetibilidad. Sirve para evaluar la repetibilidad de un proceso de medición de atributos, pues se basa en la consistencia entre los ensayos que hace un mismo operador.

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} * 100 \quad (14)$$

Dónde:

ND_{rep} = representa el total de desacuerdos.

D_{rep} = representa el total de desacuerdos.

O_{rep} = total de oportunidades.

6. Determinar la reproducibilidad. En este rubro se evalúan grosso modo las diferencias sistemáticas entre operadores, comparando el total de piezas aceptadas por cada operador en los dos ensayos.

Desacuerdos por reproducibilidad. Sirve para evaluar la reproducibilidad de un proceso de medición de atributos, pues se basa en el número de desacuerdos por pareja de operadores [63].

$$ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} * 100 \quad (15)$$

Dónde:

ND_{repro} = Nivel de desacuerdo para la reproducibilidad.

D_{repro} = total de desacuerdos entre parejas de operarios.

O_{repro} = total de oportunidades entre operarios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Realizar un análisis de fallas mediante metodología Six Sigma en el proceso productivo de lavado y tinturada de prendas de vestir en la empresa el Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir.
- Realizar un análisis de fallas principales dentro del proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir.
- Analizar el nivel de calidad Sigma actual del proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir.
- Establecer propuestas de control para la reducción de fallas en el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir, mediante la utilización de la metodología Six Sigma.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales a utilizar para el desarrollo del proyecto de investigación se enlistan en la Tabla 5, donde se presenta la figura representativa y la función a cumplir respectivamente.

Tabla 5 Lista de materiales empleados en el desarrollo de la investigación.

Material	Figura	Descripción
Cámara fotográfica		Registro fotográfico que ayuda a la descripción de las operaciones y maquinaria empleada para la elaboración del proceso productivo del lavado y tinturado de prendas de vestir.
Visio		Elaboración de mapa de procesos, organigrama funcional, cursogramas analíticos y diagramas de causa-efecto.
Excel		Procesamiento de la información tomada como: gráfica ABC, muestreo, análisis R&R y cartas de control
Minitab		Software utilizado para la elaboración de diagramas de Pareto, informes de capacidad y gráficas de cartas de control.
Ficha de toma de actividades		Esquema para el registro de actividades y distancia recorrida por el operario durante el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir. Anexo 1

<p>Formato para la recolección de la información con la técnica 5W-1H</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">Área</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Pregunta</th> <th>Respuesta</th> <th>1^{er} Por qué</th> <th>2^{do} Por qué</th> <th>3^{er} Por qué</th> <th>4^{to} Por qué</th> <th>5^{to} Por qué</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Who- Quién</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>What- Qué</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>When- Cuándo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Where- Dónde</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>How- Cómo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>How- Cómo resolverlo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Área						Pregunta	Respuesta	1 ^{er} Por qué	2 ^{do} Por qué	3 ^{er} Por qué	4 ^{to} Por qué	5 ^{to} Por qué	Who- Quién								What- Qué								When- Cuándo								Where- Dónde								How- Cómo								How- Cómo resolverlo								<p>Esquema permite conocer más a fondo los diferentes problemas de calidad que se presentan en cada área del proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir. Anexo 3</p>															
		Área																																																																														
	Pregunta	Respuesta	1 ^{er} Por qué	2 ^{do} Por qué	3 ^{er} Por qué	4 ^{to} Por qué	5 ^{to} Por qué																																																																									
Who- Quién																																																																																
What- Qué																																																																																
When- Cuándo																																																																																
Where- Dónde																																																																																
How- Cómo																																																																																
How- Cómo resolverlo																																																																																
<p>Hoja de verificación de fallas</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LABORATORIO DENIM</th> <th colspan="4">ÁREA HÚMEDA</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="4">Hoja de verificación de fallas</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Fecha:</td> <td colspan="4">Página:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Inspector:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Tipo de pantalón:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Número de máquina:</td> <td colspan="3">Número de prendas en máquina:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Operario:</td> <td colspan="3">Turno:</td> </tr> <tr> <th>Tipo de falla</th> <th>Motivo</th> <th>Frecuencia</th> <th colspan="3">Subtotal</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> </table>	LABORATORIO DENIM		ÁREA HÚMEDA						Hoja de verificación de fallas				Fecha:		Página:				Inspector:						Tipo de pantalón:						Número de máquina:			Número de prendas en máquina:			Operario:			Turno:			Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal																																	<p>Formato que permite recolectar las diferentes fallas que se presenten en el proceso productivo, tanto en el área húmeda, sandblasting y manualidades. Anexo 4</p>
LABORATORIO DENIM		ÁREA HÚMEDA																																																																														
		Hoja de verificación de fallas																																																																														
Fecha:		Página:																																																																														
Inspector:																																																																																
Tipo de pantalón:																																																																																
Número de máquina:			Número de prendas en máquina:																																																																													
Operario:			Turno:																																																																													
Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal																																																																													
<p>Hoja de control de calidad</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LABORATORIO DENIM</th> <th colspan="3">ÁREA HÚMEDA</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3">Hoja de control de calidad</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Tipo de pantalón:</td> <td colspan="3">Fecha:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Responsable:</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número de lavadora:</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número de lote:</td> <td colspan="3">Número de prendas:</td> </tr> <tr> <th>Defectuosa por</th> <th>Frecuencia</th> <th colspan="2">Subtotal</th> </tr> <tr> <td>Litros en tuego</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Baja concentración de tefido</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Puntos claros en pantalón</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Manchas de colorante</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Am arillamiento de prenda</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Quebres de tela</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Total</td> </tr> </thead> </table>	LABORATORIO DENIM		ÁREA HÚMEDA					Hoja de control de calidad			Tipo de pantalón:		Fecha:			Responsable:					Número de lavadora:					Número de lote:		Número de prendas:			Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal		Litros en tuego				Baja concentración de tefido				Puntos claros en pantalón				Manchas de colorante				Am arillamiento de prenda				Quebres de tela							Total	<p>Formato que permite recolectar la información de los defectos considerados como pocos vitales del proceso productivo, tanta para el área húmeda, sandblasting y manualidades. Anexo 5</p>																
LABORATORIO DENIM		ÁREA HÚMEDA																																																																														
		Hoja de control de calidad																																																																														
Tipo de pantalón:		Fecha:																																																																														
Responsable:																																																																																
Número de lavadora:																																																																																
Número de lote:		Número de prendas:																																																																														
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal																																																																														
Litros en tuego																																																																																
Baja concentración de tefido																																																																																
Puntos claros en pantalón																																																																																
Manchas de colorante																																																																																
Am arillamiento de prenda																																																																																
Quebres de tela																																																																																
			Total																																																																													

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, es cuantitativo porque se va a manejar variables de valor numérico, que permitan medir la calidad en el proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir a través de las herramientas de la metodología Six Sigma, los mismos que son presentados en el capítulo de análisis e interpretación de resultados, y es cualitativo ya que se emplea métodos de obtención de datos tales como: la observación, entrevistas, fichas de observación y reuniones con el personal con el propósito de conocer y disminuir los defectos presentes en el proceso productivo y así aumentar la calidad del producto final cumpliendo con las expectativas de los clientes.

2.2.2 Modalidad de la investigación

Se recurre a los siguientes medios de investigación para desarrollar la problemática presente.

Investigación aplicada

La presente investigación utiliza esta modalidad debido a que en su desarrollo se elabora una propuesta de solución por la cantidad de productos que presentan fallas en la línea de producción de la empresa el Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. Se utiliza como sustento los conocimientos impartidos por la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, al igual que la investigación bibliográfica y documental que se hallan en libros, textos, revistas indexadas, periódicos e internet y se lo emplea en el sector productivo con la finalidad de hacerlo más eficiente.

Investigación bibliográfica – documental

Por medio de esta modalidad se utiliza fuentes bibliográficas con información primaria por parte de la empresa y secundaria a través de libros, revistas, artículos científicos publicados en congresos y revistas indexadas, internet y otras publicaciones existentes sobre el tema. De esta manera se recopila información valiosa que sirva como sustento científico del proyecto investigativo.

Investigación de campo

Para la obtención de la información veraz se aplica la investigación de campo, ya que se debe acudir a las instalaciones de la empresa el Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA., con la finalidad de obtener información que sea confiable y pertinente al proyecto de investigación, además de obtener una relación directa con sus trabajadores, sus procesos y ambiente laboral; mediante técnicas, procedimientos de investigación e instrumentos confiables.

2.2.3 Población y muestra

La investigación se aplica al proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir, por ello la muestra del estudio se delimita a través de un gráfico ABC, el cual la enfoca al pantalón índigo para hombre, siendo el de mayor valorización.

Por lo tanto, para evaluar los niveles de calidad en el proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre seleccionado, se establece un estudio

mensual para el último mes, por lo cual es necesario aplicar un muestreo representativo de las fallas.

La producción del último mes de estudio corresponde a 72 lotes y considerando que no hay una regla específica para establecer la frecuencia de toma de subgrupos, se utiliza el tamaño de muestra igual a 18 lotes.

Mediante el muestreo sistemático se procede a indagar las diferentes fallas tomadas de las hojas de control de calidad en cada uno de los 18 lotes inspeccionados al mes, primero se deben enumerar todos los elementos de la población, se extrae un número (i) al azar del total del lote, y los demás elementos se toman dependiendo del valor de k [34]:

$$k = \frac{N}{n}$$

$$k = \frac{72}{18}$$

$$k = 4$$

Donde,

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

k = Intervalo

La Tabla 6, muestra la selección del número de lote a ser inspeccionado durante la producción.

Tabla 6 Elementos de muestra y número de lote a inspeccionar.

Elementos de la muestra	Número de lote a investigar
Arranque	1
1+k = 1+4	5
5+k = 5+4	9
9+k = 9+4	13
13+k = 13+4	17
17+k = 17+4	21
21+k = 21+4	25
25+k = 25+4	29

29+k = 29+4	33
33+k = 33+4	37
37+k = 37+4	41
41+k = 41+4	45
45+k = 45+4	49
49+k = 49+4	53
53+k = 53+4	57
57+k = 57+4	61
61+k = 61+4	65
65+k = 65+4	69

Dado que el área húmeda los lotes de producción varían según la demanda de producción se establece que el número de prendas para el análisis es de 65 prendas en cada una de las lavadoras por lo que se realiza otro muestre sistemático sobre el número de prendas.

$$k = \frac{N}{n}$$

$$k = \frac{65}{13}$$

$$k = 5$$

Tabla 7 Número de prenda a inspeccionar.

Numero de prenda a inspeccionar
1
6
11
16
21
26
31
36
41
46
51
56
61

Para la toma de atributos de calidad en el área de sandblasting y manualidades se aplica una inspección al 100% de la producción en el mes de estudio de los 18 lotes de prendas, la cual consiste en revisar todos los jeans del lote entregado del proceso anterior.

2.2.4 Recolección de información

La recolección de información se realiza a través de la aplicación de diferentes métodos de obtención de datos que permiten la recopilación de evidencia necesaria y adecuada que ayude al cumplimiento de los objetivos. Las técnicas y herramientas utilizadas en la investigación se mencionan a continuación:

Técnicas

- **Observación:** Se realiza de forma personal y directa en todas las estaciones de trabajo del proceso productivo de la empresa el Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA., dentro del mes de estudio establecido en la metodología por el investigador, con el propósito de identificar cada una de las actividades y operaciones que realiza el operario durante el proceso productivo al igual que indagar las causas que ocasionan la aparición de defectos en las prendas de vestir.
- **Entrevista:** Cuenta con una serie de preguntas estructuradas de forma abierta y verbal que el investigador realiza al técnico y al personal encargado de producción, de esta manera se obtiene mayor información referente a los fallos encontrados en las prendas de vestir.
- **Reuniones con el personal:** Brindan la oportunidad de exponer ideas y contribuir aportaciones de los diferentes problemas que afecten el adecuado desempeño de cada área de trabajo, mediante esta técnica se obtiene una idea clara de los defectos considerados como pocos vitales y las posibles soluciones que estos puedan tener, aumentando así la calidad del producto final cumpliendo con las expectativas de los clientes.

Herramientas

- **Fase de definición:** Lluvia de ideas o brainstorming, 5W-1H, hojas de verificación de fallas y diagramas de Pareto (ver anexos 2, 3, 4).
- **Fase de medición:** Hojas de control de calidad, cartas de control, informes de capacidad (ver anexo 5).
- **Fase de análisis:** Diagrama de Ishikawa, matriz de interrelación, 5 porqués, análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).

- Fase de mejora: 5W-2H y análisis de factibilidad (ver Tablas 73, 75, 76, 79, 80, 82, 84, 87, 88, 89, 91, 92 y 93).
- Fase de control: Registro de formatos (ver Tabla 94).

2.2.5 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos obtenidos en el desarrollo de la investigación se utiliza:

- Software Word: Procesamiento y presentación de información generada en la investigación, elaboración de formatos de documentación y cursogramas analíticos.
- Software Excel: Estratificación de información útil y no necesaria recolectada durante el mes de estudio, registro de datos cuantitativos y cualitativos, elaboración de formatos para la clasificación de información y tratamiento de datos continuos.
- Software Visio: Elaboración de mapas de proceso, organigrama funcional y diagramas sinópticos.
- Software Minitab: Elaboración de diagramas de Pareto, cartas de control, e informes de capacidad.

Para el análisis de datos se procedió de la siguiente manera:

- Revisión crítica de la información recogida.
- Estratificación de la información recolectada.
- Clasificación de la información necesaria.
- Tabulación o elaboración de cuadros de la información recolectada.
- Interpretación de resultados a través histogramas, diagramas de Pareto, cartas de control e informes de capacidad.
- Estudio de datos para ser presentados en resultados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 La empresa



Figura 7 Logo de la empresa.

El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA., es una empresa que empezó sus funciones en el año 2014, está integrada por 4 socios. Su trabajo consiste en el lavado y tinturado de prendas de vestir, es una empresa líder en el sector comercial debido a la gran cantidad de clientes que poseen, en su mayor parte del cantón Pelileo y Ambato, e igualmente de otras ciudades como Guayaquil, Cuenca y Riobamba.

Cuenta con una gran experiencia en sus diferentes departamentos en los que con el paso de los años han ido adquiriendo capacidades enormes que los diferencian de las demás empresas de producción con respecto al lavado y teñido de prendas de vestir, en ello se puede destacar tanto el área de showroom, así como el de investigación que son indispensables para que el producto sea de calidad y se diferencien de la competencia.

Visión: “Somos una empresa nueva, pero con gran experiencia, comprometidos en el desarrollo de nuevos procesos tecnológicos y propuestas innovadoras, dedicados al lavado de prendas de vestir en la provincia de Tungurahua, credos para ofrecer a los productores de textiles una opción diferenciada de servicio y calidad.”

Misión: “Ser reconocidos a nivel nacional como una lavadora que ofertas nuevas propuestas para nuestros clientes, que les permitan incrementar sus ventas mediante la

aceptación del producto final y consolidarnos como una empresa innovadora con altos procesos tecnológicos y de calidad amigables con el Medio Ambiente.”

3.1.2 Mapa de procesos

El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA., a través de un mapa de procesos permite definir de una manera sistemática las interacciones de sus diferentes procesos, contribuyendo así al logro de sus objetivos planteados y al desempeño global de la empresa.

El mapa de procesos relaciona los procesos estratégicos con los procesos operativos y los de procesos de soporte con el fin de aumentar la satisfacción del cliente. Los procesos estratégicos son dirigidos por alta gerencia. Los procesos operativos son parte central de la empresa donde se encuentra el proceso productivo. Finalmente, los procesos de soporte son los que suministran los recursos necesarios a la realización de todos los procesos en la empresa [68].

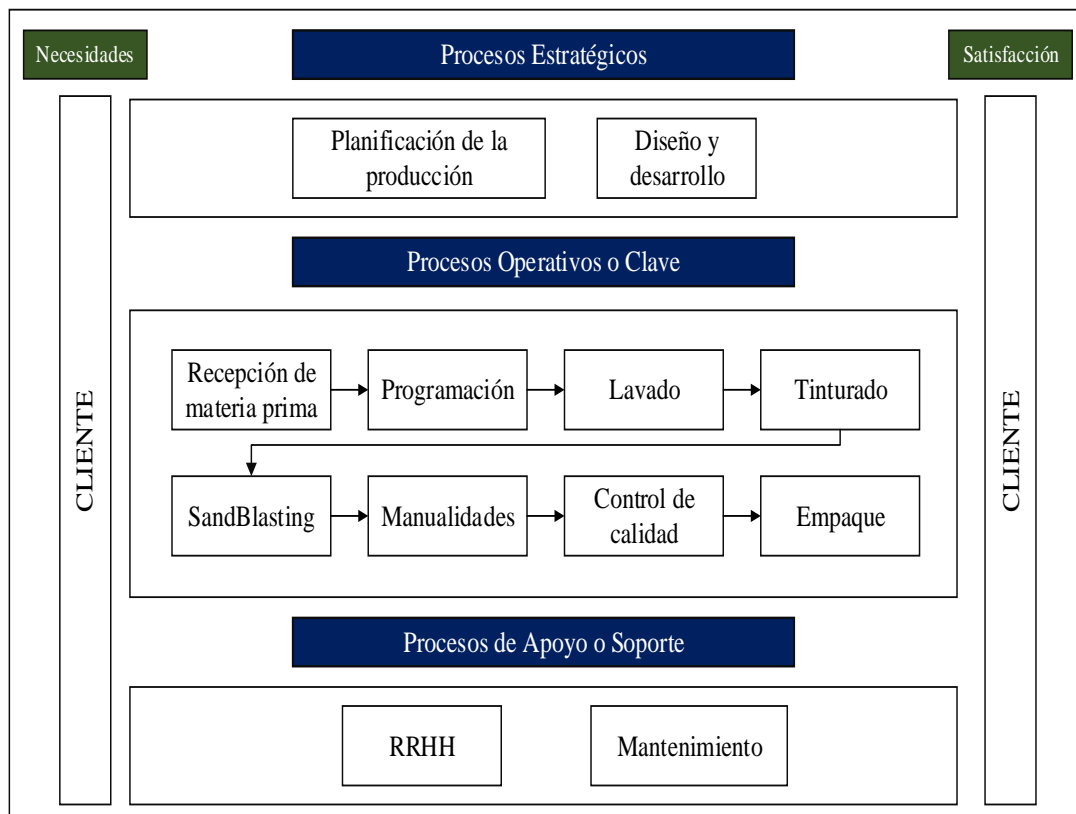


Figura 8 Mapa de procesos.

3.1.3 Organigrama Funcional

Actualmente El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA., cuenta con 17 trabajadores distribuidos en los diferentes niveles jerárquicos de la estructura administrativa de la empresa, de acuerdo al siguiente organigrama:

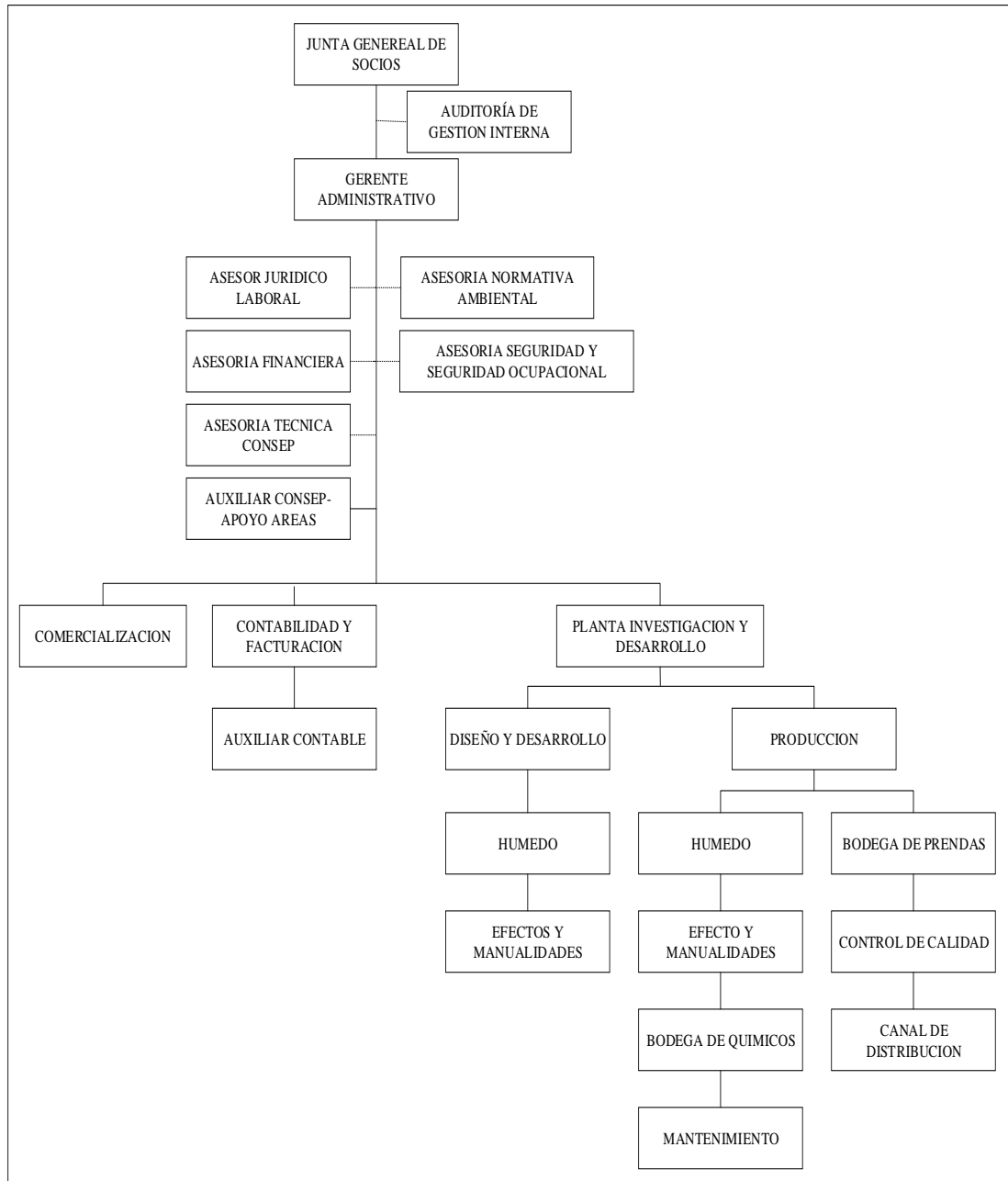


Figura 9 Organigrama funcional.

3.1.4 Productos ofertados

Tabla 8 Productos elaborados por la empresa.

Pantalón	Pantalón	Pantalón
Índigo	Índigo	Crudo
Hombre	Mujer	Hombre
		
Camisa	Camisa	Bermuda
Crudo	Índigo	Crudo
Hombre	Hombre	Hombre
		
Pantalón	Chaqueta	Chaqueta
Crudo	Crudo	Índigo
Mujer	Hombre	Hombre
		

Chaqueta	Bermuda	Chompa
Crudo	Índigo	Crudo
Mujer	Hombre	Hombre
		
Chompa	Shorts	Bermuda
Índigo	Crudo	Crudo
		
Chompa	Blusa	Chaqueta
Crudo	Crudo	Índigo
Mujer	Mujer	Mujer
		
Pantalón	Pantalón	
Índigo	Crudo	
Niño	Niño	
		

3.1.5 Análisis ABC para seleccionar el objeto de estudio que se centra la investigación

La Tabla 9, muestra los diferentes tipos de prendas de vestir que la empresa ofrece su servicio de lavado y tinturado con su respectivo consumo perteneciente a los últimos 8 meses del año 2018 y su costo unitario, datos de ventas proporcionados por la empresa, ya que en base a esta información se determina el producto [69].

Tabla 9 Consumo de productos elaborados por la empresa.

Producto	Tipo de tela	Género	Código	Cant. Total	Costo
Pantalón	Índigo	Hombre	P.I.H	11154	\$ 7,71
Pantalón	Índigo	Mujer	P.I.M	14355	\$ 5,00
Pantalón	Crudo	Hombre	P.C.H	10189	\$ 2,48
Camisas	Crudo	Hombre	C.C.H	9635	\$ 1,96
Camisas	Índigo	Hombre	C.I.H	5932	\$ 2,75
Bermuda	Crudo	Hombre	B.C.H	6837	\$ 1,96
Pantalón	Crudo	Mujer	P.C.M	5004	\$ 2,48
Chaquetas	Crudo	Hombre	CH.C.H	4342	\$ 2,48
Chaquetas	Índigo	Hombre	CH.I.H	3993	\$ 2,25
Chaquetas	Crudo	Mujer	CH.C.M	2259	\$ 2,48
Bermuda	Índigo	Hombre	B.I.H	2771	\$ 2,00
Chompa	Crudo	Hombre	Cho.C.H	1769	\$ 2,73
Chompa	Índigo	Hombre	Cho.I.H	2078	\$ 2,25
Shorts	Crudo	Mujer	Sh.C.N	3687	\$ 1,24
Bermuda	Crudo	Niño	B.C.N	2969	\$ 1,50
Chompa	Crudo	Mujer	Cho.C.M	1514	\$ 2,73
Blusas	Crudo	Mujer	Bl.C.M	1981	\$ 1,96
Chaquetas	Índigo	Mujer	CH.I.M	1618	\$ 2,25
Pantalón	Índigo	Niño	P.I.N	3070	\$ 1,10
Pantalón	Crudo	Niño	P.C.N	2259	\$ 1,47

El cálculo de la valorización, el porcentaje de participación monetaria y participación acumulada de cada tipo de prenda de vestir se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10 Cálculo de valorización, porcentaje de participación y participación acumulada.

Código	Cant. Total	Costo (USD)	Costo Total	Participación (%)	Participación acumulada
P.I.H	11154	\$ 7,71	\$ 85.997,34	27,58%	27,58%
P.I.M	14355	\$ 5,00	\$ 71.775,00	23,02%	50,60%
P.C.H	10189	\$ 2,48	\$ 25.268,72	8,10%	58,70%
C.C.H	9635	\$ 1,96	\$ 18.884,60	6,06%	64,75%

C.I.H	5932	\$ 2,75	\$ 16.313,00	5,23%	69,99%
B.C.H	6837	\$ 1,96	\$ 13.400,52	4,30%	74,28%
P.C.M	5004	\$ 2,48	\$ 12.409,92	3,98%	78,26%
CH.C.H	4342	\$ 2,48	\$ 10.768,16	3,45%	81,72%
CH.I.H	3993	\$ 2,25	\$ 8.984,25	2,88%	84,60%
CH.C.M	2259	\$ 2,48	\$ 5.602,32	1,80%	86,39%
B.I.H	2771	\$ 2,00	\$ 5.542,00	1,78%	88,17%
Cho.C.H	1769	\$ 2,73	\$ 4.829,37	1,55%	89,72%
Cho.I.H	2078	\$ 2,25	\$ 4.675,50	1,50%	91,22%
Sh.C.N	3687	\$ 1,24	\$ 4.571,88	1,47%	92,69%
B.C.N	2969	\$ 1,50	\$ 4.453,50	1,43%	94,11%
Cho.C.M	1514	\$ 2,73	\$ 4.133,22	1,33%	95,44%
Bl.C.M	1981	\$ 1,96	\$ 3.882,76	1,25%	96,68%
CH.I.M	1618	\$ 2,25	\$ 3.640,50	1,17%	97,85%
P.I.N	3070	\$ 1,10	\$ 3.377,00	1,08%	98,94%
P.C.N	2259	\$ 1,47	\$ 3.320,73	1,06%	100,00%
Total			\$ 311.830,29		

La Figura 10, muestra la gráfica ABC en donde se determina las respectivas zonas, en la cual se establece que de 0% al 80% del consumo acumulado corresponde a los productos de tipo A, de 80% a 95% los productos B y los de tipo C son los sobrantes.

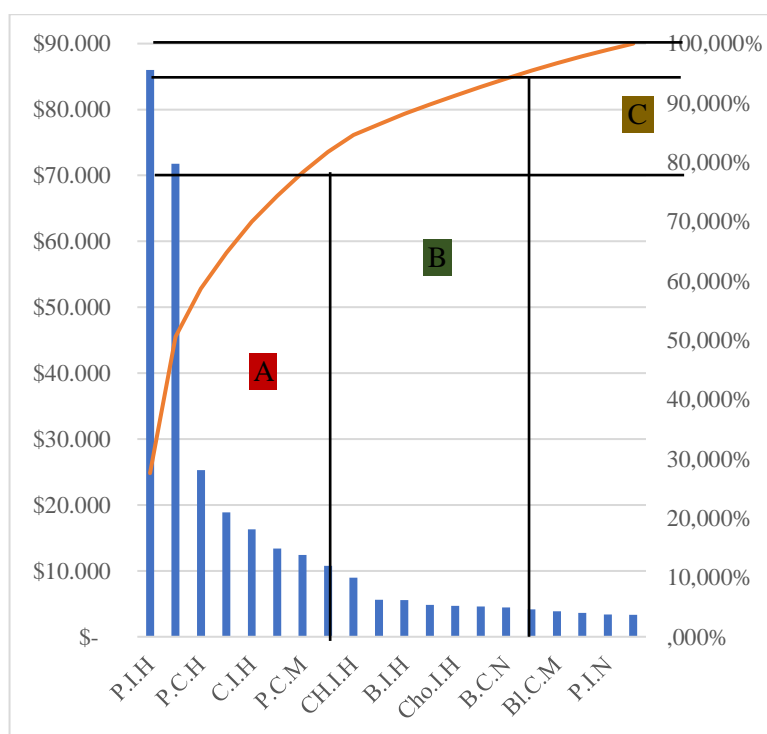


Figura 10 Gráfica ABC.

Los resultados obtenidos del análisis ABC, el cual permite categorizar los productos, de esta manera se tiene que los de tipo A son los más importantes a los efectos de control, los B son aquellos de importancia secundaria y los productos C de baja importancia, se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11 Resultados obtenidos del análisis ABC.

Producto	Código	Participación (%)	Participación acumulada	Clase
Pantalón	P.I.H	27,58%	27,58%	A
Pantalón	P.I.M	23,02%	50,60%	
Pantalón	P.C.H	8,10%	58,70%	
Camisas	C.C.H	6,06%	64,75%	
Camisas	C.I.H	5,23%	69,99%	
Bermuda	B.C.H	4,30%	74,28%	
Pantalón	P.C.M	3,98%	78,26%	
Chaquetas	CH.C.H	3,45%	81,72%	
Chaquetas	CH.I.H	2,88%	84,60%	
Chaquetas	CH.C.M	1,80%	86,39%	
Bermuda	B.I.H	1,78%	88,17%	
Chompa	Cho.C.H	1,55%	89,72%	
Chompa	Cho.I.H	1,50%	91,22%	
Shorts	Sh.C.N	1,47%	92,69%	
Bermuda	B.C.N	1,43%	94,11%	
Chompa	Cho.C.M	1,33%	95,44%	
Blusas	Bl.C.M	1,25%	96,68%	C
Chaquetas	CH.I.M	1,17%	97,85%	
Pantalón	P.I.N	1,08%	98,94%	
Pantalón	P.C.N	1,06%	100,00%	

Como resultado del análisis de la gráfica ABC, se obtiene que las prendas de vestir que se encuentran en el grupo A son: pantalón índigo de hombre, pantalón índigo de mujer, pantalón crudo de hombre, camisa índigo de hombre, camisa crudo de hombre, bermuda crudo de hombre, pantalón crudo de mujer y chaqueta crudo de hombre, por lo tanto, el producto que se emplea en la investigación corresponde al pantalón índigo de hombre con una valorización monetaria de \$ 85.997,34 y un porcentaje de valorización de 27,58 %.

3.1.6 Descripción del proceso productivo del producto escogido

Los valores descritos en cada una de las operaciones del proceso productivo son estimados por el jefe de producción.

- **Entrada de materiales para transformación:** Hace referencia a la primera etapa del proceso de producción, se trata de recibir las prendas de vestir y tomar los datos necesarios a este proceso en la orden de producción.



Figura 11 Entrada de materiales.

- **Realización de inventario:** El encargado de producción se encarga de realizar un cómputo del número de prendas, con el objetivo de con el propósito de confirmar que todo esté de acuerdo a lo planificado previamente.



Figura 12 Inventario.

- **Planteamiento del color:** Es un trabajo conjunto en el que participan: cliente y jefe de producción y se encargan de inspeccionar la carta de colores, que se disponga en la empresa con el objetivo de encontrar el color que mejor se ajuste a las necesidades.

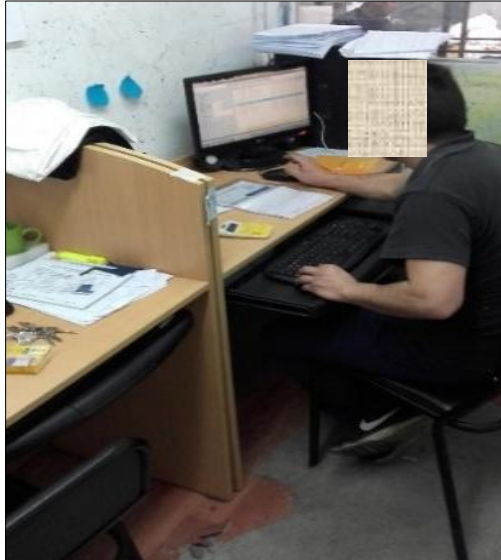


Figura 13 Planteamiento del color.

- **Emisión de la orden de producción:** El jefe de producción es el encargado de registrar todos los procedimientos que se desea que se realicen en las prendas de vestir, conjuntamente con la selección previa del color y se la emite al departamento de muestreo, con el objetivo de que se ejecute lo mencionado.
- **Inventario de cantidad de prendas:** Se realiza un conteo, puesto que se necesita tener en conocimiento la cantidad de químico que se empleara en los procesos posteriores como son: lavado y tinturado.



Figura 14 Inventario de prendas.

- **Cumplimiento de la orden de producción:** Con los datos tomados anteriormente del proceso se procede al cumplimiento de la orden de producción con el objetivo de disponer ya la secuencia de los procesos que se deben efectuar.
- **Manualidades:** Una vez que se tiene la orden de producción se procede a verificar el tipo de manualidades a emplear en las prendas de vestir, con el objetivo de saber en qué secuencia del proceso se lo realizara.



Figura 15 Serigrafía.

- **Lavado y Tinturado**
 - **Eliminación de goma:** En esta operación se procede a retirar la película de goma que está cubriendo la tela jeans, se emplea durante el proceso agua, desgomante (poliacrilamina), y enzimas alfaamilazas, durante el proceso en cuestión se trabajará a una temperatura de 60°C.



Figura 16 Eliminación de goma

- **Stone:** Es este paso se procede a decolorar de manera constante es decir uniforme a las prendas, se empleará agua, enzima celulósica y piedra pómez, durante el proceso en cuestión se trabajará a una temperatura de 45°C por 40 minutos.



Figura 17 Stone.

- **Disminuido de tono:** En este paso se pretende reducir la tonalidad de la prenda jeans azul, a unos menos oscuros, se emplearán (hipoclorito de sodio, permanganato de potasio), durante el proceso se trabajará a temperatura ambiente, en cuanto al tiempo no se puede establecer un valor definido, puesto que este variará en función de la tonalidad que se requiera, y de la concentración de los químicos.



Figura 18 Disminución de tono.

- **Sandblasting:** Este método se caracteriza por la utilización de soluciones de permanganato de potasio (pp) en las prendas de jeans por medio de un soplado, y se logra la decoloración, los tiempos para el proceso no están establecidos.



Figura 19 SandBlas.

- **Equilibrado:** En este proceso se devuelve a la prenda su pH normal al que se encontraba antes del proceso, eliminando los restantes de cloro y permanganato de potasio de acuerdo al proceso empleado, se emplea meta bisulfito de sodio y ácido oxálico, se trabajara a una temperatura de 50°C, por el tiempo de 10 minutos.



Figura 20 Equilibrado.

- **Tinturado:** Se procede a pintar las prendas, para lo cual la orden de producción debe ser revisada, puesto que ahí se especifica el modelo y el tono, se prepara la máquina con la cantidad requerida de agua, los químicos se deben disolver antes de introducirse en las maquinas, se trabajará a una temperatura de 60°C por un tiempo estimado de 45 minutos.



Figura 21 Tinturado.

- **Fijación:** Se realiza un afianzamiento del color por medio de los químicos empleados como son: ácidos y enzimas.



Figura 22 Fijación.

- **Suavizado:** En esta operación se pretende ofrecer suavidad a las prendas, de esta manera se optimiza el aspecto y el tacto del cliente, se utiliza suavizante a una temperatura de 40°C, por un tiempo estimado de cinco minutos.



Figura 23 Suavizado.

- **Centrifugado:** Lo que se busca con la aplicación del proceso es retirar la mayor cantidad de agua o humedad presente en las prendas de jeans, esto se lo realizado luego del proceso de pintado.



Figura 24 Centrifugado.

- **Secado:** Se realiza el proceso de deshidratación o secado de los pantalones, esto es posible realizarlo puesto que se emplea el vapor para ello.



Figura 25 Secado.

- **Pulverizado:** Este proceso se ejecuta con el objetivo de dar un aspecto reluciente y brindar una agradable fragancia a las prendas jeans, para la realización se emplea un atomizador neumático.



Figura 26 Pulverizado.

- **Control de calidad:** En este proceso el trabajador debe revisar todas las prendas una por una, con el objetivo de hallar fallas e identificarlas para poder rectificarlo. y evitar errores en el futuro.



Figura 27 Control de calidad.

- **Empacado y almacenado:** Concluido el proceso de producción el trabajador categoriza las prendas por cliente y las almacena para su posterior envío.



Figura 28 Empacado y almacenado.

3.1.7 Análisis del proceso productivo.

Se ha empleado diagramas de ensamble y cursogramas analíticos, con el objetivo de realizar la representación del proceso que se realiza en la empresa, específicamente para el lavado y tinturado, se ha optado por este método puesto que ayudan a representar de manera simbólica la manera de efectuar el proceso e implantar información clara sobre los procedimientos que se cumplen hoy en día. El significado de la simbología a utilizar se muestra en la Tabla 1, de esta manera se facilita comprensión de los mismos.

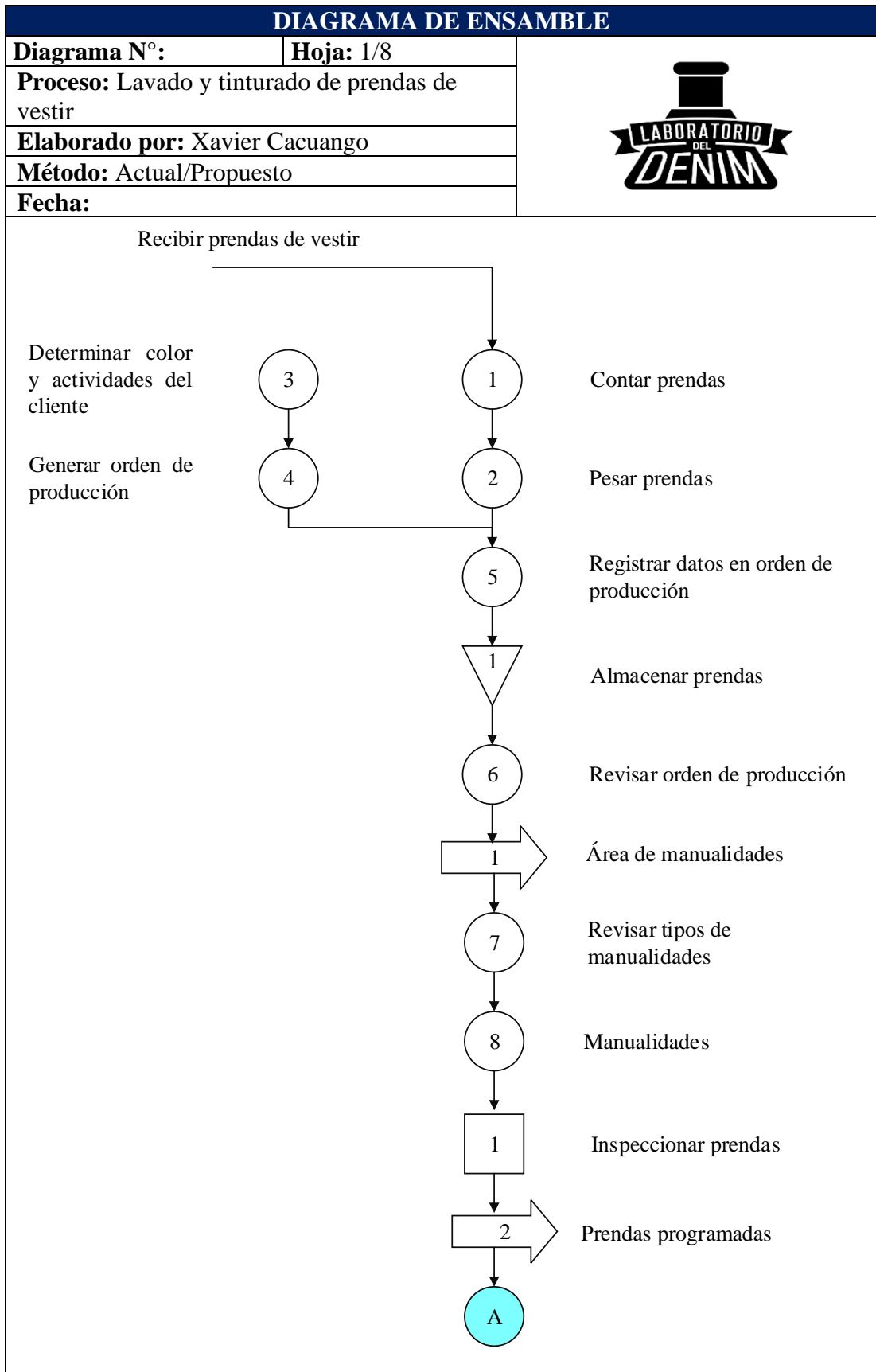


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre.

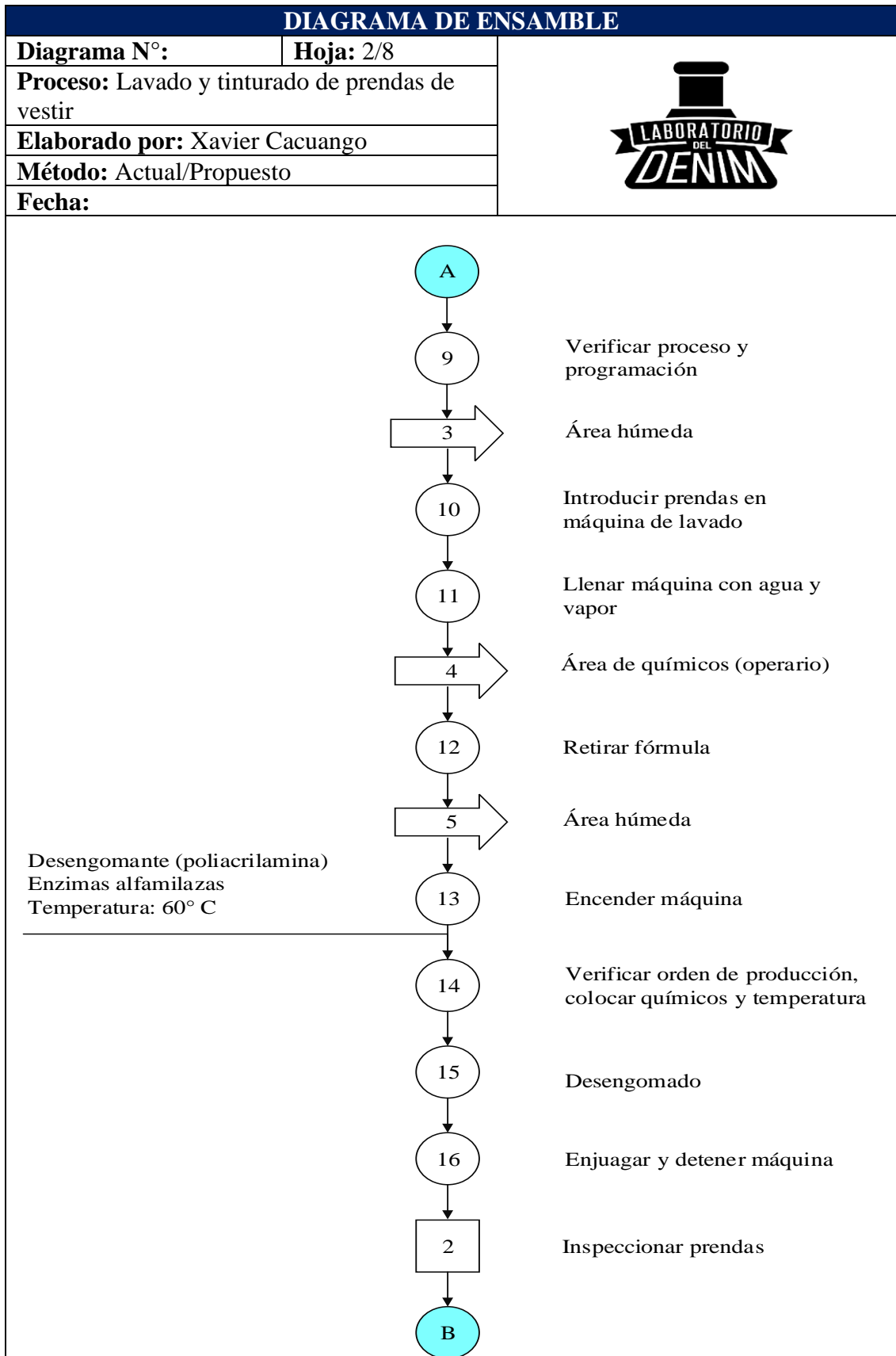


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 1).

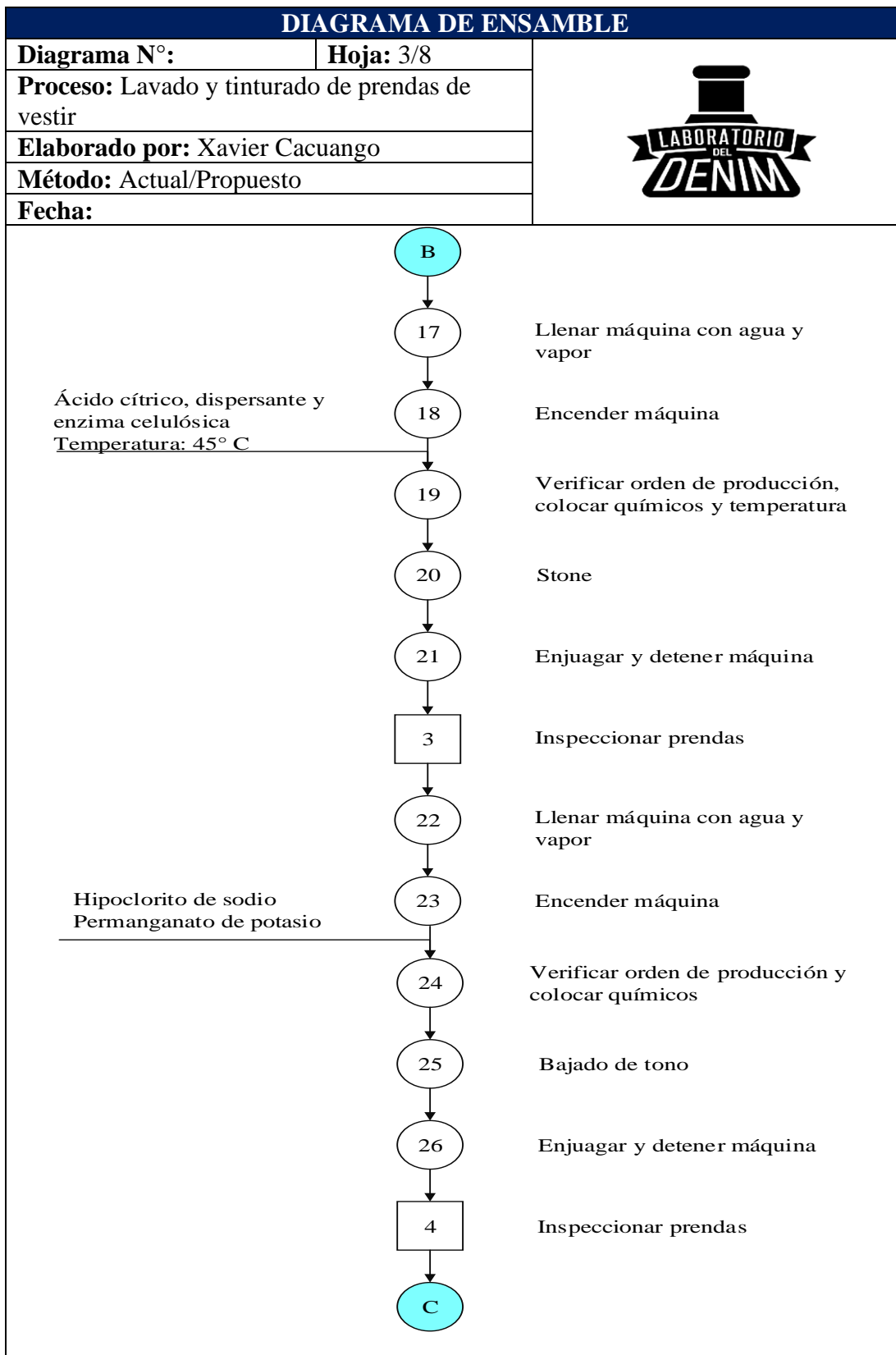


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 2).

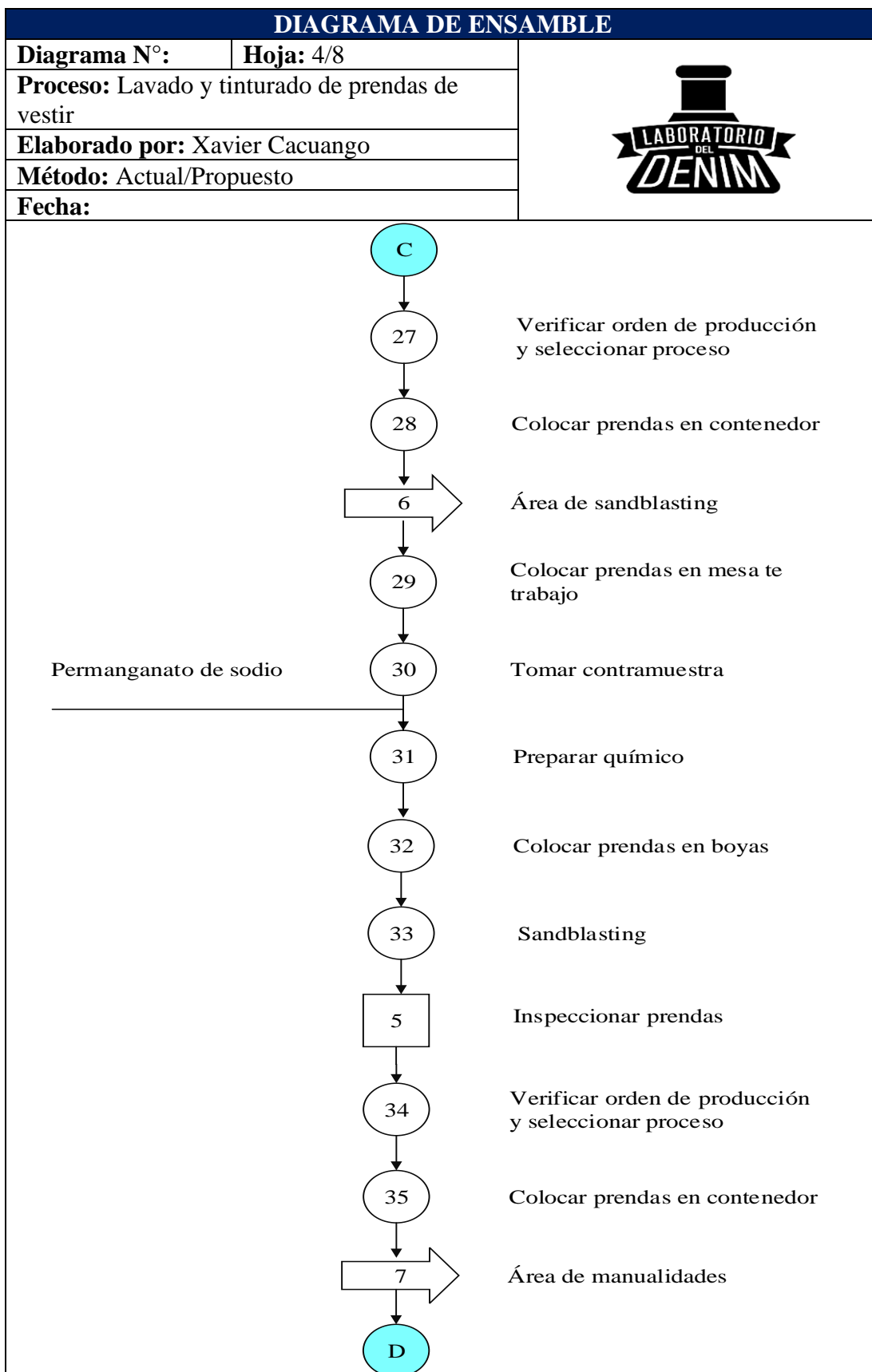


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 3).

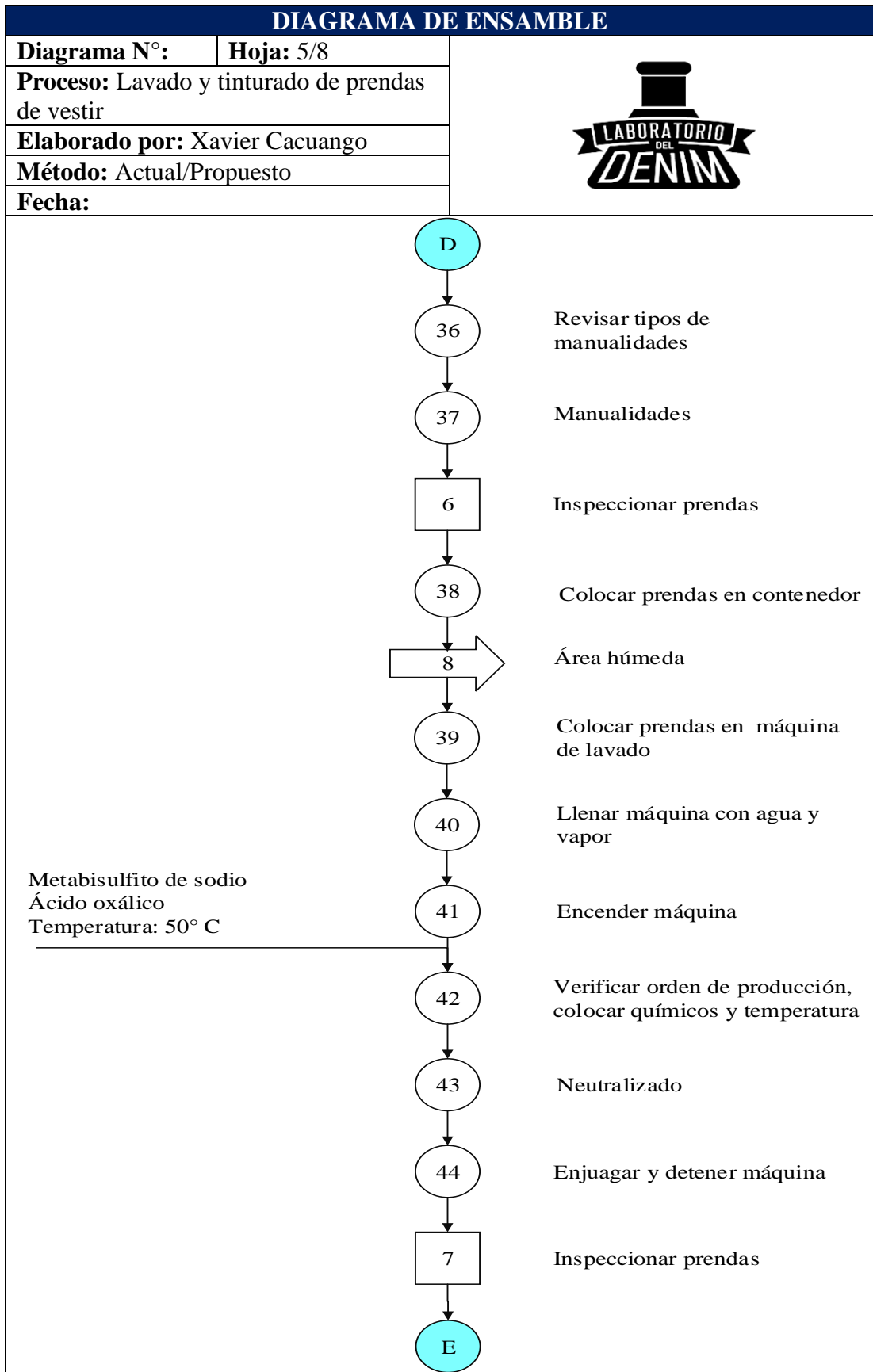


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 4).

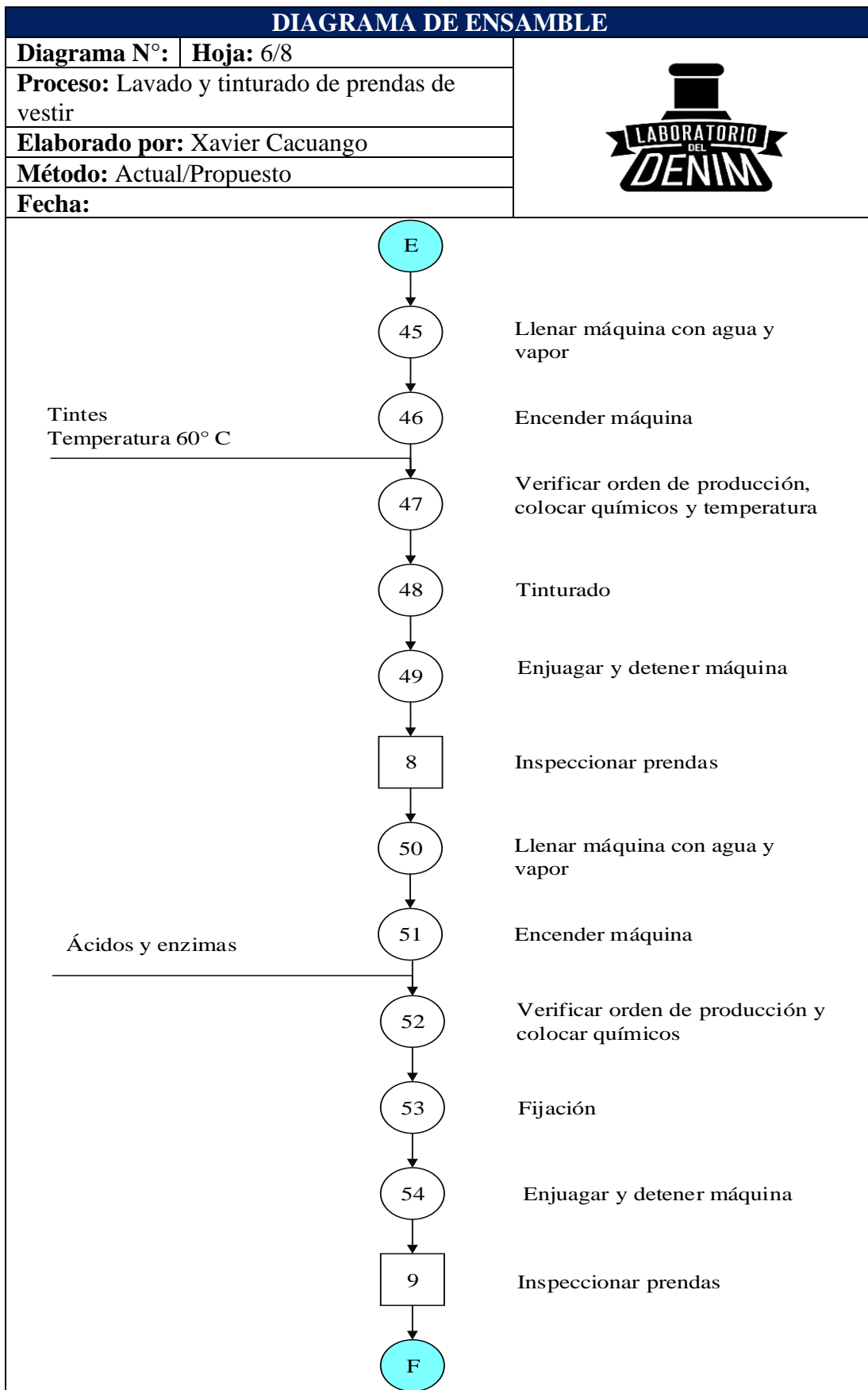


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 5).

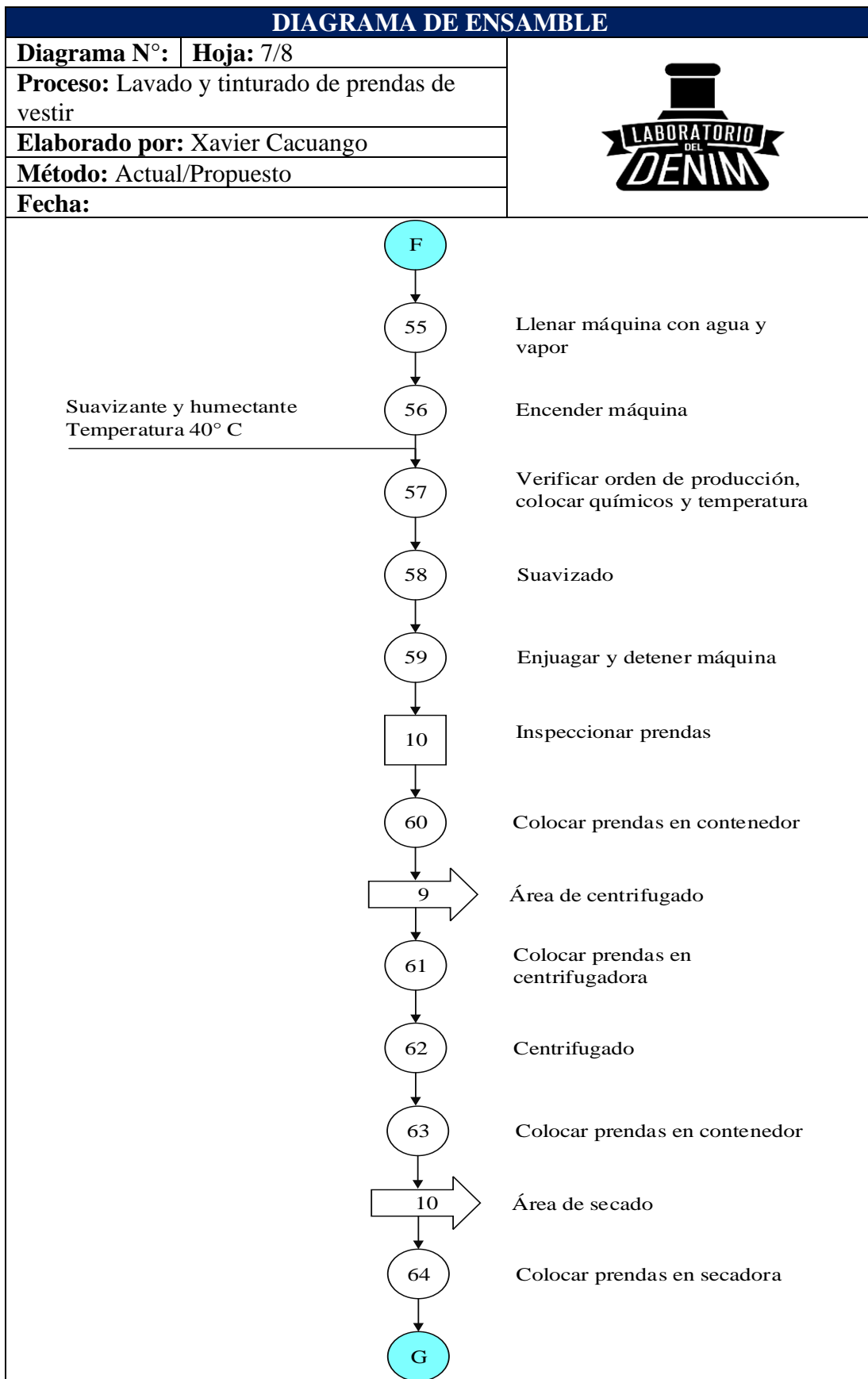


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 6).

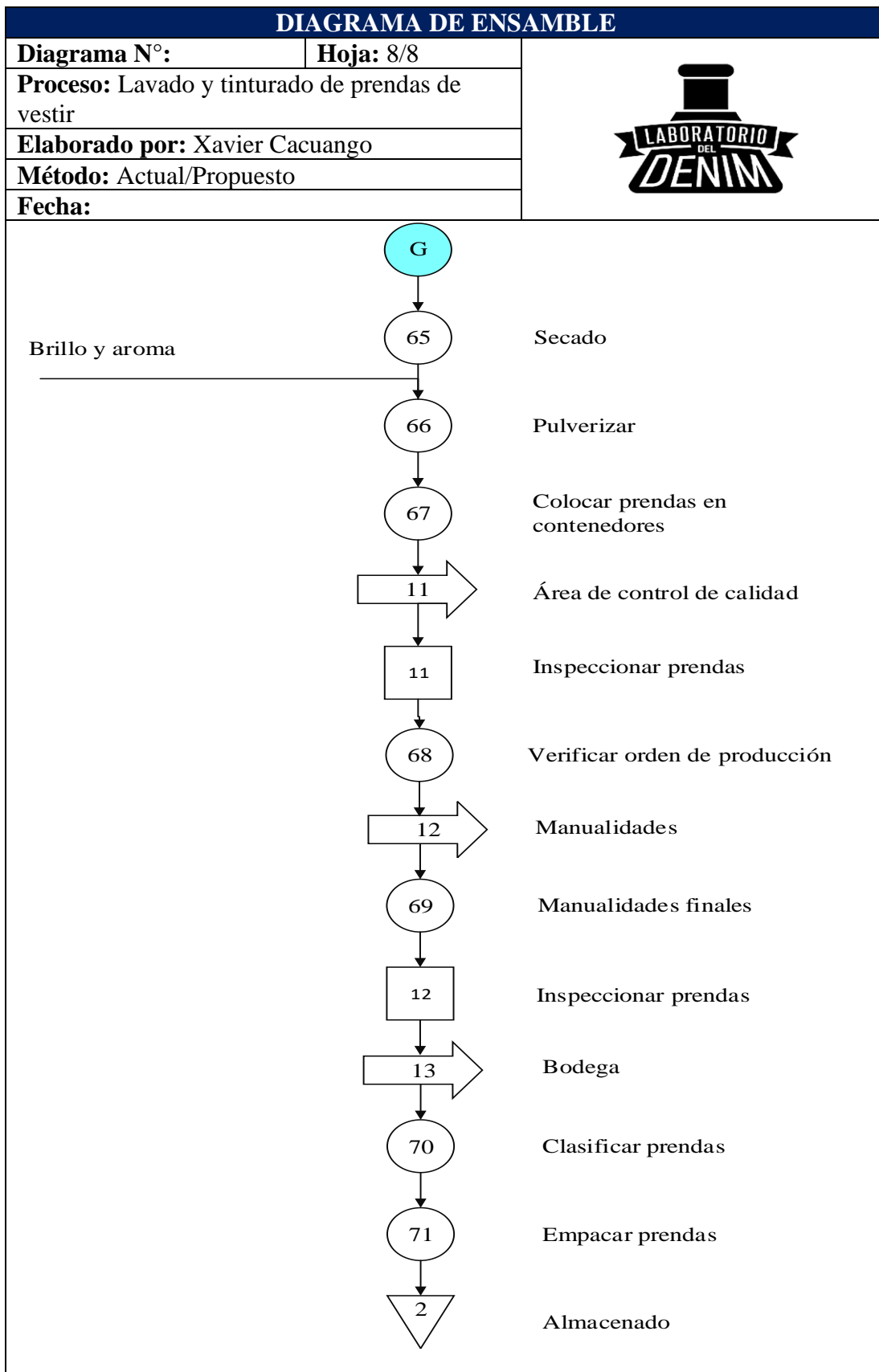


Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 7).


DIAGRAMA DE ENSAMBLE		
Diagrama N°:	Hoja: 8/8	
Proceso: Lavado y teñido de prendas de vestir		
Elaborado por: Xavier Cacuangó		
Método: Actual/Propuesto		
Fecha:		
RESUMEN		
Actividad	Cantidad	A través del registro de la información del proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir se identificó que posee: 71 operaciones, 13 transportes, 12 inspecciones y 2 almacenamientos, esto desde que la prenda llega a la empresa hasta la entrega al cliente.
Operación	● 71	
Transporte	➡ 13	
Espera	⏸ -	
Inspección	■ 12	
Almacenamiento	▼ 2	
Total	98	

Figura 29 Diagrama de ensamble del pantalón índigo para hombre (continuación 8).

3.1.8 Diagrama de flujo

Se desarrolla el diagrama de flujo el cual muestra de forma más detallada el almacenamiento, manipulación y el movimiento de los materiales entre las distintas operaciones propias del proceso productivo. El significado de la simbología a utilizar se muestra en la tabla 2, de esta manera se facilita comprensión de los mismos

En la Tabla 12, se indica el cursograma analítico del proceso de lavado y tinturado de las prendas de vestir en el cual se observa gráficamente el orden en que se desarrolla las operaciones, transporte, espera, inspección y almacenamiento del proceso productivo.

Este procedimiento se lleva a cabo únicamente para el pantalón índigo de hombre en donde se detalla anteriormente como el producto estrella, con lo cual se enfoca en mejorar la calidad y el desempeño laboral de este proceso.

Tabla 12 Cursograma analítico del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre.

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			
		Método:	Actual/Propuesto		
		Diag. N°			
		Hoja:	1/4		
Proceso		Lavado y tinturado de prendas de vestir			
Lugar	Laboratorio del DENIM		Resumen		
Operarios			Actividad	Actual	
Elaborado	Xavier Cacuangó		Operación	● 71	
Fecha			Transporte	➡ 13	
Aprobado	Milton		Espera	◐ -	
Fecha			Inspección	■ 12	
		Almacenamiento		▼ 2	
		Distancia (metros)		296 metros	
Descripción		# Act	Dist (m)	Símbolo	Obs.
				● ➡ ◐ ■ ▼	
Contar prendas	1			●	
Pesar prendas	2			●	
Determinar color y actividades del cliente	3			●	
Generar orden de producción	4			●	
Registrar datos en orden de producción	5			●	
Almacenar prendas de vestir	1			▼	
Revisar orden de producción	6			●	
Transporte a área de manualidades	1	42.7		➡	Operario
Revisar tipos de manualidades	7			●	
Manualidades	8			●	
Inspeccionar prendas	1			●	
Transporte a prendas programadas	2	25.7		➡	Operario
Verificar proceso y programación	9			●	
Transporte a área húmeda	3	13.8		➡	Operario
Introducir prendas en máquina de lavado	10			●	
Llenar máquina con agua y vapor	11			●	
Transporte a área de químicos	4	18.9		➡	Operario
Retiro de formula	12			●	Operario
Transporte a área húmeda	5	18.9		➡	Operario
Encender máquina	13			●	
Verificar orden de producción, colocar químicos y temperatura	14			●	Desengomante Enzimas alfaamilazas Temperatura: 60° C
Desengomado	15			●	
Enjuagar y detener máquina	16			●	
Inspeccionar prendas	2			●	Operario
Llenar máquina con agua y vapor	17			●	
Encender la máquina	18			●	
Verificar orden de producción, colocar químicos y temperatura	19			●	Ácido cítrico Dispersante Enzima celulósica Temperatura: 45° C
Stone	20			●	

Tabla 12 Cursograma analítico del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre (continuación 1).

		CURSOGRAMA ANALÍTICO				
		Método:	Actual/Propuesto			
		Diag. N°				
		Hoja:	2/4			
Proceso		Lavado y tinturado de prendas de vestir				
Lugar	Laboratorio del DENIM	Resumen				
Operarios		Actividad			Actual	
Elaborado	Xavier Cacuangó	Operación	●		71	
Fecha		Transporte	➔		13	
Aprobado	Milton	Espera	◐		-	
Fecha		Inspección	■		12	
		Almacenamiento	▼		2	
		Distancia (metros)	296 metros			
Descripción	# Act	Dist (m)	Símbolo			Obs.
Enjuagar	21		●			
Inspeccionar prendas	3				●	Operario
Llenar máquina con agua y vapor	22		●			
Encender la máquina	23		●			
Verificar orden de producción y colocar químicos	24		●			Hipoclorito de sodio Permanganato de potasio
Bajado de tono	25		●			
Enjuagar y detener máquina	26		●			
Inspeccionar prendas	4				●	Operario
Verificar orden de producción y seleccionar proceso	27		●			
Colocar prendas en contenedor	28		●			
Transporte a área de sandblasting	6	19.6	●	➔		
Colocar prendas en mesa de trabajo	29		●			
Tomar de contramuestra	30		●			Permanganato de sodio
Preparar químico	31		●			
Colocar prendas en boyas	32		●			
Sandblasting	33		●			
Inspeccionar prendas	5				●	Operario
Verificar orden de producción y seleccionar proceso	34		●			
Colocar prendas en contenedor	35		●			
Transporte a área de manualidades	7	45.3	●	➔		
Revisar tipos de manualidades	36		●			
Manualidades	37		●			
Inspeccionar prendas	6				●	Operario

Tabla 12 Cursograma analítico del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre (continuación 2).

		CURSOGRAMA ANALÍTICO						
		Método:	Actual/Propuesto					
		Diag. N°						
		Hoja:	3/4					
Proceso		Lavado y tinturado de prendas de vestir						
Lugar	Laboratorio del DENIM	Resumen						
Operarios		Actividad			Actual			
Elaborado	Xavier Cacuango	Operación	●		71			
Fecha		Transporte	➔		13			
Aprobado	Milton	Espera	◐		-			
Fecha		Inspección	■		12			
		Almacenamiento	▼		2			
		Distancia (metros)	296 metros					
Descripción	# Act	Dist (m)	Símbolo					Obs.
			●	➔	◐	■	▼	
Colocar prendas en contenedor	38		●					
Transporte a área húmeda	8	39.5	●	➔				
Colocar prendas en máquina de lavado	39		●					
Llenar máquina con agua y vapor	40		●					
Encender la máquina	41		●					
Verificar orden de producción, colocar químicos y temperatura	42		●					Metabisulfito de sodio Ácido oxálico Temperatura: 50° C
Realizar neutralizado	43		●					
Enjuagar y detener máquina	44		●					
Inspeccionar prendas	7		●					Operario
Llenar máquina con agua y vapor	45		●					
Encender la máquina	46		●					
Verificar orden de producción, colocar químicos y temperatura	47		●					Tintes Temperatura: 60° C
Realizar tinturado	48		●					
Enjuagar	49		●					
Inspeccionar prendas	8		●					
Llenar máquina con agua y vapor	50		●					
Encender la máquina	51		●					
Verificar orden de producción y colocar químicos	52		●					Ácidos y enzimas
Realizar fijación	53		●					
Enjuagar y detener máquina	54		●					
Inspeccionar prendas	9		●					Operario
Llenar máquina con agua y vapor	55		●					
Encender la máquina	56		●					
Verificar orden de producción, colocar químicos y temperatura	57		●					Suavizante Humectante Temperatura: 40°C
Realizar suavizado	58		●					
Enjuagar	59		●					

Tabla 12 Cursograma analítico del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre (continuación 3).

		CURSOGRAMA ANALÍTICO						
		Método:	Actual/Propuesto					
		Diag. N°						
		Hoja:	4/4					
Proceso		Lavado y tinturado de prendas de vestir						
Lugar	Laboratorio del DENIM	Resumen						
Operarios		Actividad			Actual			
Elaborado	Xavier Cacuango	Operación	●		71			
Fecha		Transporte	➔		13			
Aprobado	Milton	Espera	◐		-			
Fecha		Inspección	■		12			
		Almacenamiento	▼		2			
		Distancia (metros)	296 metros					
Descripción	# Act	Dist (m)	Símbolo					Obs.
			●	➔	◐	■	▼	
Inspeccionar prendas	10							Operario
Colocar prendas en contenedor	60		●					
Transporte a área de centrifugado	9	3.0	➔					
Colocar prendas en centrifugadora	61		●					
Realizar centrifugado	62		●					
Colocar prendas en contenedor	63		●					
Transporte a área de secado	10	3.7	➔					
Colocar prendas en secadora	64		●					
Realizar secado	65		●					
Pulverizar	66		●					Brillo y aroma
Colocar prendas en contenedores	67		●					
Transporte a área de control de calidad	11	18.3	➔					
Inspeccionar prendas	11							
Verificar orden de producción	68		●					
Transporte a manualidades	12	25.9	➔					
Manualidades finales	69		●					
Inspección de prendas	12							Operario
Transporte a bodega	13	20.7	➔					
Clasificar prendas	70		●					
Empacar prendas	71		●					
Almacenado	2							

3.2 Aplicación de la metodología Six Sigma

3.2.1 Fase de definición

Definición del problema

- **Técnica de lluvia de ideas o brainstorming**

Para la identificación de los problemas de calidad que se presentan en el proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre en la empresa El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA, para ello se utiliza la técnica de lluvia de ideas o brainstorming en cada área de la organización con los operarios de turno con el tema:

“La aparición de fallas que se origina en su puesto de trabajo, que afecta a la calidad del producto y causa insatisfacción del cliente.”

El listado de las ideas obtenidas mediante la aplicación de estas herramientas de calidad dirigidas al personal involucrado en el área de húmeda, manualidades y sandblasting se encuentran en el Anexo 2.

Las tablas 13, 14 y 15 se agrupan los diferentes problemas de calidad que se presentan en el área húmeda, manualidades y sandblasting, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 13 Lluvia de ideas área húmeda (lavado y tinturado).

Lluvia de ideas área de húmeda (lavado y tinturado)
OPERARIO
Mal Pesaje de químicos
Manchas por mal método de colocación de químicos en máquina
A cargo de otras áreas
Doble tonalidad exceso de agua
Control de fallas subjetivo mediante visualización
Exceso de prendas en máquinas
Amarillamiento de la prenda por un mal neutralizado
Licra queda en juego por un mal desengomado
Inadecuada inspección de pH ocasiona problemas en la tonalidad de la tela
Mala transportación del producto
Orden inadecuado de químicos
No existe control en el turno nocturno
No cumplen con el tiempo especificado por la receta
No controlan todos los procesos por igual
MAQUINARIA
Mal mantenimiento preventivo a máquinas a lavadoras (alarmas dañadas).
Mala suministración de vapor del caldero provoca quiebres de tela
Encogimiento de prenda por un mal secado
Retrasos por mantenimiento
Instrumentos no calibrados para el pesaje de químicos
CONDICIONES DE TRABAJO
Falta de limpieza de área de trabajo
Los productos químicos se encuentran en condiciones inadecuadas a sus especificaciones lo que provoca un cambio en sus características

MÉTODOS
No existe capacitación sobre métodos de trabajo, manejo de maquinaria y calidad
Doble tonalidad por dureza de agua
Reprocesos
No existe documentación de fallos
Falta de guías para realiza actividades
MATERIALES
Diferentes tipos de tela
Calidad de químicos
Instrumentos no calibrados

Tabla 14 Lluvia de ideas área de Sandblasting.

Lluvia de ideas área de sandblasting
OPERARIO
Manchas por mala colocación de pantalones en boyas
Descuido de operario en boyas (se va la licra, rompimiento de cierres)
Desconocimiento del proceso
Descuido en inspección de prendas en boyas
Mala transportación de prendas
No existe control en el turno nocturno
MAQUINARIA
Mal mantenimiento preventivo de pistolas
CONDICIONES DE TRABAJO
Extractores dañados presencia de partículas de permanganato en el aire que se impregnan en la prenda
Falta de iluminación en puesto de trabajo
MÉTODOS
Mal proceso de lavado
Diferente tonalidad de contra muestra
No existe capacitación sobre métodos de trabajo, manejo de maquinaria y calidad
MATERIALES
Falla de confección de prenda (se rompe al inflar la boya)
Diferentes tipos de tela

Tabla 15 Lluvia de ideas área de manualidades.

Lluvia de ideas área de manualidades
OPERARIO
Descuido de operarios en boyas
No existe control al ingresar la prenda
Mala utilización de instrumentos
Mala utilización de resinas
MAQUINARIA
Mal mantenimiento preventivo a instrumentos
CONDICIONES DE TRABAJO
Contaminación al realizar procesos ranincol
MÉTODOS
Mala utilización de esmeril
No existe capacitación sobre métodos de trabajo, manejo de maquinaria y calidad
MATERIALES
Falla de confección de prenda (se rompe al inflar la boya)
Diferentes tipos de tela

Técnica 5W-1H

La herramienta 5W-1H se utiliza para conocer de mejor manera la situación actual de la calidad del proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir

En las tablas 16, 17 y 18 se observa la técnica 5W-1H aplicada al jefe de producción, técnico y operario del área húmeda, sandblasting y manualidades respectivamente, la misma que permite conocer más a fondo los diferentes problemas de calidad que se presentan en cada proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir.

Tabla 16 Técnica 5W+1H aplicada en el área Húmeda.

Área húmeda							
	Pregunta	Respuesta	1er Por qué	2do Por qué	3ro Por qué	4to Por qué	5to Por qué
Who-Quién	¿Quién está involucrado en los problemas de calidad?	Jefe de producción	Programa el proceso	Es el encargado de formular recetas para el lavado y tinturado de las prendas de vestir y definir actividades proceso	Tiene experiencia en la empresa formulando recetas y el cómo se debe realizar el proceso	Conoce la cantidad de químico que debe de colocar en el lote conociendo el peso, el color a teñir y el tipo de tela	Un lote tiene diferentes pesos y diferentes tonalidades a realizar que el cliente requiere
		Técnico	Controla el proceso	Conoce como se debe realizar el proceso	Debe solucionar cualquier inconveniente que se presente en el proceso	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del operario	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente
		Operario	Realiza el proceso	Conoce el proceso y manipula la maquinaria, pero no existe una guía de cómo realizar su trabajo	Porque lleva mucho tiempo realizando el mismo proceso y sabe exactamente como realizarlo	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del proceso	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente

What-Qué	¿Qué es lo que causa los problemas?	Exceso de agua durante el proceso	No se verificó el peso de las prendas de vestir	Al incluir los químicos al proceso la cantidad de agua sube	Produce manchas y diferentes tonalidades en las prendas de vestir	No cumple con la receta establecida por el jefe de producción	No se tiene un seguimiento a adecuado a las operaciones establecidas por el jefe de producción
		Dureza de agua	Provoca manchas en las prendas de vestir	El agua no se encuentra blanda	Los encargados de la planta de tratamiento de agua no colocaron la sal ni los ablandadores de manera correcta	Existe descuido de parte del personal encargado de la planta de tratamiento	No se tiene un adecuado control de calidad
		Descuido de operarios	No realiza un buen método de trabajo	Realizan una mala ejecución de operaciones	No siguen las instrucciones establecidas por el jefe de producción	Falta de especificación de cómo realizar las operaciones	Realiza las operaciones en base a su experiencia
		Químicos mal pesados	Varía el tono de la prenda de vestir	Equivocación de la cantidad de químico en la receta	Instrumentos no calibrados	No cuentan con un mantenimiento preventivo	Falta de capacitación
		Temperatura de caldero	Produce quiebres de tela	El caldero no alimenta a las máquinas con la temperatura correcta	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Falta de personal adiestrado	Falta de capacitación

When- Cuándo	¿Cuándo ocurren los problemas de calidad?	El operario realiza otro proceso en otra lavadora	Existe descuido por parte del trabajador	Está a cargo de 3 lavadoras	El operario ya conoce como realizar dicho proceso	Por sus años de experiencia	El operario se vuelve muy hábil y experto en su labor diaria
		En el turno de la noche	Por falta de iluminación	No existe un correcto control de defectos	El operario no logra darse cuenta a tiempo de algún tipo de defecto que se presenta	Debe estar pendiente de todas las máquinas de su responsabilidad	Si el operario se descuida de una de las máquinas se pueden generar varios defectos en las prendas
Where- Dónde	¿Dónde ocurren los problemas de calidad?	En todas las lavadoras	En las seis máquinas se pueden presentar los mismos problemas	Porque todas realizan un proceso similar	Se cuenta el número de prendas de vestir y se introduce para el proceso de lavado y tinturado	El operario se confunde	Porque existen diferentes lotes de producción
How-Cómo	¿Como ocurren los problemas de calidad?	La mayoría de problemas ocurren en el proceso de desengomado	En este proceso se puede ir la licra	Pierde su elasticidad	Por descuido del operario	Debe estar pendiente de otras máquinas	Es su responsabilidad estar atento y controlar el proceso

How-Cómo resolverlo	¿Como podrían resolver los problemas de calidad?	Mayor concentración por parte de los operarios	Establecer los parámetros correctos	De esta manera se obtiene una prenda de vestir de buena calidad	Cumple con las especificaciones del cliente	Porque no existen reclamos por parte del jefe de producción ni de los clientes	Se realiza un mejor proceso
		Capacitación de como operar las maquinas a los operarios	Porque son máquinas manuales que necesitan mucha precisión al momento de establecer los parámetros	Se evita la presencia de defectos en las prendas de vestir	El operario tendrá mayor conocimiento y precisión al realizar las operaciones	Se necesita obtener proceso correcto de lavado y tinturado que requiere el cliente	Porque la empresa busca brindar un producto de buena calidad
		Realizar mantenimiento preventivo	Permite prolongar la vida útil de las máquinas	La maquinaria se encuentra en buen estado	Evita la interrupción de las actividades, retrasos y mejora las condiciones laborales de los operarios	Se reduce la existencia de fallas en las prendas de vestir	Las máquinas no se dañan constantemente y se disminuyen los defectos ocasionados por este factor

Tabla 17 Técnica 5W+1H aplicada en el área de Sandblasting.

Área de Sandblasting							
	Pregunta	Respuesta	1er Por qué	2do Por qué	3ro Por qué	4to Por qué	5to Por qué
Who-Quién	¿Quién está involucrado en los problemas de calidad?	Jefe de área	Realiza y controla el proceso	Conoce como se debe realizar el proceso	Debe solucionar cualquier inconveniente que se presente en el proceso por el operario	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del operario	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente
		Operario	Realiza el proceso	Conoce el proceso, pero no existe una guía de cómo realizar su trabajo	Lleva cierto periodo de tiempo realizando el mismo proceso y sabe exactamente como realizarlo	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del proceso	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente
What-Qué	¿Qué es lo que causa los problemas?	Proceso anterior realizado	Diferente tonalidad de la prenda con respecto a la muestra	Toma errónea de contramuestra pues estas son subjetivas	No poseen instrumentos que ayuden a verificar la tonalidad a obtener de la prenda	Exceso de permanganato	Rompe o blanquea mucho a la prenda
		Instrumentos de trabajo	No realizan las funciones a las	Mala utilización por los operarios	Inadecuado método de uso	Desconocimiento de métodos de trabajo	Falta de capacitación

			cuales están destinados				
		Descuido de operarios	Mala colocación de prendas en boyas	Se impregnan residuos de permanganato del piso en prendas de vestir al momento de colocarlas en las boyas	Mal diseño de puesto de trabajo	No se acopla a las condiciones del trabajador	No cumple con las medidas correspondientes
		Mal transporte de prendas de vestir	Al terminar el proceso anterior los operarios no las transportan con el cuidado respectivo	Colocan demasiadas prendas sobre carro transportador	Transportar todo el lote de prendas	Evitar transportes innecesarios	Disminuir el tiempo de transporte
When-Cuándo	¿Cuándo ocurren los problemas de calidad?	Existe un mal proceso de lavado y tinturado	Diferente tonalidad en la prenda de vestir	Se toma de contra muestra errónea con respecto a la muestra original	Colocación de exceso o falta de permanganato para el proceso	La prenda puede romperse y tomar una tonalidad blanca	No cumplió con las especificaciones del jefe de producción
		Instrumentos tienen fallas	Las pistolas para aplicar el permanganato y secar a la prenda	Mala utilización de los instrumentos por parte del operario	Produce que las pistolas se averíen	El operario no informo al técnico de las fallas	Descuido del operario

			no funciona correctamente			presentes en los instrumentos	
Where-Dónde	¿Dónde ocurren los problemas de calidad?	En todas las boyas de trabajo	Las cinco boyas pueden presentar los mismos problemas	Porque en todas realizan un proceso similar	Descuido del trabajador	El operador ya conoce como realizar dicho proceso	El operario se vuelve muy hábil y experto en su labor diaria
How-Cómo	¿Como ocurren los problemas de calidad?	La mayoría de problemas ocurren al colocar la prenda en la boya	No realiza un buen método de trabajo	Realizan una mala ejecución de operaciones	No siguen las instrucciones establecidas por el jefe de producción	Falta de especificación de cómo realizar las operaciones	No existe una documentación del porqué de las fallas
How-Cómo resolverlo	¿Como podrían resolver los problemas de calidad?	Mayor concentración por parte de los operarios	Establecer un sencillo y eficaz método de trabajo	De esta manera se obtiene una prenda de vestir de buena calidad	Cumple con las especificaciones del cliente	Porque no existen reclamos por parte de del jefe de producción ni de los clientes	Se realiza un mejor proceso
		Realizar mantenimiento preventivo a instrumentos	Permite prolongar la vida útil de los instrumentos	Los instrumentos se encuentran en buen estado	Evita la interrupción de las actividades y retrasos	Se reduce la existencia de fallas en las prendas de vestir	Se disminuyen los defectos ocasionados por este factor
		Controlando el proceso anterior	Disminuir calidad	Menor variación de parámetros	Mayor control al área	Tonalidad correcta en el lavado	inconvenientes en el área de sandblasting

Tabla 18 Técnica 5W+1H aplicada en el área de Manualidades.

Área de manualidades							
	Pregunta	Respuesta	1er Por qué	2do Por qué	3ro Por qué	4to Por qué	5to Por qué
Who-Quién	¿Quién está involucrado en los problemas de calidad?	Jefe de área	Conoce como se debe realizar el proceso	Debe solucionar cualquier inconveniente que se presente en el proceso por el operario	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del operario	Es el encargado de inspeccionar las prendas	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente
		Operarios	Realiza el proceso	Conoce el proceso, pero no existe una guía de cómo realizar su trabajo	Lleva cierto periodo de tiempo realizando el mismo proceso y sabe exactamente como realizarlo	Es su responsabilidad estar atento a las actividades del proceso	La empresa requiere cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente
What-Qué	¿Qué es lo que causa los problemas?	Instrumentos de trabajo	No realizan las funciones a las cuales están destinados	Mala utilización por los operarios.	Inadecuado método de uso	Desconocimiento de métodos de trabajo	Falta de capacitación
		Operarios	Descuido	No conocen la forma de realizar las manualidades	No siguen las instrucciones establecidas	Falta de especificación de cómo realizar las operaciones	Realiza las operaciones en base a su experiencia

		Mal transporte de prendas de vestir	Al terminar el proceso anterior los operarios no las transportan con el cuidado respectivo	Colocan demasiadas prendas sobre carro transportador	Transportar todo el lote de prendas	Evitar transportes innecesarios	Disminuir el tiempo de transporte
When-Cuándo	¿Cuándo ocurren los problemas de calidad?	Descuido del operario	Jefe de área no inspecciona el puesto de trabajo	El operador ya conoce como realizar dicho proceso	Realiza el proceso por sus años de experiencia	El operario se vuelve muy hábil y experto en su labor diaria	Asume criterios de calidad
Where-Dónde	¿Dónde ocurren los problemas de calidad?	En todas las estaciones de trabajo	Presentan los mismos problemas	Porque en todas realizan un proceso similar	Descuido del trabajador	El operador ya conoce como realizar dicho proceso	El operario se vuelve muy hábil y experto en su labor diaria
How-Cómo	¿Como ocurren los problemas de calidad?	En todas las áreas de trabajo	No realiza un buen método de trabajo	Realizan mismo proceso en todas las áreas	No siguen las instrucciones establecidas por el jefe de producción	Falta de especificación de cómo realizar las operaciones	No existe una documentación del por de las fallas
How-Cómo resolverlo	¿Como podrían resolver los problemas de calidad?	Capacitación de métodos de trabajo a operarios	Establecen un sencillo y eficaz método de trabajo	De esta manera se obtiene una prenda de vestir de buena calidad	Cumple con las especificaciones del cliente	Porque no existen reclamos por parte de del jefe de producción ni de los clientes	Se realiza un mejor proceso

Discusión de Resultados

Área húmeda

Según la técnica 5W-1H aplicada al jefe de producción se establece que los problemas de calidad presentes en el proceso productivo de lavado y tintura de prendas de vestir del pantalón índigo para hombre están involucrados el jefe de producción que es el encargado programar las actividades del proceso, el técnico que es la persona encargada de controlarlo, para que se realice de mejor manera guiando a los operarios a cumplir con cierto nivel de calidad establecido por la empresa para que cumpla con las expectativas del cliente; por otro lado, los defectos son originados debido a: exceso de agua durante el proceso, dureza de agua, descuido de operarios, químicos mal pesados, temperatura del caldero ; las posibles soluciones para dichos inconvenientes son: mayor concentración por parte de los operarios, capacitaciones a los operarios de como operar las máquinas y realizar métodos de trabajo y finalmente realizar un mantenimiento preventivo. La norma AATCC-61 “Solidez del color al lavado doméstico y comercial”, especifica que existe productos no conformes en el área húmeda debido a los diferentes procedimientos de lavado comercial, donde los ensayos de laboratorio simulan situaciones donde el colorante de los textiles es vulnerable a pérdidas de color de acuerdo a la exposición de agua, como en el proceso de lavado, exposiciones a la intemperie, roce con otras superficies, contacto con el sudor, inadecuado tratamiento de la tela por parte del operario, dosificaciones incorrectas para el agua [70]. Por otro lado, en un manual menciona que el principal problema en el área húmeda es la exposición de la prenda a temperaturas altas además de que la abrasión y la falta de lavado provocan el deterioro de la tela, donde las bolas de fibras aparezcan sobre la superficie de tejido [71].

Área de sandblasting

Las personas involucradas en los problemas de calidad son: el jefe de área que es encargado de realizar y controlar el proceso, así como el estar atento a las actividades del operario para que se cumpla con el nivel de la calidad de la prenda de vestir establecido por la empresa y el operario que es el encargado de manipular las boyas para la realización del proceso; las principales causas para la aparición de dichos inconvenientes son : un proceso anterior mal realizado, instrumentos de trabajo

defectuosos, descuido de operarios y un mal transporte de prendas de vestir; las posibles soluciones : mayor concentración por parte de los operarios, realizar un mantenimiento preventivo a instrumentos y un control del proceso anterior. Según la norma técnica colombiana NTC 1155, menciona que los defectos producidos para el área de sandblasting son debido a las manchas por mala colocación de pantalones en boyas y por los extractores dañados por presencia de partículas de permanganato en el aire que se impregnan en la prenda de vestir [72]. A más de que el mantenimiento de los equipos de esta área sobre todo en las pistolas debe realizarse continuamente y tener un plan de acción preventivo para impedir el daño de las pistolas.




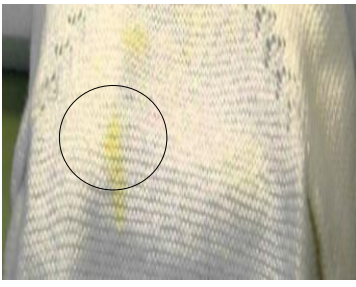
Manualidades






En esta área los principales involucrados son: el jefe de área que es el encargado de inspeccionar las prendas y controlar las actividades de los operarios para que realicen un buen método de trabajo evitando fallos y el operario que es quien realiza las actividades; las causas más comunes dentro de esta área son: los instrumentos de trabajo, los operarios y un mal transporte de las prendas de vestir por lo tanto una manera de solucionar estos problemas capacitación de métodos de trabajo al operario. De acuerdo al manual de Telas con índigo menciona que las fallas son debidas a la mala utilización de los instrumentos [71].



Descripción de los modos de falla o defectos

La Tabla 19, muestra los defectos o modos de fallos basados en la observación del proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre, en ella se detalla su descripción y fotografía obtenidas con la ayuda de hojas de verificación de fallas y la información recolectada mediante las técnicas de lluvia de ideas y la técnica 5W+1H aplicada al jefe de producción, técnico y operarios.

Tabla 19 Defectos o modos de fallas en el proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre.

Área	Tipo de falla	Descripción	Imagen
HÚMEDA	Licra en juego	Es un defecto el cual aparece cuando las prendas permanecen mucho tiempo en el proceso de lavado al igual que el establecer mucha temperatura en el mismo.	
	Baja concentración de teñido	Este defecto aparece debido a una mala inspección del pH, un deficiente control de materia prima al igual que el descuido de operarios.	
	Puntos claros en prenda	Es un defecto que aparece debido a algodón muerto en el jean.	
	Manchas de colorante	Es un defecto que se presenta por un mal peaje de químicos y la mala disolución o concentración del colorante en la prenda de vestir.	
	Amarillamiento de prenda	Es la degradación del colorante índigo este defecto que se da por varias causas: luz, ácido, impurezas, temperatura en el secado, detergentes y ciertos químicos [73].	
	Quiebres de tela	Este defecto es ocasionado al colocar muchas prendas de vestir en el proceso de lavado.	

SANDBLASTING	Manchas por pistola	Originadas al aplicar permanganato en la prenda de vestir por una mala manipulación del operario o una falla presente en la pistola de permanganato.	
	Manchas por arrastre de prenda	Es un defecto que ocurre por una mala colocación de la prenda por el operario en la boya, permitiéndola absorber residuos de permanganato del piso.	
	Diferente tonalidad de la prenda	Este defecto es ocasionado por un mal método de aplicación de permanganato en la prenda.	
	Licra en juego	Es un defecto que ocurre cuando la boya es inflada de manera excesiva.	
	Rotura de prenda	Este defecto se presenta por una mala costura de la prenda mientras es inflada en la boya.	
MANUALIDADES	Distorsión de color	Se presenta cuando a la prenda se realiza un mal lijado o no se realizado una verificación adecuada de hilos sueltos.	

	Rayas en prenda	Este defecto se presenta por fallas de tela	
	Rotura en prenda	Huecos ocasionados por una mala utilización del motor tool	
	Manchas por pigmentos	Este defecto se presenta por una mala aplicación de resinas y pigmentos por parte del operario sobre la prenda.	

Para delimitar los defectos más comunes en el proceso productivo de lavado y tinturado del pantalón índigo para hombre, se establece un estudio de observación mensual para obtener datos y establecer los pocos vitales de los defectos que se centrara el estudio en cada uno de los subprocesos, los datos son tomados de las hojas de verificación de fallas propuestas por el investigador.

Área húmeda

La cuantificación de los defectos encontrados en el pantalón índigo para hombre en el área húmeda, encontrados durante el mes de estudio correspondiente al presente año se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20 Datos del mes de estudio en el área Húmeda.

Área húmeda							
Lotes	Defectos						Total
	Baja concentración de teñido	Licra en juego	Puntos claros en prenda	Manchas de colorante	Amarillamiento de prenda	Quiebres de tela	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	2	0	4
3	13	0	0	0	0	0	13
4	0	0	0	0	1	0	1
5	0	13	3	0	0	0	16
6	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	1	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0
9	13	0	0	1	0	0	14
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	2	0	0	1	3
12	0	13	2	0	0	0	15
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	2	0	0	2
16	0	0	0	1	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
Total	26	26	9	5	4	1	71
Porcentaje	36,6%	36,6%	12,7%	7%	5,6%	1%	100%

Para realizar el diagrama de Pareto de los defectos encontrados en el pantalón índigo para hombre en el área húmeda, se utilizan los datos de la Tabla 21.

Tabla 21 Datos para realizar el diagrama de Pareto área húmeda.

Subproceso	Tipo de defecto	Frecuencia
Húmedo	Baja concentración de teñido	26
	Licra en juego	26
	Puntos claros en prenda	9
	Manchas de colorante	5
	Amarillamiento de prenda	4
	Quiebres de tela	1

En la Figura 30, se muestra el diagrama de Pareto con todos los defectos ocasionados en el área húmeda.

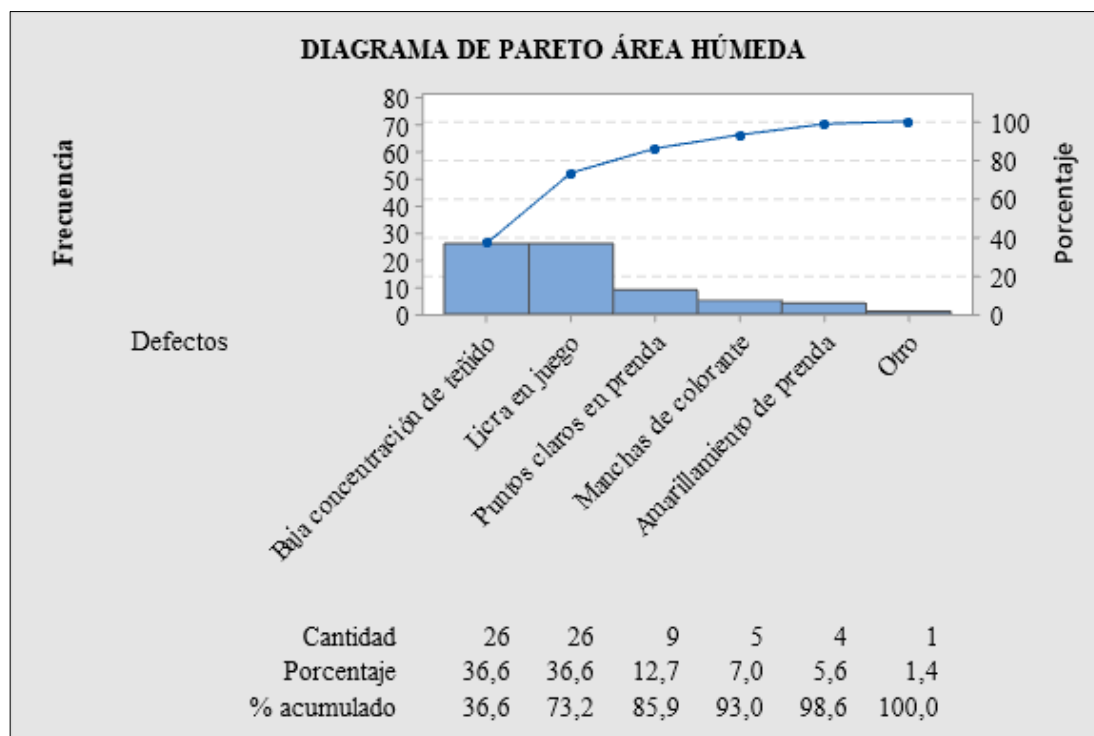


Figura 30 Diagrama de Pareto de fallas en el área húmeda elaborado en el software Minitab.

Los defectos determinados como pocos vitales del pantalón índigo para hombre dentro del área húmeda son: la baja concentración de teñido y la licra en juego; los cuales se deben a la falta de control de materia prima, un mal seguimiento e inspección a cada subproceso, falta de mantenimiento a maquinaria y limpieza en el área de trabajo. Según la investigación sobre los procesos básicos de tintura, la baja concentración de teñido dependerá de la cantidad de veces que la prenda sea sumergida durante el proceso de lavado [74]. Por ello la concentración por parte del operario al realizar el proceso es uno de los factores importantes para controlar los defectos.

Por lo tanto, sobre las causas encontradas se debe establecer un plan de mejora que permita obtener un producto de mejor calidad que cumpla con los requerimientos especificados por el cliente.

Diagrama de Pareto de segundo nivel para los defectos considerados como pocos vitales en el área húmeda

La Tabla 22, muestra los datos recogidos del mes de estudio correspondiente al presente año que permiten realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel en función de la maquinaria, los datos fueron recolectados a través de las hojas de control de calidad.

Tabla 22 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área Húmeda.

Tipo de defecto	Lavadora			Subtotal
	1	2	3	
Licra en juego	26	0	0	26
Baja concentración de teñido	13	13	0	26
Total	39	13	0	52

La Figura 31, muestra el diagrama de Pareto en función de la maquinaria.

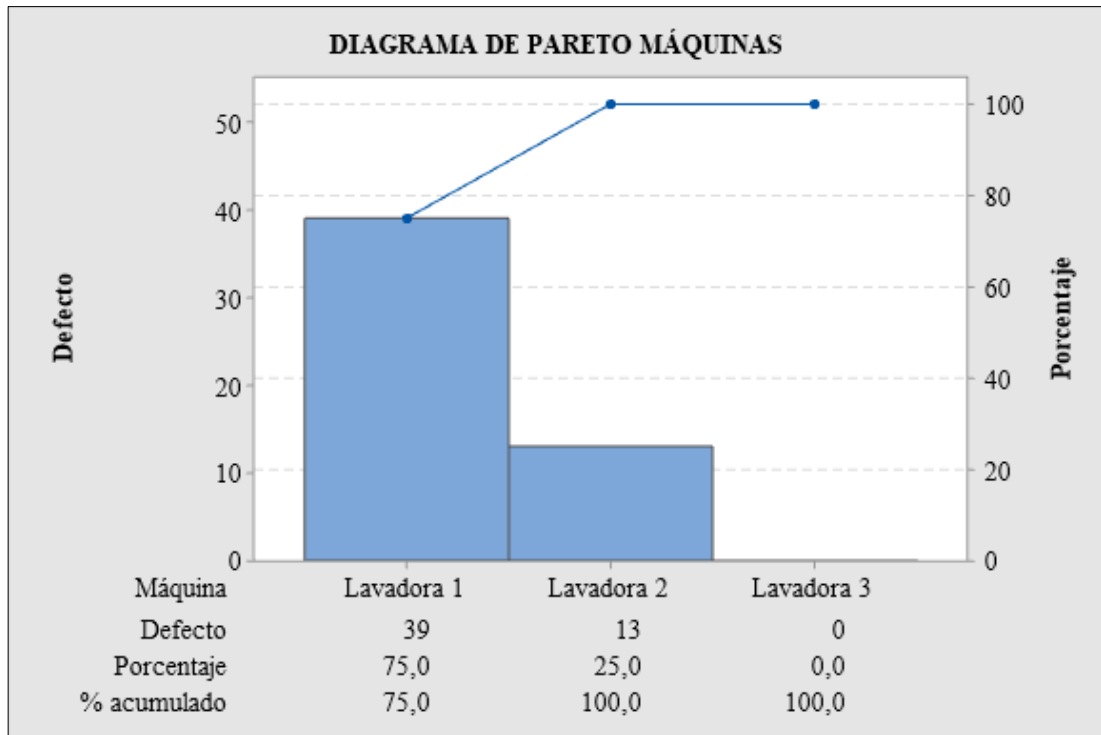


Figura 31 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.

Al ordenar la información por número de máquina mediante un diagrama de Pareto de segundo nivel, se obtiene que en la lavadora número uno es el lugar donde se halla más comúnmente el defecto de licra en juego y la baja concentración de teñido, este defecto se presenta en dicha máquina debido a varios factores ya se han humanos, materiales e propiamente de la maquinaria, entre estos factores podemos recalcar el descuido del operario al no tener en consideración el tiempo de proceso en cada parada, la falta de control de temperatura, un mal mantenimiento preventivo de máquinas e la inadecuada inspección de materia prima [75].

De la misma manera según la investigación de los procesos básicos de tintura menciona el cuidado con la maquinaria al momento de realizar el proceso ya que, al

encontrarse sin protección la prenda puede resultar dañada, defecto que se transmite al producto final [74], sea por un mal funcionamiento o descuido del operario.

Área de Sandblasting

Para evaluar los niveles de calidad en el proceso de Sandblasting en el pantalón índigo para hombre, se aplica una inspección al 100% de la producción del último mes de estudio correspondiente a 72 lotes de jeans.

La cuantificación de los defectos del pantalón índigo para hombre en el área de Sandblasting, encontrados en el mes de estudio correspondiente al presente año se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23 Datos del mes de estudio en el área de Sandblasting.

Área de sandblasting						
Lotes	Defectos					Total
	Manchas por arrastre	Manchas por pistola	Manchas de operario	Licra en juego	Rotura de prenda	
1	3	4	0	0	0	7
2	4	5	1	0	0	10
3	3	4	1	0	0	8
4	5	4	2	0	0	11
5	3	2	0	0	0	5
6	3	6	1	0	0	10
7	2	4	0	0	0	6
8	4	4	3	0	0	11
9	1	3	1	0	0	5
10	5	5	0	0	0	10
11	7	3	2	1	0	13
12	4	4	1	0	0	9
13	6	4	0	0	1	11
14	0	0	2	0	0	2
15	0	0	1	0	0	1
16	0	0	1	0	0	1
17	0	0	1	0	0	1
18	0	0	1	0	0	1
Total	50	52	19	1	1	123
Porcentaje	41%	42%	15%	1%	1%	100%

Para realizar el diagrama de Pareto de los defectos encontrados en el pantalón índigo para hombre en el área de sandblasting, se utilizan los datos de la Tabla 24.

Tabla 24 Datos para realizar el diagrama de Pareto área de Sandblasting.

Subproceso	Tipo de defecto	Frecuencia
Sandblasting	Manchas por pistola	52
	Manchas por arrastre	50
	Manchas de operario	19
	Licra en juego	1
	Rotura de prenda	1

En la Figura 32, se muestra el diagrama de Pareto con todos los defectos ocasionados en el de Sandblasting.

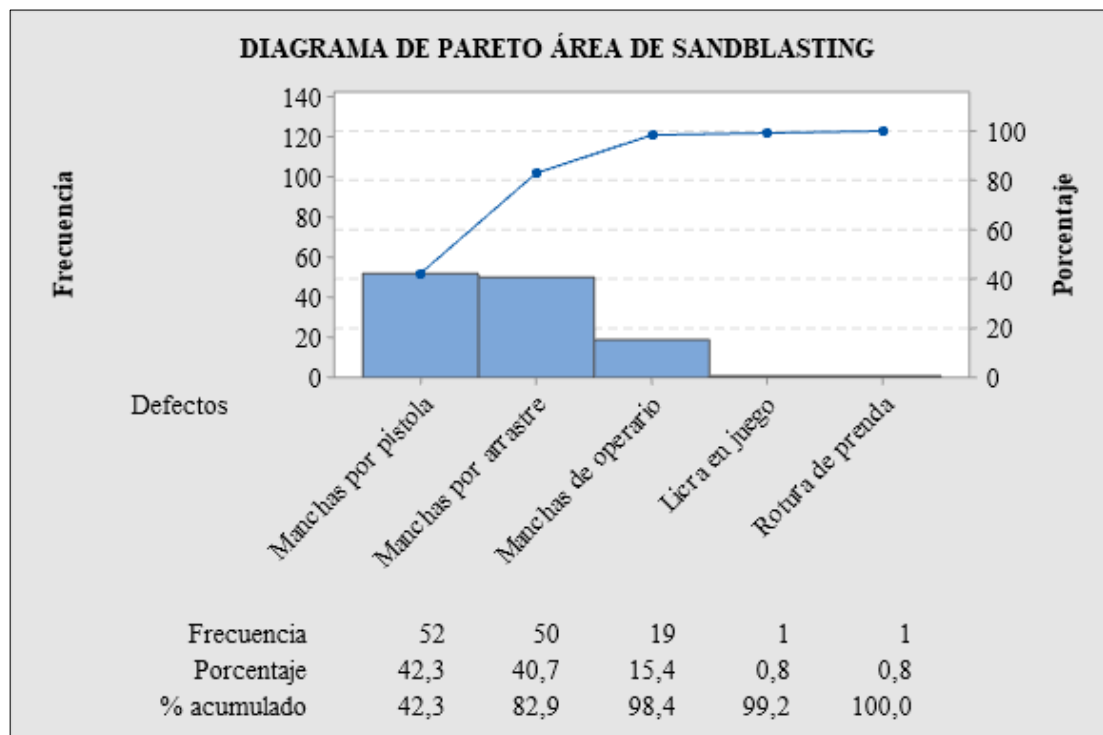


Figura 32 Diagrama de Pareto de fallas en el área de Sandblasting elaborado en Minitab.

Los defectos determinados como pocos vitales del pantalón índigo para hombre son: las machas por arrastre y machas por pistola; los cuales al ser observados para el estudio se pudo ver que se presentan debido a varios factores como el descuido por parte del operario, una mala transportación de prendas entre las diferentes áreas, falta de capacitación de métodos de realizar el proceso al igual que la limpieza del área del trabajo ya que existe presencia de partículas de permanganato volátil en el aire. Como menciona la investigación de un informe sobre el sandblasting [76], la ventilación de

las cabinas es un factor importante que juega con la aplicación del material abrasivo sobre la prenda, ya que este puede ser impregnado sobre la prenda por la falta de filtros que impidan la expulsión del material ocasionando entre ellos los defectos mencionados.

Por lo tanto, sobre las causas encontradas se debe establecer un plan de mejora que permita obtener un producto de mejor calidad que cumpla con los requerimientos especificados por el cliente.

Diagrama de Pareto de segundo nivel en el área de sandblasting

La Tabla 25 y 26, muestra los datos recogidos durante el mes de estudio necesarios para realizar los diagramas de Pareto de segundo nivel en función de la maquinaria y operario respectivamente.

Tabla 25 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área de Sandblasting.

Tipo de defecto	Boya					Subtotal
	1	2	3	4	5	
Manchas por pistola	21	14	6	4	7	52
Manchas por arrastre	17	14	5	5	9	50
Total	38	28	11	9	16	102

Tabla 26 Datos para realizar el diagrama de Pareto de segundo nivel maquinaria área de Sandblasting.

Tipo de defecto	Operario		Subtotal
	1	2	
Manchas por pistola	35	17	52
Manchas por arrastre	31	21	50
Total	66	38	102

Manchas por pistola

Se indican en las Figura 33 y 34, los diagramas de Pareto de este fallo.

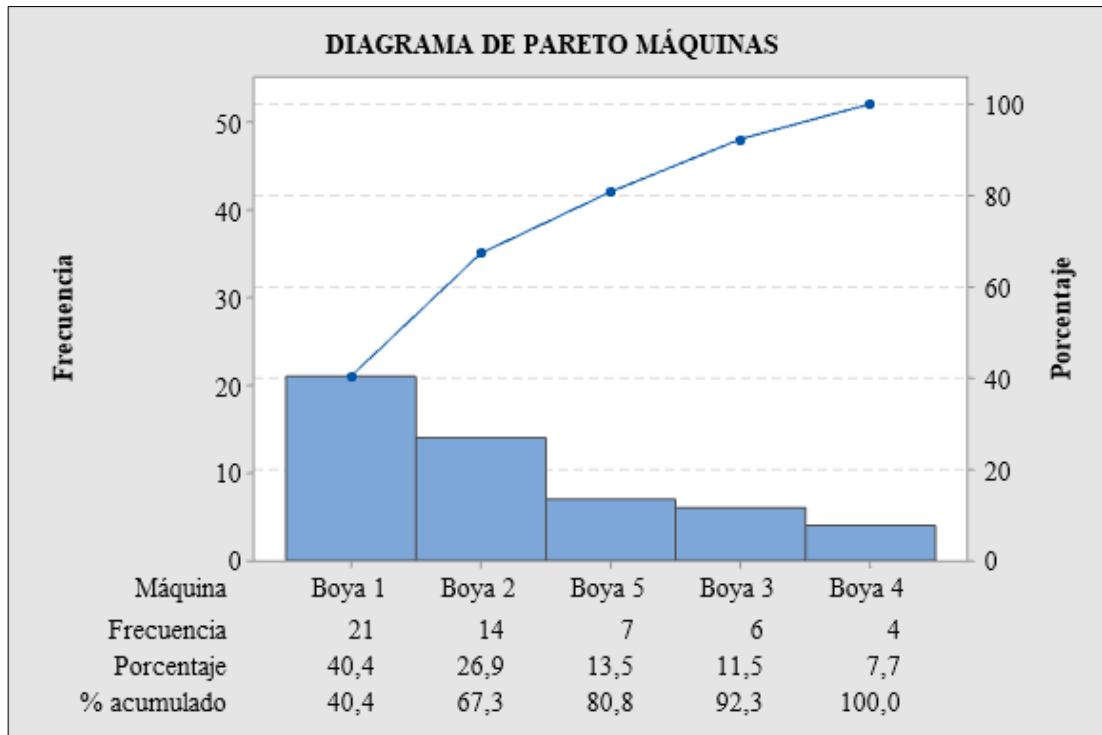


Figura 33 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.

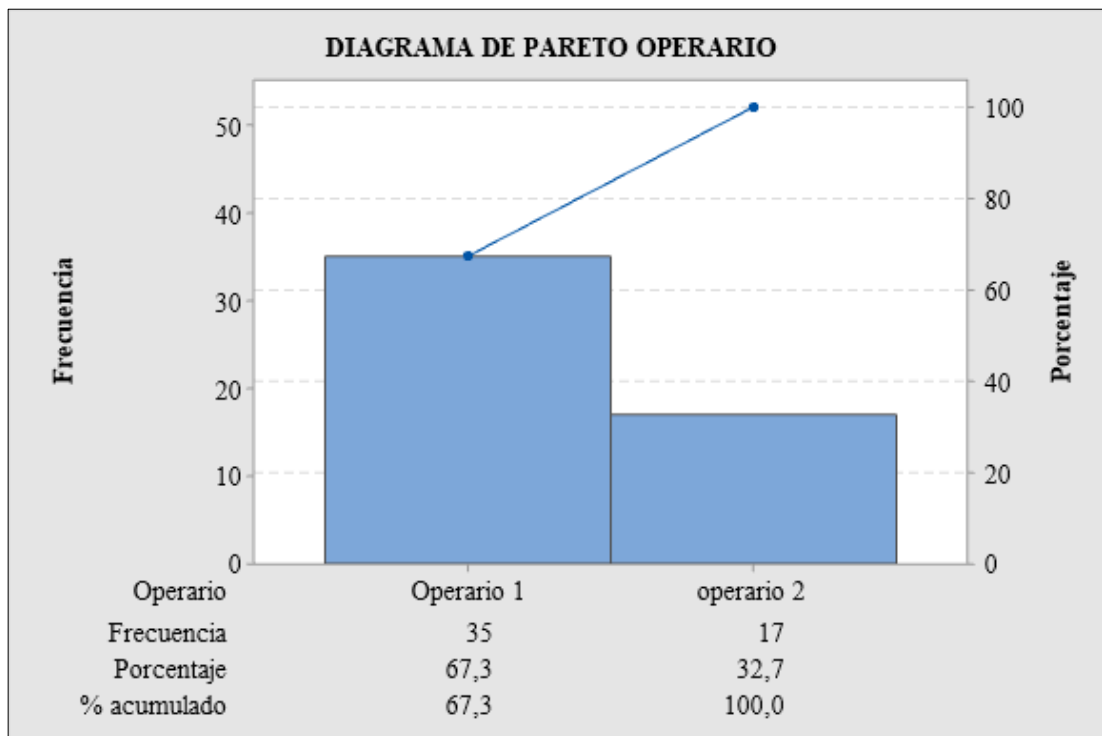


Figura 34 Diagrama de Pareto de operarios elaborado en el software Minitab.

Al ordenar la información y dividirla por máquinas y operario mediante diagramas de Pareto de segundo nivel, se obtiene que las principales causas que ocasionan las manchas por pistola, están presentes con mayor frecuencia en las tres primeras boyas,

que corresponden al manejo del primer operario debido a que no posee la suficiente capacitación e inducción sobre los procesos que debe contener la tela del pantalón otra de las causas importantes que ocasiona las fallas son los instrumentos con los que cuenta debido a la falta de mantenimiento [75].

Por lo tanto, el estudio se debe enfocar a resolver los problemas hallados, ya que es importante realizar capacitaciones al personal y realizar mantenimiento preventivo a todos los instrumentos con el objetivo de mejorar el proceso.

Manchas por arrastre

Los diagramas de Pareto para máquinas y operario de la falla ocasionada por la mancha de pistola, se indican en las Figura 35 y Figura 36.

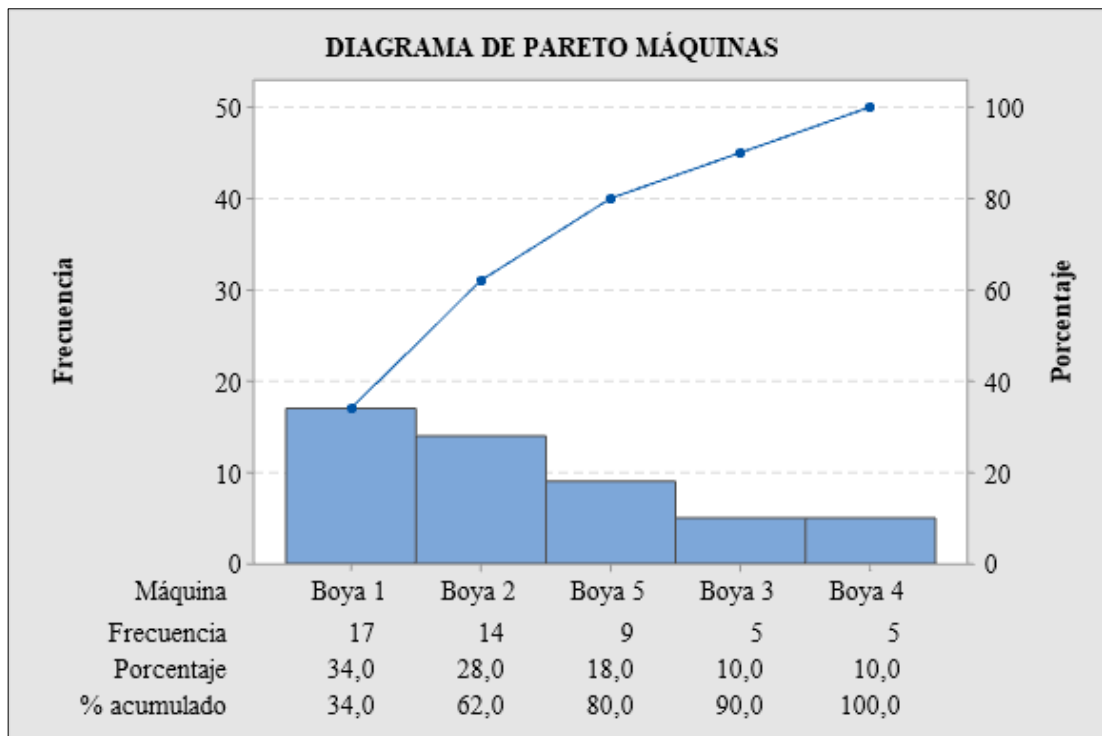


Figura 35 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.

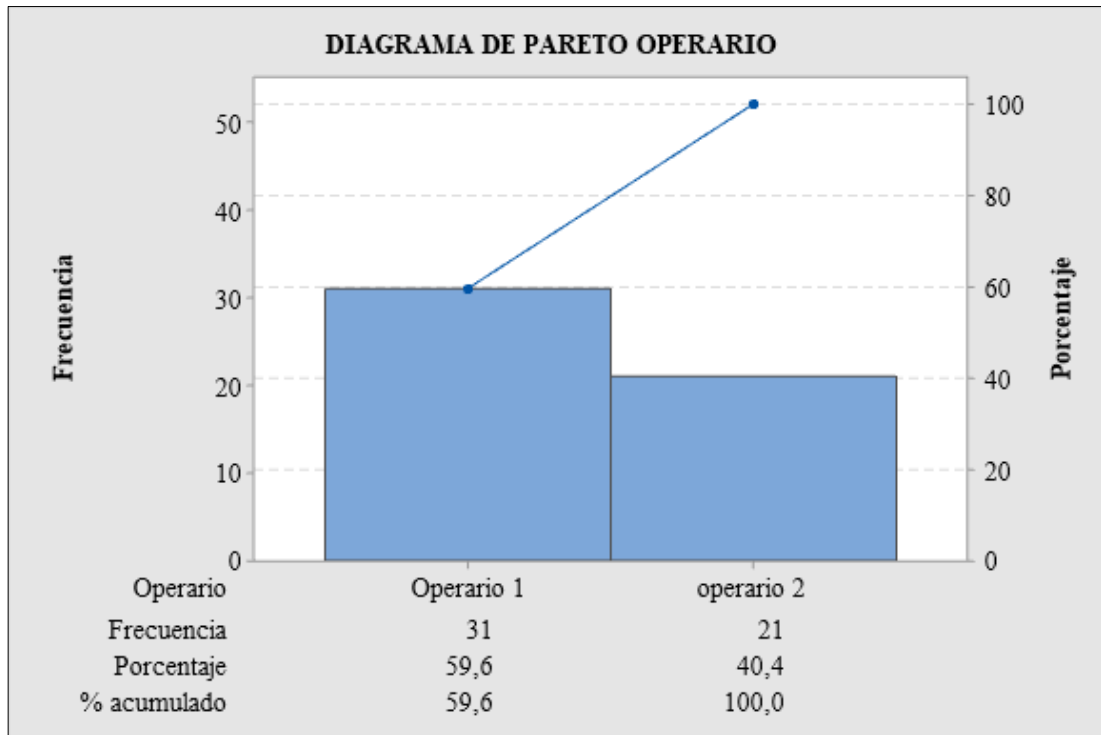


Figura 36 Diagrama de Pareto de máquinas elaborado en el software Minitab.

Al estratificar la información por máquinas y operario mediante diagramas de Pareto de segundo nivel, se obtiene que las principales causas que ocasionan las manchas por arrastre, están presentes con mayor frecuencia en las tres primeras boyas y las ocasiona el primer operario debido a que no posee la suficiente capacitación e inducción sobre la colocación de las prendas dentro de las boyas, otros de los motivos a considerar es el no tener un diseño correcto del lugar de trabajo por lo que los pantalones son arrastrados por el piso ya que las boyas se encuentra cerca de la superficie. Como menciona la investigación de un informe sobre el sandblasting [76] el problema de las partículas volátiles es debido a lugares de trabajo demasiado pequeños, condiciones de trabajo poco higiénicas es decir, las salas de tratamiento suelen estar mal ventiladas permitiendo que se extiendan las partículas sobre toda el área.

Diagrama de Pareto en el área de manualidades

Para evaluar los niveles de calidad en el proceso de manualidades en el pantalón índigo para hombre, se aplica una inspección al 100% de la producción del último mes de estudio correspondiente a 18 lotes de jeans de diferentes colores.

La cuantificación de los defectos del pantalón índigo para hombre en el área de manualidades encontradas en el mes de estudio correspondientes al presente año se detalla en la Tabla 27.

Tabla 27 Datos del mes de estudio en el área de Manualidades.

Área de manualidades					
Lotes	Defectos				Total
	Distorsión por color	Rayas en prenda	Rotura de prenda	Manchas	
1	3	1	1	1	6
2	2	1	1	1	5
3	4	0	0	0	4
4	5	0	2	1	8
5	3	2	0	0	5
6	2	3	0	0	5
7	1	1	1	0	3
8	3	0	0	1	4
9	2	1	0	1	4
10	3	3	0	1	7
11	1	4	0	0	5
12	0	1	0	2	3
13	4	4	2	0	10
14	1	0	0	0	1
15	1	0	0	0	1
16	1	1	0	0	2
17	3	0	0	0	3
18	4	1	0	0	5
Total	43	23	7	8	81
Porcentaje	53%	28%	9%	10%	100%

Para realizar el diagrama de Pareto de los defectos encontrados en el pantalón índigo para hombre en el área de manualidades, se utilizan los datos de la Tabla 28.

Tabla 28 Datos para realizar el diagrama de Pareto área de Manualidades.

Subproceso	Tipo de defecto	Frecuencia
Manualidades	Distorsión de color	43
	Rayas en prenda	23
	Rotura de prenda	7
	Manchas	8

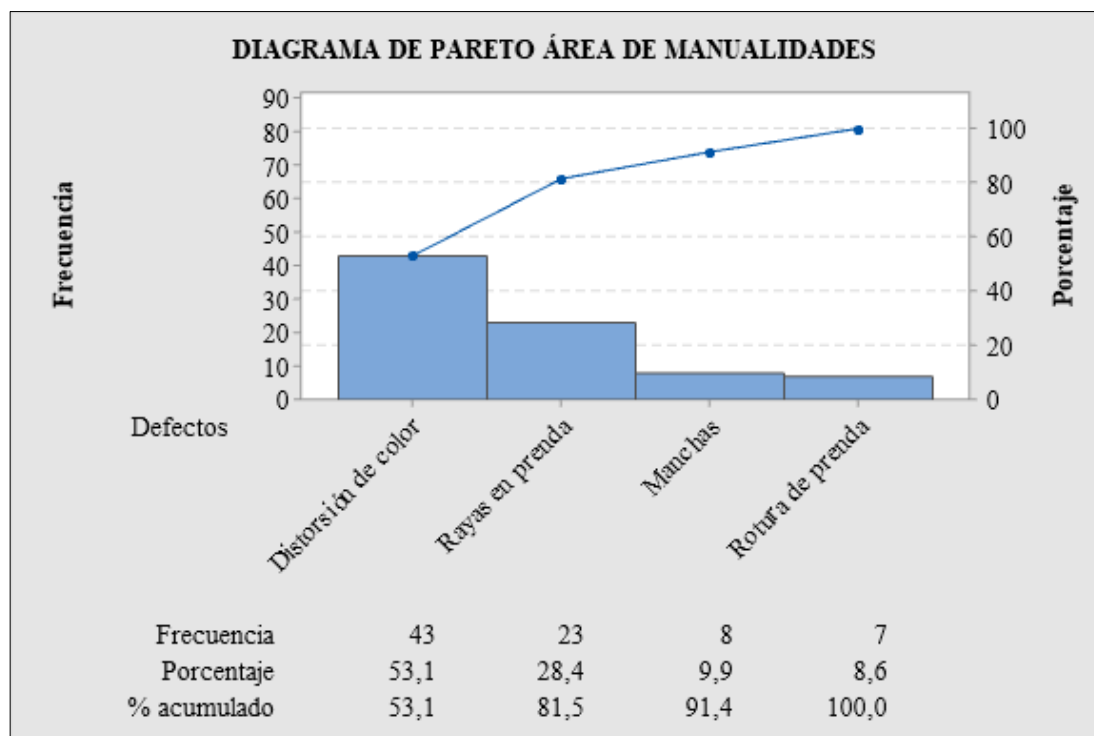


Figura 37 Diagrama de Pareto del área de manualidades elaborado en el software Minitab.

Los defectos determinados como pocos vitales del pantalón índigo para hombre son: distorsión de color y rayas en prenda; los cuales se deben a falta de capacitación de métodos de realizar el proceso de lijado de la prenda, inadecuada manipulación de instrumentos y un mal control de materia prima debido a que desde la recepción de las prendas se visualiza la falla de rayas [75].

Por lo tanto, el estudio se debe enfocar a resolver los problemas hallados con la finalidad de minimizar los errores presentados en esta área.

3.2.2 Fase de medición

Análisis de repetibilidad y reproducibilidad para atributos

El análisis de R&R se lo realiza a 30 prendas en el área de sandblasting dirigida al jefe de producción, encargado de área y operario, con el objetivo de evaluar la consistencia de los procesos de medición, el análisis se puede observar en el Anexo 6.

El proceso de sandblasting al clasificar las prendas de manera subjetiva, permite realizar este estudio sobre el defecto de manchas por pistola permitiendo así, evaluar la consistencia de los criterios de los operadores.

Número de desacuerdos posibles

Para realizar el cálculo del número de desacuerdos posibles se utiliza la ecuación 11 y 12.

Al aplicarlas se obtiene:

$$a_p = \text{Número de posibles desacuerdos diferentes por pieza} = 15$$

$$a_t = \text{Oportunidades de estar de acuerdo o desacuerdo en evaluaciones} = 450$$

La Tabla 29, muestra el número de clases y los desacuerdos que contiene cada una, como a su vez el total de desacuerdos.

Tabla 29 Análisis desacuerdos.

Nivel de acuerdo	Número de pares en desacuerdo	Número de piezas	Desacuerdos totales
0 o 6	0	17	0
1 o 5	5	6	30
2 o 4	8	5	40
3	3	2	6
Total		30	76

Nivel de desacuerdos

Para encontrar el nivel de desacuerdos se aplica la fórmula establecida en la ecuación 13, de tal manera que:

$$ND_e = \text{Nivel de desacuerdos} = 16,89 \%$$

El análisis del nivel de desacuerdos resulta aceptable ya que se obtiene un valor relativamente bajo [63], sin embargo, este resultado da una idea clara de la consistencia del sistema de medición por atributos, a su vez, según la Tabla 29, obtenida del análisis de desacuerdos se observa que el mayor número de desacuerdos totales se obtuvo en la clase 2 o 4.

Repetibilidad

Tabla 30 Resultados de repetibilidad área sandblasting.

Operador	Desacuerdos	Oportunidades	Porcentaje%
1	4	30	13,33
2	10	30	33,33
3	6	30	20,00
Total	20	90	93,33

Para el cálculo del nivel de desacuerdos atribuibles a repetibilidad se aplica la ecuación 14, de tal manera que:

$$N_{rep} = \text{Nivel de repetibilidad} = 22,22\%$$

Los valores posibles de ND_e van de 0 a 100, y entre más alto, peor es la repetibilidad de los operadores [63]; en el análisis del ensayo se obtuvo como resultado el 22,22 % el cual resulta un valor bajo aceptable, es decir, se tiene consistencia y concordancia entre los juicios de los ensayos realizados entre el mismo operador, sin embargo, presenta oportunidad de mejora.

Aunque el 22,22% no parece demasiado alto la Tabla 30, evidencia que el operador 2 tuvo un mayor número de discrepancias con respecto al operador 1 y 3, es decir su criterio varía mucho, esto es debido a que en el procedimiento de inspección realizado por el operario este carece de inducción o de procedimientos definidos para la evaluación causando así diferencia en los resultados obtenidos [77].

Reproducibilidad

Tabla 31 Resultados de reproducibilidad área sandblasting.

Operador	Número de piezas aceptadas		Piezas aceptadas	Piezas evaluadas	Porcentaje de aceptación
	Día 1	Día 2			
1	19	21	40,00	60	66,67
2	19	21	40,00	60	66,67
3	20	22	42,00	60	70,00
Total			122,00	180	67,78

En la tabla 31, se observa que el operador 1 y 2 tienen un criterio más exigente e igual de aceptación con un porcentaje del 66,67%, mientras que el operador 3 tiene un porcentaje de aceptación más alto correspondiente al 70%, por lo tanto, esto indica que el operador 1 y 2 evalúan las prendas con el mismo nivel de exigencia a diferencia del operador número 3, esto tiene concordancia debido a que el operador 1 y 2 corresponden al jefe de producción y encargado de área quienes son las personas con mayor experiencia en ejecución de dicho trabajo; por ello para tener un nivel mayor de exigencia de evaluación este indicativo da a conocer una oportunidad de mejora en cuanto al entrenamiento de los operadores que tiene menor tiempo de experiencia en el área de sandblasting al igual que establecer de mejor manera los métodos de trabajo [78].

Tabla 32 Numero de desacuerdos entre parejas de operadores.

Operador	2	%	3	%
1	22	18,33	17	14,66
2	-	-	19	15,83
Total de desacuerdos = 58 (16,11 %)				

Para encontrar nivel de desacuerdos atribuibles a reproducibilidad se aplica la fórmula establecida en la ecuación 15, de tal manera que:

$$N_{repe} = \text{Nivel de reproducibilidad} = 16,11\%$$

Según la Tabla 32, se observa que entre el operador 1 y 2 ocurrió más desacuerdos con un porcentaje de 18,33 %, este resultado da entender que entre esta pareja a través de su juicio de evaluación rechazaron y aceptaron la misma cantidad de prendas, pero diferentes es decir, el operador 1 acepto y rechazo las primeras prendas y el operador 2 de forma viceversa [77].

Tabla resumen

Tabla 33 Resultado estudio de repetibilidad y reproducibilidad.

Fuente	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad	$N_{rep} = 22,22\%$	
Reproducibilidad	$N_{repo} = 16,11\%$	
Total	$ND_e = 16,89\%$	
Operador	Repetibilidad %	Piezas aceptadas
1	13,33	40,00
2	33,33	40,00
3	20,00	42,00
Total	22,22	40,67

De acuerdo a los resultados obtenidos según la Tabla 33, el porcentaje de repetibilidad 22,22% es el mayor, lo cual el problema radica en el criterio de evaluación del mismo operador.

Durante el análisis de las prendas, se observó que algunos operadores desconocían el cómo evaluar el defecto con respecto a la muestra, lo que causa confusión al evaluar la prenda evaluar la prenda, por lo que se recomendaría dar instrucciones de manera clara desde un principio, y hacer énfasis en que no deben quedar duda en los evaluadores sobre el defecto que se debe inspeccionar [78]; por lo que los resultados sugieren la necesidad de reentrenamiento entre operadores e inspectores para eliminar una posible fuente de variabilidad [77].

Problemas principales

Uno de los objetivos de esta etapa es conocer de mejor manera el problema en la elaboración de pantalones índigo para hombre, para esto en la fase anterior de definió por medio de diagramas de Pareto los procesos que presentan mayor cantidad de pantalones defectuosos, así como los tipos de defectos, en la Tabla 34, se muestran las variables críticas como los procesos a medir.

Tabla 34 Procesos, variables críticas y defectos a estudiar.

Proceso/Área	Variable crítica	Tipo de defectos	Defectos de mayor porcentaje
Húmeda	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Color ➤ Diseño 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baja concentración de teñido ➤ Licra en juego ➤ Puntos claros en prenda ➤ Manchas de colorante ➤ Amarillamiento de prenda ➤ Quiebres de tela 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baja concentración de teñido ➤ Licra en juego
Sandblasting	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Color 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manchas por arrastre ➤ Manchas por pistola ➤ Manchas de operario ➤ Licra en juego ➤ Rotura de prenda 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manchas por arrastre ➤ Manchas por pistola
Manualidades	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Color ➤ Forma 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Distorsión de color ➤ Rayas en prendas ➤ Rotura de prenda ➤ Manchas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Distorsión de color ➤ Rayas en prendas

Datos obtenidos

Los datos son recolectados en los formatos establecidos en el Anexo 5, para ser procesados en el software Minitab y sus herramientas, entre ellas el informe de capacidad de cada proceso a manera de conocer el estado actual de las tres áreas de estudio.

Tabla 35 Datos del área húmeda.

Área húmeda							
Lotes	Defectos						Total
	Baja concentración de teñido	Licra en juego	Puntos claros en prenda	Manchas de colorante	Amarillamiento de prenda	Quiebres de tela	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	2	0	4
3	13	0	0	0	0	0	13
4	0	0	0	0	1	0	1
5	0	13	3	0	0	0	16
6	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	1	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0
9	13	0	0	1	0	0	14
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	2	0	0	1	3
12	0	13	2	0	0	0	15
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	2	0	0	2
16	0	0	0	1	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
Total	26	26	9	5	4	1	71
Porcentaje	36,6%	36,6%	12,7%	7%	5,6%	1%	100%

Tabla 36 Datos del área Sandblasting.

Área de sandblasting						
	Defectos					
Lotes	Manchas por arrastre	Manchas por pistola	Manchas de operario	Licra en juego	Rotura de prenda	Total
1	3	4	0	0	0	7
2	4	5	1	0	0	10
3	3	4	1	0	0	8
4	5	4	2	0	0	11
5	3	2	0	0	0	5
6	3	6	1	0	0	10
7	2	4	0	0	0	6
8	4	4	3	0	0	11
9	1	3	1	0	0	5
10	5	5	0	0	0	10
11	7	3	2	1	0	13
12	4	4	1	0	0	9
13	6	4	0	0	1	11
14	0	0	2	0	0	2
15	0	0	1	0	0	1
16	0	0	1	0	0	1
17	0	0	1	0	0	1
18	0	0	1	0	0	1
Total	50	52	19	1	1	123
Porcentaje	41%	42%	15%	1%	1%	100%

Tabla 37 Datos del área manualidades.

Área de manualidades					
Lotes	Defectos				Total
	Distorsión por color	Rayas en prenda	Rotura de prenda	Manchas	
1	3	1	1	1	6
2	2	1	1	1	5
3	4	0	0	0	4
4	5	0	2	1	8
5	3	2	0	0	5
6	2	3	0	0	5
7	1	1	1	0	3
8	3	0	0	1	4
9	2	1	0	1	4
10	3	3	0	1	7
11	1	4	0	0	5
12	0	1	0	2	3
13	4	4	2	0	10
14	1	0	0	0	1
15	1	0	0	0	1
16	1	1	0	0	2
17	3	0	0	0	3
18	4	1	0	0	5
Total	43	23	7	8	81
Porcentaje	53%	28%	9%	10%	100%

Análisis de variabilidad y capacidad de proceso

Área húmeda

Al tener un proceso donde sus datos siguen una distribución Binomial, la herramienta a utilizar corresponde a una carta de control *P* (proporción de defectuosos) para lo cual se contabiliza el número de pantalones defectuosos o enviados a reproceso los mismos que presentan cualquier de los defectos encontrados, para esto en la Tabla. 38, se muestran los datos obtenidos, para los valores de la columna proporción se utiliza la fórmula que se detalla en la ecuación 1.

Tabla 38 Datos para la carta de control de área húmeda.

Subgrupos	Tamaño de lote	Pantalones defectuosos	Proporción
1	65	0	0,000
2	65	4	0,062
3	65	13	0,200
4	65	1	0,015
5	65	16	0,246
6	65	1	0,015
7	65	1	0,015
8	65	0	0,000
9	65	14	0,215
10	65	0	0,000
11	65	3	0,046
12	65	15	0,231
13	65	0	0,000
14	65	0	0,000
15	65	2	0,031
16	65	1	0,015
17	65	0	0,000
18	65	0	0,000
Promedio	65		0,061

Para la elaboración de la carta de control, se procesa la información en el software Minitab el cual toma como línea central (LC) el valor promedio de las proporciones ,además de obtener los límites de control, ya sea superior o inferior.

Por medio de la carta *P* proporcionada por el software Figura 38, se analiza la variabilidad del proceso húmeda.

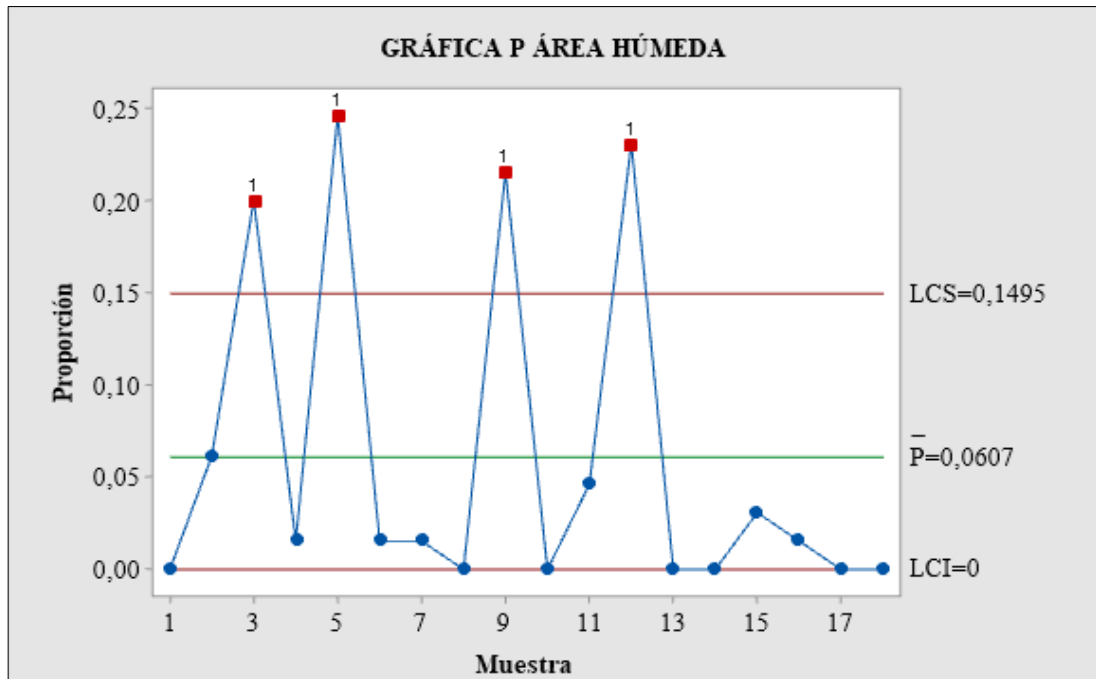


Figura 38 Carta de control p para el área húmeda.

Al analizar la carta de control con el número de grupos constantes, esta muestra que, de cada lote de 65 pantalones se espera que, de forma frecuente, la proporción de pantalones defectuosos varíe entre 0 y 0,1495 con un promedio de 0,0607. Si a estos valores se los multiplica por 100 se analiza de manera porcentual de la siguiente manera: se espera que el porcentaje de pantalones defectuosos varíe entre un 0% y un 14,95% con un promedio del 6,07% , en otras palabras, de un lote de 65 pantalones que pasen por el proceso del área húmeda se espera que en promedio 4 pantalones presenten alguno de los defectos encontrados y sean enviados a reproceso [79].

La Figura 38, muestra 4 puntos fuera de los límites de control lo que evidencia que el proceso no es estable y su variación se debe a causas especiales o atribuibles a cada lote identificado, según la observación dos puntos pertenecen a baja concentración de teñido consecuencia de una ineficiente inspección de la materia prima y un valor incorrecto del pH en la formula, los otros dos puntos pertenecen a licra en juego consecuencia de un mal desengomado y una temperatura inadecuada del agua; causas que no se encuentran de manera permanente en el proceso las cuales pueden ser eliminadas si se cuenta con el conocimiento y recursos necesarios; además por su desempeño se encuentra lejos de ser satisfactorio puesto que el porcentaje de productos defectuosos es relativamente alto 6,07% [79].

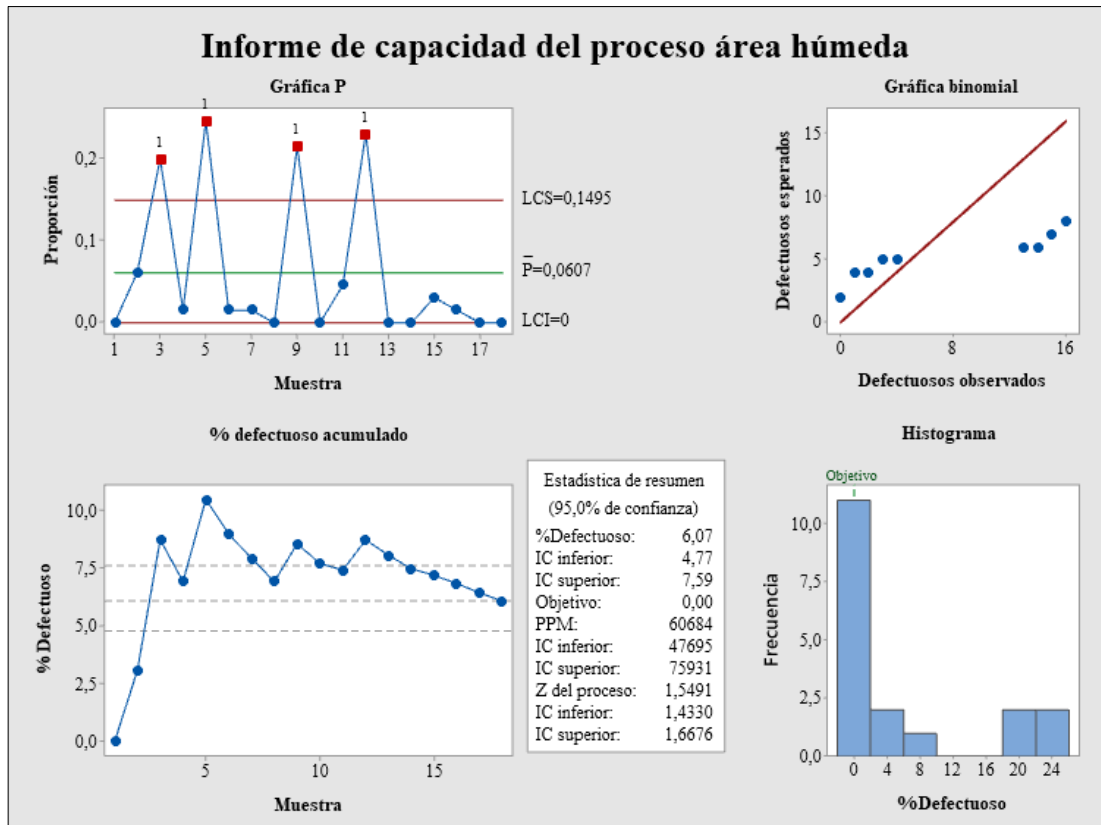


Figura 39 Informe de capacidad para el proceso de Área Húmeda.

De acuerdo al soporte de Minitab [80] con relación al análisis del informe de capacidad de la Figura 39, existe un cuadro de estadística de resumen, el cual muestra que con un porcentaje de confianza del 95.0 %, en 1 millón de pantalones que pasen por el área húmeda, 60684 en promedio resultaran defectuosos, además que el valor de z es menor que 2 considerándose así un proceso incapaz de cumplir con las especificaciones necesarias para que un pantalón pase al siguiente proceso.

En lo que respecta a las gráficas de la Figura 39, se analiza de la siguiente manera [80]:

- **% defectuoso acumulado:** El cual determina si se tiene suficientes muestras para una estimación estable del porcentaje de productos defectuosos, en el caso del estudio se puede notar que a partir de la muestra 14 se empieza a estabilizar este valor.
- **Gráfica binomial:** Por medio de esta grafica se identifica que los datos no siguen una distribución binomial completa debido a que los puntos (Defectuosos esperados-Defectuosos observados) no se acercan a la recta, una de las causas podría ser que no se tome el número suficiente de muestras y existan además puntos fuera de control.

- **Histograma:** Esta gráfica evalúa la distribución del porcentaje de defectuosos en cada muestra y su frecuencia, puesto que la mayor parte de barras se encuentran en la parte derecha de la línea objetivo el proceso no es capaz.

Sandblasting

Debido a que se trabaja con datos que siguen una distribución de Poisson y muestras de tamaño constantes, la herramienta utilizada corresponde a la carta *C* (número de defectos) la cual analiza la variabilidad del número de defectos en estos subgrupos, para esto se contabiliza el número de defectos encontrados en los lotes estudiados, en la Tabla. 39, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 39 Datos para la carta *c* de sandblasting.

Lote	Tamaño de lote	Número de defectos
1	65	7
2	65	10
3	65	8
4	65	11
5	65	5
6	65	10
7	65	6
8	65	11
9	65	5
10	65	10
11	65	13
12	65	9
13	65	11
14	65	2
15	65	1
16	65	2
17	65	1
18	65	1
Total		123

Por medio del software Minitab se obtiene la línea central, así como los límites ya sea superior o inferior.

Además, se obtiene la carta de control *C* Figura 40, donde se visualiza la variabilidad del proceso sandblasting y posteriormente su interpretación.

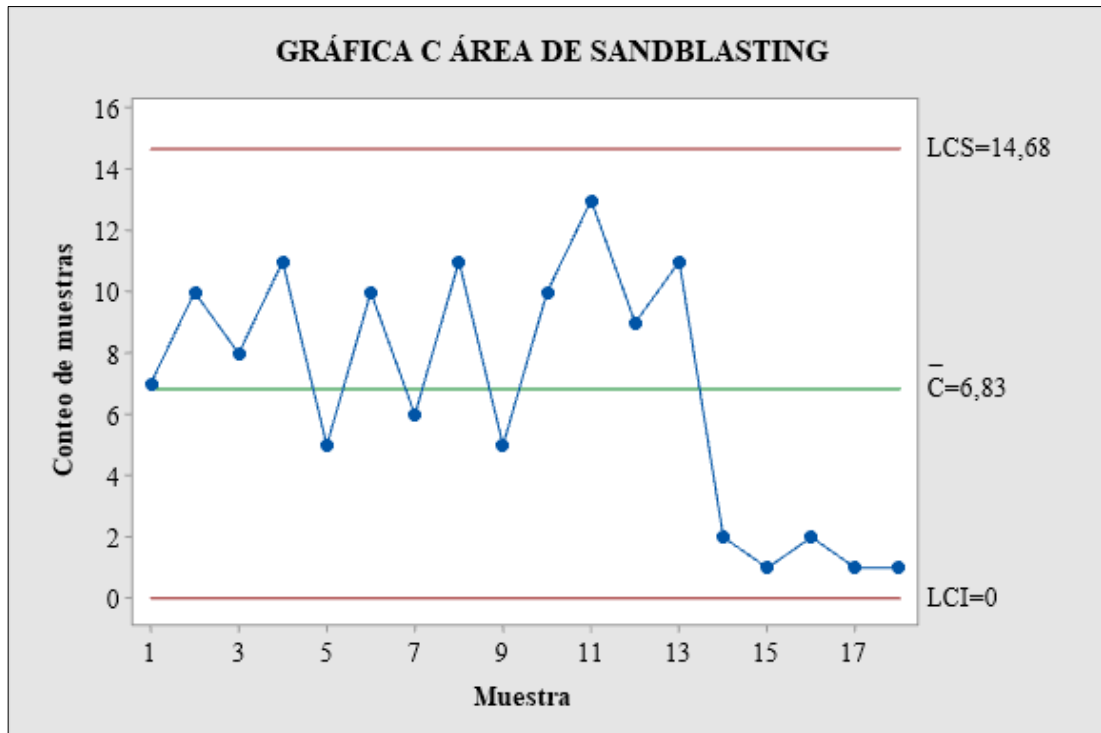


Figura 40 Carta de control c para el proceso de Sandblasting.

Al analizar la gráfica de la Figura 40 con número de subgrupos constante, se espera que, de manera usual, el número de defectos por subgrupo varíe entre 0 y 14,68 con un promedio de 6,83, estos límites representan la realidad del proceso y al presentar un número alto de defectos, en este caso corresponden a manchas por pistola con 52 defectos presentes en los 18 lotes inspeccionados, 50 por manchas por arrastre y 19 por manchas por operario, se requiere un plan de acción para identificar las causas raíz del problema y eliminarlos o disminuir su impacto [79].

La Figura 40, no presenta ningún patrón en especial, y al no tener ningún punto fuera de los límites de control, el proceso se considera estable a lo largo del tiempo o centrado, es decir, sus datos fluctúan o varían de manera aleatoria a lo ancho de la carta de control. Las causas de su variabilidad son de tipo común, las mismas que se encuentran en el día a día, lote a lote y proporcionadas de manera natural por las condiciones de las 6 M. Sin embargo, a largo plazo representan una mayor oportunidad de mejora [79].

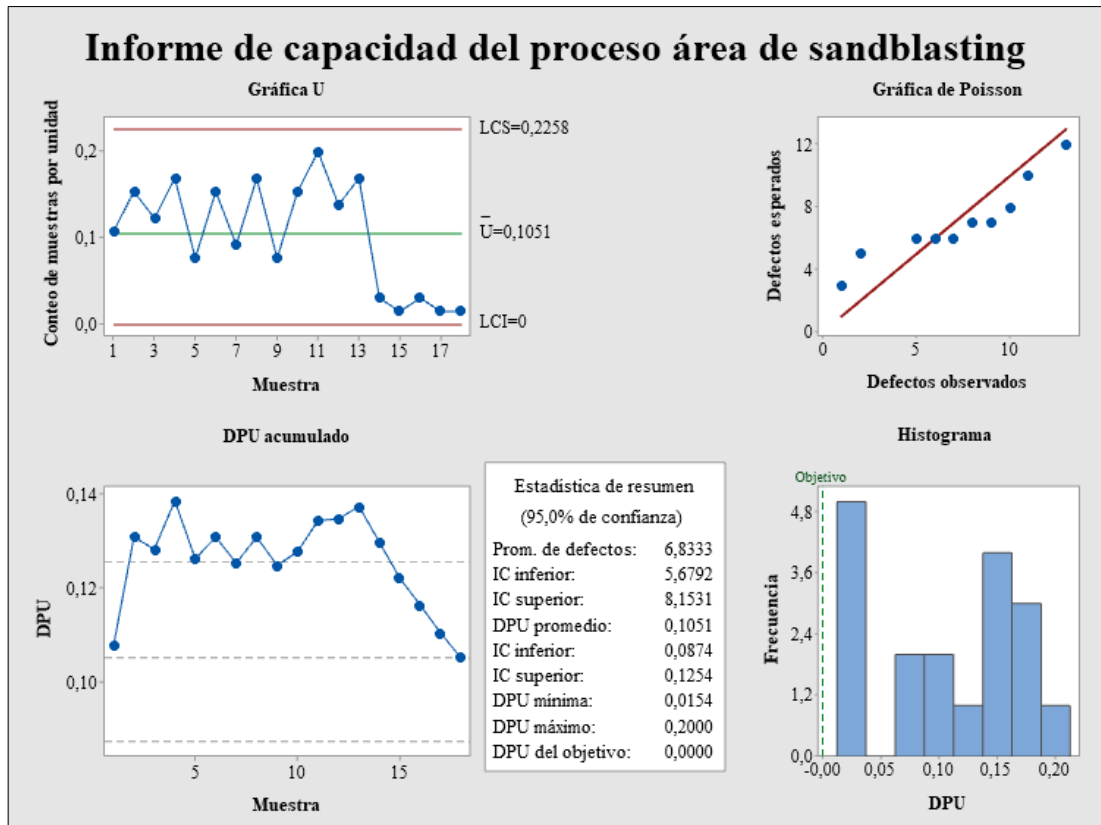


Figura 41 Análisis de capacidad para el proceso de Sandblasting.

De acuerdo al soporte de Minitab [80] con relación al análisis del informe de capacidad de la Figura 41 existe un cuadro de estadística de resumen, el cual muestra que con un porcentaje de confianza del 95.0% , el promedio de defectos en un lote de 65 pantalones es de 6.83 así también con un valor promedio de DPU (defectos por unidad) de 0.1051, lo que quiere decir que, un defecto (manchas por arrastre, manchas por pistola, manchas de operario, licra en juego o rotura de prenda) en el pantalón ocurre, en promedio, una vez cada 10 (1/0.1051) pantalones.

Con un DPU máximo de 0.2, en los 65 pantalones se puede llegar a encontrar 13 defectos, sin embargo, la tasa de este valor se mantiene relativamente estable pero no describe al proceso completamente capaz de cumplir con las especificaciones que el pantalón requiere para seguir con el proceso siguiente.

En lo que respecta a las gráficas de la Figura 41, se analiza de la siguiente manera [80]:

- **DPU acumulado:** Por medio de esta grafica se determina si se recolecto suficientes muestras para tener una estimación estable de DPU, en el caso del

estudio este valor empieza a estabilizarse en la muestra 17 lo que quiere decir que se requiere un número mayor de datos.

- **Grafica de Poisson:** Por medio de esta grafica se identifica que los datos siguen una distribución de Poisson, puesto los puntos (Defectos esperados-Defectos observados) se acercan a la línea a lo largo de la gráfica.
- **Histograma:** Con esta grafica se evalúa la distribución de los defectos por unidad de cada muestra y su frecuencia, debido a que la mayoría de barras se encuentran en la parte derecha de la línea objetivo, el proceso no se considera totalmente capaz.

Manualidades

Debido a que se trabaja con datos que siguen una distribución de Poisson al igual que el anterior proceso y muestras de tamaño constantes, la herramienta utilizada corresponde a la carta *C* (número de defectos) la cual analiza la variabilidad del número de defectos en estos subgrupos, para esto se contabiliza el número de defectos encontrados en los lotes estudiados, en la Tabla. 40, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 40 Datos para la carta c de manualidades

Lote	Tamaño de lote	Número de defectos
1	65	6
2	65	5
3	65	4
4	65	8
5	65	5
6	65	5
7	65	3
8	65	4
9	65	4
10	65	7
11	65	5
12	65	3
13	65	10
14	65	1
15	65	1
16	65	2
17	65	3
18	65	5
Total		81

Por medio del software Minitab se obtiene la línea central, así como los límites ya sea superior o inferior.

Además, se obtiene la carta de control Figura 42 donde se visualiza la variabilidad del proceso manualidades y posteriormente su interpretación.



Figura 42 Carta de control c para el proceso de Manualidades.

Al analizar la gráfica de la Figura 42 con número de subgrupos constante, se espera que, de manera usual, el número de defectos por subgrupo varíe entre 0 y 10,86 con un promedio de 4,5 al pasar por el proceso de manualidades, estos límites representan la realidad del proceso y al tener un número de defectos relativamente alto, en este caso corresponden a distorsión de color con 43 defectos presentes en los 18 lotes inspeccionados, atrás de este se encuentra rayas en prendas con 23 defectos; para esto se requiere un plan de acción para analizar y eliminar las causas raíz que provocan estos problemas o disminuir su impacto [79].

La Figura 42, no presenta ningún patrón en especial, y al no tener ningún punto fuera de los límites de control, el proceso se considera estable a lo largo del tiempo o centrado, es decir, sus datos fluctúan o varían de manera aleatoria a lo ancho de la carta de control. Las causas de su variabilidad son de tipo común, las mismas que se encuentran en el día a día, lote a lote y proporcionadas de manera natural por las

condiciones de las 6 M. Sin embargo, a largo plazo representan una mayor oportunidad de mejora [79].

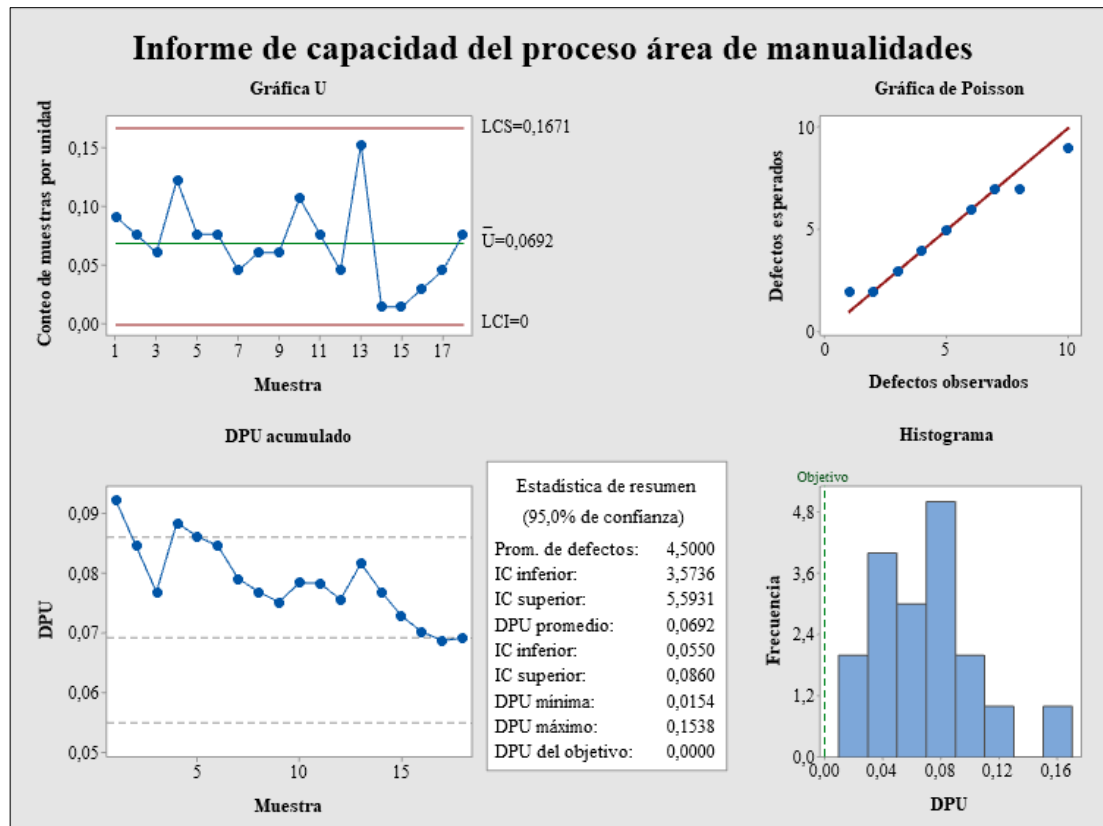


Figura 43 Análisis de capacidad para el proceso de Manualidades.

De acuerdo al soporte de Minitab [80] con relación al análisis del informe de capacidad de la Figura 43 existe un cuadro de estadística de resumen, el cual muestra que con un porcentaje de confianza del 95.0%, el promedio de defectos en un lote de 65 pantalones es de 4.5 así también con un valor promedio de DPU (defectos por unidad) de 0.0692, lo que quiere decir que, un defecto (distorsión de color, rayas en prendas, rotura de prenda o manchas) en el pantalón ocurre, en promedio, una vez cada 14 ($1/0.0692$) pantalones.

Con un DPU máximo de 0.15, en los 65 pantalones se calcula 10 defectos, sin embargo, la tasa de este valor se mantiene relativamente estable pero no describe al proceso completamente capaz de cumplir con las especificaciones que el pantalón requiere para seguir con el proceso siguiente [80].

En lo que respecta a las gráficas de la Figura 43, se analiza de la siguiente manera [80]:

- **DPU acumulado:** Por medio de esta grafica se determina si se recolecto suficientes muestras para tener una estimación estable de DPU, en el caso del estudio este valor empieza a estabilizarse en la muestra 15 lo que quiere decir que se requiere un número mayor de datos.
- **Grafica de Poisson:** Por medio de esta grafica se identifica que los datos siguen una distribución de Poisson, puesto los puntos (Defectos esperados-Defectos observados) se acercan a la línea a lo largo de la gráfica.
- **Histograma:** Con esta grafica se evalúa la distribución de los defectos por unidad de cada muestra y su frecuencia, debido a que la mayoría de barras se encuentran en la parte derecha de la línea objetivo, el proceso no se considera totalmente capaz.

Evaluación del nivel de calidad sigma y desempeño de los procesos

Área húmeda

Puesto que los datos siguen una distribución Binomial, se aplica las métricas PPM (partes por millón), mismo valor que se determina por medio del informe de capacidad del proceso en la Figura 39 y para encontrar su nivel de calidad en Sigmas se aplica la fórmula que se detalla en la ecuación 10.

Al aplicar la fórmula:

$$\text{Nivel de calidad en sigmas} = 3.05$$

Otra métrica de calidad representativa vendría a ser el índice Yield que proporciona el rendimiento del proceso, para lo cual se toma el valor de nivel Sigma y se lo relaciona con este índice de acuerdo a la tabla del anexo 8. Si es necesario interpolar se utiliza la fórmula que se detalla en la ecuación 12.

Al aplicar la fórmula:

$$\text{Yield} = 93.92\%$$

El valor encontrado de Yield indica que la probabilidad de que un pantalón esté libre de defectos al pasar por el área húmeda es del 93.92%, un valor aceptable pero no el más óptimo dentro de un mercado competitivo, el proyecto apunta generar alternativas para aumentar este porcentaje.

Sandblasting

Puesto que los datos recolectados siguen una distribución de Poisson se aplica la métrica DPO de manera general, su fórmula se encuentra detallada en la ecuación 7. Para lo cual se utilizan los datos de la Tabla 41, y se presenta sus resultados en la misma.

Tabla 41 Datos para el cálculo DPO general del proceso de Sandblasting.

Sandblasting	
Datos	
Número de unidades= U	1170
Número de defectos encontrados= D	123
Oportunidades de defectos por unidad= O	5
DPO	0,02102

Se utiliza el valor de DPO para hallar el índice Yield o Rendimiento del proceso, el mismo que se calcula a través de la fórmula establecida en la ecuación 9.

Entonces:

$$\text{Yield} = 97,9\%$$

El valor encontrado de Yield indica que la probabilidad de que un pantalón esté libre de defectos al pasar por el proceso de sandblasting es del 97,9%, un valor aceptable pero no el más óptimo dentro de un mercado competitivo, el proyecto apunta generar alternativas para aumentar este porcentaje.

Se utiliza el índice Yield para encontrar el nivel de calidad Sigma por medio de la tabla del anexo 8 que relaciona los dos valores, para esto se utiliza una interpolación lineal debido a que los valores no son los exactos en la tabla, se utiliza la fórmula de la ecuación 12.

$$\text{Nivel Sigma} = 3,53$$

Al tener un nivel sigma mayor a 3, este se considera un proceso controlado, aceptable pero no el más óptimo puesto que existen oportunidades de mejora con las cuales se pueda controlar de mejor manera la variabilidad existente y generadora de productos defectuosos.

Manualidades

Puesto que los datos recolectados siguen una distribución de Poisson se aplica la métrica DPO de manera general, su fórmula se encuentra detallada en la ecuación 8. Para lo cual se utilizan los datos de la Tabla 42, y se presenta sus resultados en la misma.

Tabla 42 Datos para el cálculo DPO general del proceso de Manualidades.

Manualidades	
Datos	
Número de unidades= U	1170
Número de defectos encontrados= D	81
Oportunidades de defectos por unidad= O	4
DPO	0,02

Se utiliza el valor de DPO para hallar el índice Yield o Rendimiento del proceso, el mismo que se calcula a través de la fórmula establecida en la ecuación 9.

$$\text{Yield} = 98\%$$

El valor encontrado de Yield indica que la probabilidad de que un pantalón esté libre de defectos al pasar por el proceso de manualidades es del 98%, un valor aceptable pero no el más óptimo dentro de un mercado competitivo, el proyecto apunta generar alternativas para aumentar este porcentaje.

Se utiliza el índice Yield para encontrar el nivel de calidad Sigma por medio de la tabla del anexo 8, que relaciona los dos valores, para esto se utiliza una interpolación lineal debido a que los valores no son los exactos en la tabla, se utiliza la fórmula de la ecuación 12.

$$\text{Nivel Sigma} = 3,56$$

Al tener un nivel sigma parecido al proceso anterior, este se considera un proceso controlado, aceptable pero no el más óptimo puesto que existen oportunidades de mejora con las cuales se pueda controlar de mejor manera la variabilidad existente y generadora de productos defectuosos.

Tabla resumen

Tabla 43 Tabla resumen análisis de repetibilidad y reproducibilidad.

Área	Nivel Sigma	Eficiencia (%)
Húmeda	3,05	93,92
Sandblasting	3,53	97,90
Manualidades	3,56	98,00
Total	3,38	96,61

Según el análisis estadístico todo el proceso alcanza un nivel sigma de 3,38 y una eficiencia de 96,61%, lo cual se refiere a que no se tiene un proceso Seis Sigma que es la meta de toda empresa para lograr un valor de 3,4 DPMO como máximo.

Sin embargo, de manera global, los datos obtenidos en el estudio realizado reflejan que, en el proceso productivo lavado y tintura del pantalón índigo para hombre no se tiene un valor sigma tan bajo, sin embargo, este no representa una adecuada calidad.

Por otra parte la empresa “Produtexti Cía. Ltda.”, proporciona un plan de mejora continua mediante la metodología Six Sigma (DMAIC), a través del desarrollo de manuales sobre el proceso productivo en el cual se logra implementar indicadores y rangos de aceptación para cada defecto en la tela cruda y terminada [34].

En base a todos estos resultados obtenidos la propuesta que se plantea está direccionada en mejorar los procesos productivos y el nivel sigma de la empresa.

Análisis del nivel Sigma

De acuerdo al nivel sigma general obtenido y al no estar bajo condiciones de estabilidad a primera vista no es el adecuado, sin embargo las exigencias actuales piden mejorar dicho valor [79] puesto que la mayoría de procesos de servicio se desarrollan con un nivel de calidad sigma menor a $1,5\sigma$; convirtiéndose así el nivel 4σ en el más óptimo para las empresas, aumentando su rendimiento al 99,38%, y la tasa de defectos se reduciría notablemente a 6210 PPM [81].

Tomando en cuenta que el rendimiento promedio de una compañía es de 3σ y lo recomendable es llegar a un 4σ , se debe tener en cuenta los siguientes aspectos [82]:

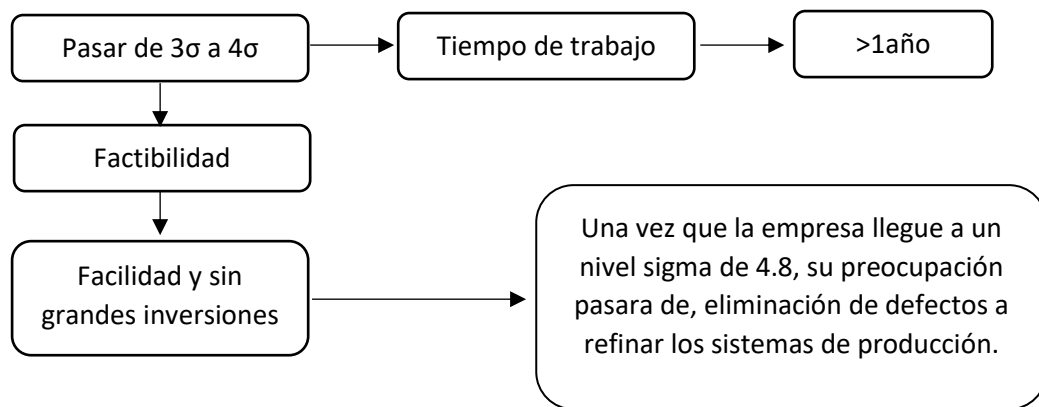


Figura 44 Aspectos Six Sigma.

Empresas ecuatorianas de la rama textil también han enfrentado niveles de calidad sigma igual a 3, y con la correcta aplicación de esta metodología han podido obtener una reducción de 1.89% en la proporción de productos no conformes, tomando a esta metodología como potencial de ser efectiva, pasando de un valor sigma de 3.21 a 3.89; además de utilizar la misma cantidad de recursos al reducir el número de fallas [83]. Esto sugiere a la empresa en estudio la aplicación de las propuestas establecidas por el investigador, ya que las mismas no demandarían un costo elevado y mucho esfuerzo.

Pese a tener un porcentaje del 1,29% de las pequeñas y medianas empresas de Quito las cuales aplicaron y mantienen la metodología Six Sigma, estas empresas han tenido resultados satisfactorios durante su aplicación [84], así también en Colombia se puede evidenciar la factibilidad de una empresa dedicada a la fabricación de muebles, la cual luego de la aplicación de la metodología pudo disminuir los defectos de 15.59% a 13.52%, con lo cual el nivel sigma incremento de 2.52 a 2.74 [85].




Al calcular el valor Six sigma de los tres procesos estos se encuentran en un rango de 3.05 y 3.56, los mismos que son valores aceptables una vez realizada la comparación con otros estudios, sin embargo, este no es el más óptimo para la alta gerencia, la misma que ha visualizado una gran cantidad de productos defectuosos a diario, y lo que representa una oportunidad de mejora en el proceso para disminuir la variabilidad atacando las causas especiales y asumiendo un liderazgo enfocado en la mejora, de manera que se pueda disminuir la cantidad de pantalones a ser reprocesados y las pérdidas económicas que esto pueda traer, así también como hacer frente a la competencia local que existe actualmente y demandan por la calidad de los productos y servicios.



3.2.3 Fase de análisis

Problemas potenciales

Para encontrar las X potenciales se debe tener en cuenta los problemas que se presentan con mayor frecuencia en los procesos analizados, de acuerdo a los datos recolectados y a los Paretos analizados de la fase definir, la Fig. 30 muestra que el 73,2% de los defectos encontrados en el área húmeda corresponden a baja concentración de teñido y licra en juego, la Fig. 32 muestra en cambio que, el 82,9% del total de los defectos encontrados en el proceso de Sandblasting corresponden a manchas por arrastre y manchas por pistola, y por último en el proceso de manualidades Fig. 37 el 81,5% del total de los defectos encontrados corresponden a distorsión de color y rayas en prendas. En la Tabla 44, se muestra un resumen de estos defectos y su descripción.

Tabla 44 Problemas potenciales presentes en cada proceso estudiado.

Proceso y/o Área	Defecto	Causas	Descripción	Figura
Húmeda	Baja concentración de teñido	Especiales	Se presenta decoloración en la prenda ya sea total o parcial.	
	Licra en juego	Especiales	La prenda tiende a deformarse al perder su elasticidad.	
SandBlas	Manchas por arrastre	Comunes	La absorción de suciedad produce una tonalidad oscura diferente a la tonalidad de la solución de permanganato.	
	Manchas por pistola	Comunes	Produce una tonalidad más clara que la otra o ya sea puntos debido a las salpicaduras de solución.	

Manualidades	Distorsión de color	Comunes	Se producen rayas de color más claro que la prenda al no controlar los hilos sueltos en las prendas.	
	Rayas en prendas	Comunes	Son rayas que se presentan cerca de la costura y estas pueden ser horizontales o verticales.	

Análisis causa-efecto y su matriz de interrelación

Para analizar la causa raíz que origina cada uno de los defectos potenciales encontrados en el área húmeda se aplican diagramas de Ishikawa enfocados en las 6m y su matriz de interrelación en donde se relacionan las causas entre sí, con el fin de investigar a fondo las causas raíz del problema a través del puntaje obtenido.

➤ Área húmeda

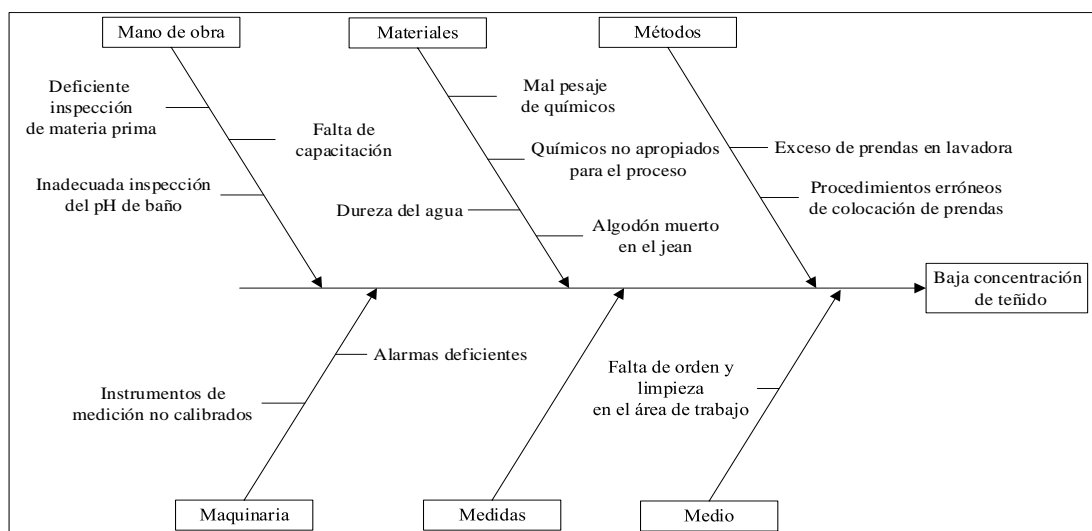


Figura 45 Diagrama de causa-efecto baja concentración de tinte.

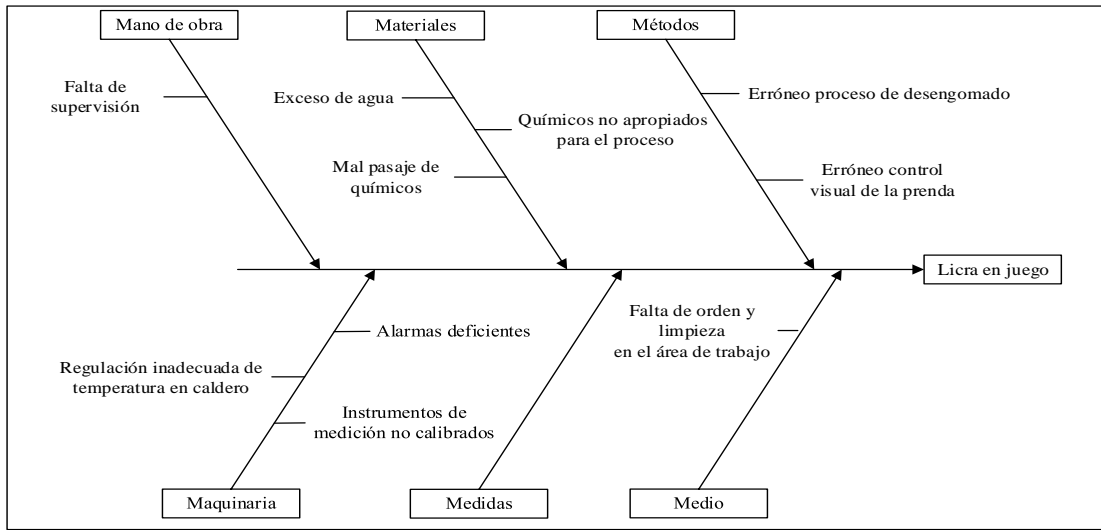


Figura 46 Diagrama de causa-efecto licra en juego.

Tabla 45 Matriz de interrelación: causas de baja concentración de teñido.

Causas	Falta de capacitación	Inadecuada inspección del pH de baño	Dureza del agua	Mal pesaje de químicos	Químicos no apropiados para el proceso	Algodón muerto en el jean	Exceso de prendas en lavadora	Procedimientos erróneos de colocación de prendas	Instrumentos de medición no calibrados	Alarmas deficientes	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo
Falta de capacitación	51	10	2	5	8	5	0	8	8	5	0
Inadecuada inspección del pH de baño	10	43	0	0	10	0	0	0	10	8	5
Dureza del agua	2	0	28	8	0	8	0	0	10	0	0
Mal pesaje de químicos	5	0	8	32	10	0	0	0	9	0	0
Químicos no apropiados para el proceso	8	10	0	10	28	0	0	0	0	0	0
Algodón muerto en el jean	5	0	8	0	0	26	0	3	10	0	0
Exceso de prendas en lavadora	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0	10
Procedimientos erróneos de colocación de prendas	8	0	0	0	0	3	10	31	0	0	10
Instrumentos de medición no calibrados	8	10	10	9	0	10	0	0	57	10	0
Alarmas deficientes	5	8	0	0	0	0	0	0	10	28	5
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	0	5	0	0	0	0	10	10	0	5	30

Tabla 46 Matriz de interrelación: causas de licra en juego.

Causas	Falta de supervisión	Exceso de agua	Mal pesaje de químicos	Químicos no apropiados para el proceso	Erróneo proceso de desengomado	Erróneo control visual de la prenda	Regulación inadecuada de temperatura en caldero	Alarmas deficientes	Instrumentos de medición no calibrados	Falta de orden y limpieza en el ara de trabajo
Falta de supervisión	53	6	7	0	10	9	10	7	1	3
Exceso de agua	6	22	1	0	5	3	7	0	0	0
Mal pesaje de químicos	7	1	36	5	10	0	3	0	8	2
Químicos no apropiados para el proceso	0	0	5	26	10	0	4	0	7	0
Erróneo proceso de desengomado	10	5	10	10	70	10	10	6	8	1
Erróneo control visual de la prenda	9	3	0	0	10	22	0	0	0	0
Regulación inadecuada de temperatura en caldero	10	7	3	4	10	0	53	10	9	0
Alarmas deficientes	7	0	0	0	6	0	10	32	9	0
Instrumentos de medición no calibrados	1	0	8	7	8	0	9	9	42	0
Falta de orden y limpieza en el ara de trabajo	3	0	2	0	1	0	0	0	0	6

Tabla 47 Análisis de interrelación: causas de baja concentración de teñido.

Causas	6M	Puntaje	%
Instrumentos de medición no calibrados	Maquinaria	57	15,2
Falta de capacitación	Mano de obra	51	13,6
Inadecuada inspección del pH de baño	Mano de obra	43	11,5
Mal pesaje de químicos	Materiales	32	8,6
Procedimientos erróneos de colocación de prendas	Métodos	31	8,3
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Medio	30	8,0
Dureza del agua	Materiales	28	7,5
Químicos no apropiados para el proceso	Materiales	28	7,5
Alarmas deficientes	Maquinaria	28	7,5
Algodón muerto en el jean	Materiales	26	7,0
Exceso de prendas en lavadora	Mano de obra	20	5,3
Total		374	100

De acuerdo a la Tabla 47 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas encontradas, existen 3 posibles causas raíz (instrumentos de medición no calibrados, falta de capacitación, inadecuada inspección de pH de baño) con el puntaje más alto, las mismas que provocan la baja concentración de teñido en el pantalón, la mayoría de estas corresponde a mano de obra lo que las relaciona directamente con los trabajadores y a la maquinaria utilizada en el proceso.

Tabla 48 Análisis de interrelación: causas de licra en juego.

Causas	6M	Puntaje	%
Erróneo proceso de desengomado	Métodos	70	19,3
Falta de supervisión	Mano de obra	53	14,6
Regulación inadecuada de temperatura en caldero	Maquinaria	53	14,6
Instrumentos de medición no calibrados	Maquinaria	42	11,6
Mal pesaje de químicos	Materiales	36	9,9
Alarmas deficientes	Maquinaria	32	8,8
Químicos no apropiados para el proceso	Materiales	26	7,2
Exceso de agua	Materiales	22	6,1
Erróneo control visual de la prenda	Métodos	22	6,1
Falta de orden y limpieza en el ara de trabajo	Medio	6	1,7
Total		362	100

De acuerdo a la Tabla 48 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas encontradas, existen 3 posibles causas raíz (erróneo proceso de desengomado, falta de supervisión, regulación inadecuada de temperatura en caldero) con el puntaje más alto, las mismas que provocan licra en juego en el pantalón. Estas causas se encuentran dentro de métodos, mano de obra y maquinaria.

➤ **Área de sandblasting**

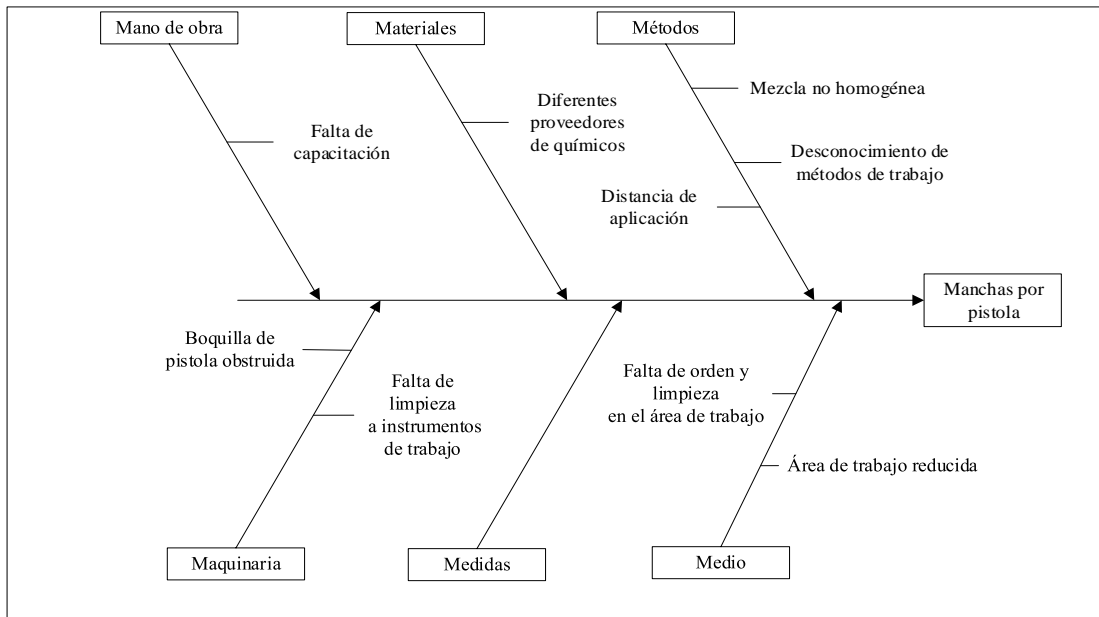


Figura 47 Diagrama causa-efecto manchas por pistola.

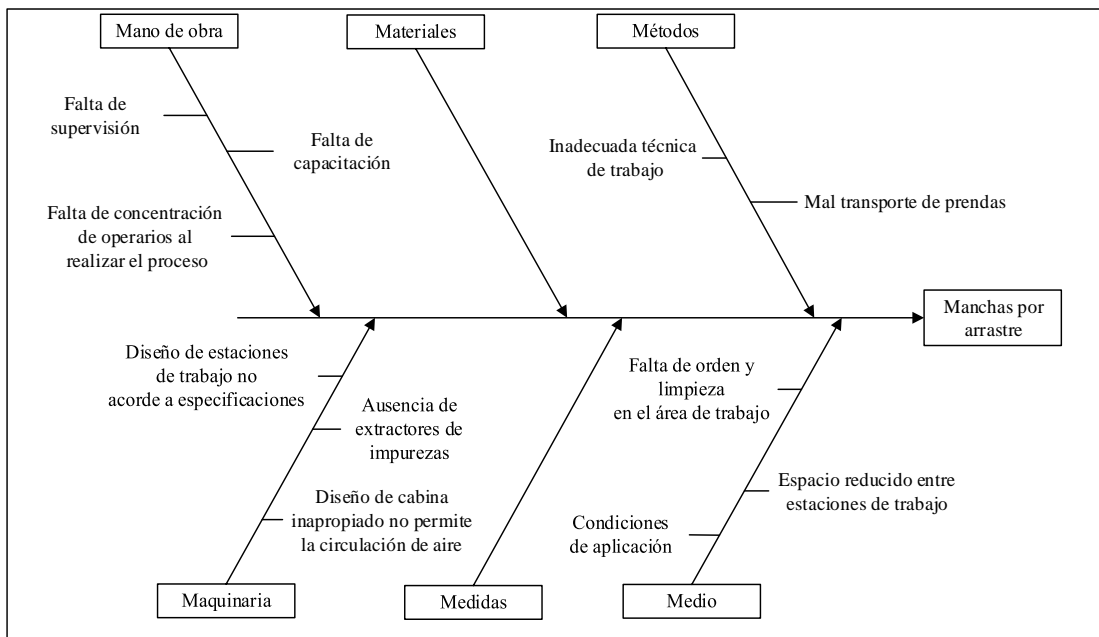


Figura 48 Diagrama causa-efecto manchas por arrastre.

Tabla 49 Matriz de interrelación: causas de manchas por pistola.

Causas	Falta de capacitación	Diferentes proveedores de químicos	Mezcla no homogénea	Desconocimientos de métodos de trabajo	Distancia de aplicación	Boquilla de pistola obstruida	Falta de limpieza a instrumentos de trabajo	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Área de trabajo reducida
Falta de capacitación	52	0	7	8	9	10	7	7	4
Diferentes proveedores de químicos	0	16	8	3	0	5	0	0	0
Mezcla no homogénea	7	8	40	0	8	9	8	0	0
Desconocimientos de métodos de trabajo	8	3	0	40	10	10	7	2	0
Distancia de aplicación	9	0	8	10	41	2	2	5	5
Boquilla de pistola obstruida	10	5	9	10	2	46	10	0	0
Falta de limpieza a instrumentos de trabajo	7	0	8	7	2	10	36	2	0
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	7	0	0	2	5	0	2	23	7
Área de trabajo reducida	4	0	0	0	5	0	0	7	16

Tabla 50 Matriz de interrelación: causas de manchas por arrastre.

Causas	Falta de supervisión	Falta de capacitación	Falta de concentración de operarios al realizar el proceso	Inadecuada técnica de trabajo.	Mal transporte de prendas	Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	Ausencia de extractores de impurezas	Diseño de cabina inapropiada	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Espacio reducido entre estaciones de trabajo	Condiciones de aplicación
Falta de supervisión	37	4	0	10	7	5	4	2	0	0	5
Falta de capacitación	4	21	0	8	3	2	0	0	2	0	2
Falta de concentración de operarios al realizar el proceso	0	0	27	9	2	6	0	0	0	2	8
Inadecuada técnica de trabajo	10	8	9	61	8	6	0	2	2	8	8
Mal transporte de prendas	7	3	2	8	43	10	0	8	0	5	0
Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	5	2	6	6	10	68	10	10	5	10	4
Ausencia de extractores de impurezas	4	0	0	0	0	10	43	10	8	2	9
Diseño de cabina inapropiada	2	0	0	2	8	10	10	56	8	8	8
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	0	2	0	2	0	5	8	8	32	7	0
Espacio reducido entre estaciones de trabajo	0	0	2	8	5	10	2	8	7	42	0
Condiciones de aplicación	5	2	8	8	0	4	9	8	0	0	44

Tabla 51 Análisis de interrelación: causas de manchas por pistola.

Causas	6M	Puntaje	%
Falta de capacitación	Mano de obra	52	16,8
Boquilla de pistola obstruida	Maquinaria	46	14,8
Distancia de aplicación	Métodos	41	13,2
Mezcla no homogénea	Métodos	40	12,9
Desconocimientos de métodos de trabajo	Métodos	40	12,9
Falta de limpieza a instrumentos de trabajo	Maquinaria	36	11,6
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Medio	23	7,4
Diferentes proveedores de químicos	Materiales	16	5,2
Área de trabajo reducida	Medio	16	5,2
Total		310	100

De acuerdo a la Tabla 51 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas que provocan las manchas por pistola, existen dos posibles causas raíz (falta de capacitación, boquilla de pistola obstruida) con los puntajes más altos. Estas causas se encuentran inmersas en mano de obra y maquinaria.

Tabla 52 Análisis de interrelación: causas de manchas por arrastre.

Causas	6M	Puntaje	%
Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	Maquinaria	68	14,3
Inadecuada técnica de trabajo	Métodos	61	12,9
Diseño de cabina inapropiada	Maquinaria	56	11,8
Condiciones de aplicación	Medio	44	9,3
Mal transporte de prendas	Métodos	43	9,1
Ausencia de extractores de impurezas	Maquinaria	43	9,1
Espacio reducido entre estaciones de trabajo	Medio	42	8,9
Falta de supervisión	Mano de obra	37	7,8
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Medio	32	6,8
Falta de concentración de operarios al realizar el proceso	Mano de obra	27	5,7
Falta de capacitación	Mano de obra	21	4,4
Total		474	100

De acuerdo a la Tabla 52 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas que provocan manchas por arrastre, existen tres posibles causas raíz (diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones, inadecuada técnica de trabajo, diseño de cabina inapropiada) con los puntajes más altos. Estas causas se encuentran inmersas en maquinaria y métodos.

➤ **Área de manualidades**

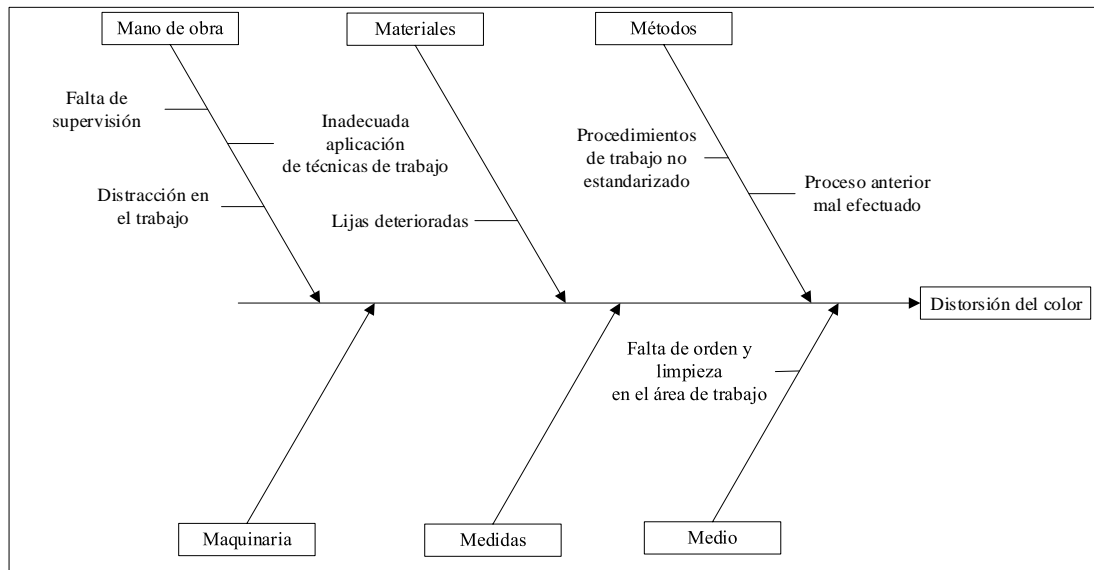


Figura 49 Diagrama causa-efecto distorsión de color.

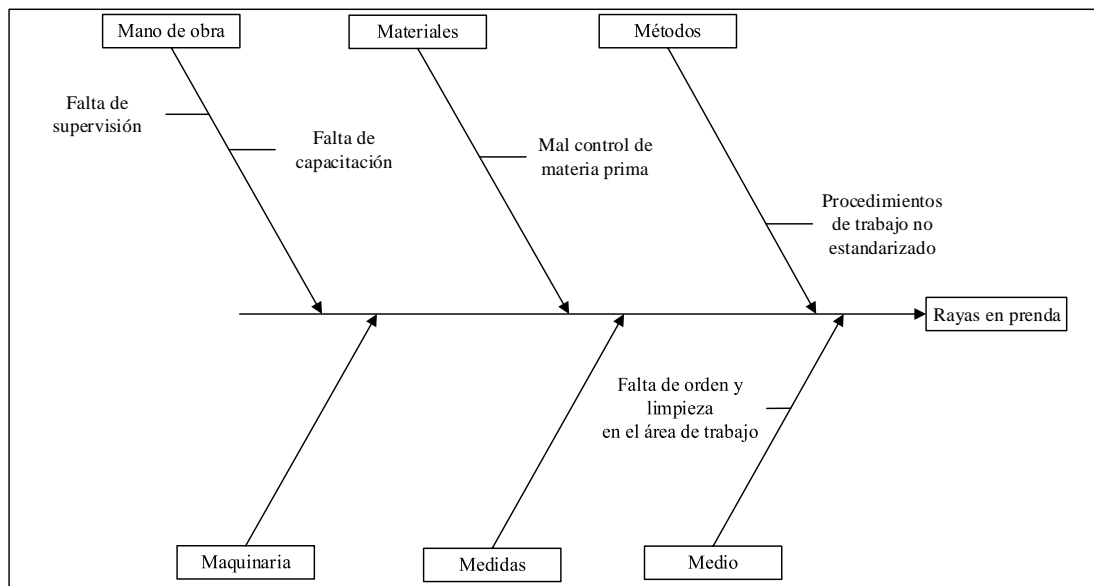


Figura 50 Diagrama de causa-efecto rayas en prenda.

Tabla 53 Matriz de interrelación: causas de distorsión de color.

Causas	Falta de supervisión	Distracción en el trabajo	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	Lijas deterioradas	Procedimientos de trabajo no estandarizados	Proceso anterior mal efectuado	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo
Falta de supervisión	41	8	10	6	7	8	2
Distracción en el trabajo	8	25	9	3	0	0	5
Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	10	9	39	7	8	0	2
Lijas deterioradas	6	3	7	23	7	0	0
Procedimientos de trabajo no estandarizados	7	0	8	7	24	0	2
Proceso anterior mal efectuado	8	0	0	0	0	8	0
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	2	5	2	0	2	0	11

Tabla 54 Matriz de interrelación: causas de rayas en prenda.

Causas	Falta de supervisión	Falta de capacitación	Mal control de materia prima	Procedimientos de trabajo no estandarizados	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo
Falta de supervisión	23	0	10	7	6
Falta de capacitación	0	21	10	6	5
Mal control de materia prima	10	10	31	8	3
Procedimientos de trabajo no estandarizados	7	6	8	23	2
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	6	5	3	2	16

Tabla 55 Análisis de interrelación: causas de distorsión de color.

Causas	6M	Puntaje	%
Falta de supervisión	Mano de obra	41	24,0
Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	Mano de obra	39	22,8
Distracción en el trabajo	Mano de obra	25	14,6
Procedimientos de trabajo no estandarizados	Métodos	24	14,0
Lijas deterioradas	Materiales	23	13,5
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Medio	11	6,4
Proceso anterior mal efectuado	Métodos	8	4,7
Total		171	100

De acuerdo a la Tabla 55 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas que provocan distorsión de color del jean, existen dos posibles causas raíz (falta de supervisión, inadecuada aplicación de técnicas de trabajo) con los puntajes más altos. Estas causas se deben a problemas de mano de obra en especial.

Tabla 56 Análisis de interrelación: causas de rayas en prenda.

Causas	6M	Puntaje	%
Mal control de materia prima	Materiales	31	27,2
Falta de supervisión	Mano de obra	23	20,2
Procedimientos de trabajo no estandarizados	Métodos	23	20,2
Falta de capacitación	Mano de obra	21	18,4
Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Medio	16	14,0
Total		114	100

De acuerdo a la Tabla 56 y al puntaje obtenido luego del análisis de interrelación entre las causas que provocan rayas en las prendas, existe una posible causa raíz (mal control de materia prima) por su alto puntaje. Esta se debe a problemas en la parte de materiales.

5 porqué

Se aplica la técnica de los 5 porqué con el objetivo de comparar su resultado con el de la herramienta anterior y tener una mejor visión de las causas raíz que provocan los defectos estudiados, para esto se lo realiza por cada proceso:

➤ **Área húmeda**

Tabla 57 Análisis de los 5 porqué: causa baja concentración de teñido.

Baja concentración de teñido		
1	¿Por qué se produce la baja concentración de teñido?	Falta de control de materia prima
2	¿Por qué?	Presencia de algodón muerta en la prenda
3	¿Por qué?	Ausencia de personal capacitado en el área de control
4	¿Por qué?	El personal es polifuncional apoya las diferentes áreas del proceso.
5	¿Por qué?	Es necesario conocer todo el proceso
6	¿Por qué?	Ciertos operarios no ejecutan de forma correcta el proceso

Tabla 58 Análisis de los 5 porqué: causa baja licra en juego.

Licra en juego		
1	¿Por qué se produce la licra en juego?	Inadecuada ejecución de proceso.
2	¿Por qué?	Errónea temperatura y tiempo de operación.
3	¿Por qué?	Descuido de operario.
4	¿Por qué?	Exceso de confianza.
5	¿Por qué?	Lleva mucho tiempo realizando el mismo proceso.
6	¿Por qué?	Posee varios años de experiencia.

➤ **Sandblasting**

Tabla 59 Análisis de los 5 porqué: causa manchas por pistola.

Manchas por pistola		
1	¿Por qué se producen las manchas por?	Inadecuado método de aplicación de permanganato de potasio en el jean.
2	¿Por qué?	Instrumentos averiados.
3	¿Por qué?	Mala utilización de los instrumentos
4	¿Por qué?	Falta de capacitación de métodos de trabajo y mantenimiento a instrumentos.
5	¿Por qué?	Falta de personal calificado en el tema.

Tabla 60 Análisis de los 5 porqué: causa manchas por arrastre.

Manchas por arrastre		
1	¿Por qué se producen las manchas por arrastre?	Residuos de permanganato de potasio en el suelo.
2	¿Por qué?	Mala aplicación de permanganato de potasio en el jean.
3	¿Por qué?	Exceso permanganato volátil en el área de trabajo
4	¿Por qué?	Mala colocación de prendas en boyas.
5	¿Por qué?	Boyas cerca del suelo
6	¿Por qué?	Mal diseño de estación de trabajo

➤ **Manualidades**

Tabla 61 Análisis de los 5 porqué: causa distorsión de color.

Distorsión de color		
1	¿Por qué se produce la distorsión del color?	Mal proceso de lijado.
2	¿Por qué?	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo de trabajo.
3	¿Por qué?	Falta de procedimientos de trabajo.
4	¿Por qué?	Falta de especificaciones para reproducir la muestra.
5	¿Por qué?	Operario reproduce a su criterio la muestra.

Tabla 62 Análisis de los 5 porqué: causa rayas en prenda.

Rayas en prenda		
1	¿Por qué se producen las manchas por arrastre?	Inadecuada inspección visual de la prenda.
2	¿Por qué?	Falta verificación de hilos sueltos.
3	¿Por qué?	Mal control de materia prima.
4	¿Por qué?	Falta de especificaciones de materia prima recibida.
5	¿Por qué?	Falta de registros que contengan las especificaciones con que ingresan las prendas.

Identificación de causas raíz

De acuerdo al análisis de los diagramas de Ishikawa con su matriz de interrelación y la técnica de los 5 porqué, existen causas raíz las cuales la metodología Six Sigma toma como punto de referencia para disminuir la cantidad de pantalones defectuosos. La Tabla 63, se describe cada una de estas causas con sus características y para las cuales el proyecto tomara medidas de mejora y posteriormente control.

Tabla 63 Causas raíz

Proceso	Defecto	Causa raíz	Descripción
Húmeda	Baja concentración de teñido	Inadecuada inspección del pH de baño	El operario es indiferente al control del proceso debido a que es polifuncional sin tener él cuenta el nivel de pH de los químicos.
	Licra en juego	Erróneo proceso de desengomado	El operario está a cargo de diferentes funciones, descuidando el proceso actual sin tener en cuenta el procedimiento y tiempos de desengomado.
		Regulación inadecuada de temperatura en caldero	La vida útil del caldero provoca que esté presente anomalías al proporcionar temperaturas erróneas, inadecuadas para el proceso.
SandBlas	Manchas por pistola	Desconocimiento de métodos de trabajo	El operario desconoce el método correcto al aplicar la solución de permanganato de potasio, esto incluye la distancia y la cantidad aplicada.
		Boquilla de pistola obstruida	La boquilla de la pistola de solución de permanganato se obstruye debido a grumos en la solución y falta de mantenimiento preventivo.
	Manchas por arrastre	Inadecuada técnica de trabajo	El operario arrastra la prenda al ubicarla en las boyas y al momento de trasportarlas entre áreas.
		Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	La ubicación de boyas con respecto al piso no es la adecuada para la colocación de las prendas dentro de las mismas.

Manualidades	Distorsión de color	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	Los operadores no toman en cuenta el estado de la lija al momento de realizar el desgaste al pantalón, de igual manera al no tener un control de hilos sueltos en las costuras, estos distorsionan el color de la prenda.
	Rayas en prenda	Mal control de materia prima	La resistencia del material no es la adecuada, puesto que, al pasar por todos los procesos anteriores, esta empieza a desgastarse generando rayas transversales a la prenda.

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

Una vez identificado los problemas principales o fallas potenciales y sus causas raíz, se puede identificar, caracterizar y evaluar el riesgo de las mismas a través de un análisis de modo y efecto de fallas.

Tabla 64 Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Nombre del proceso o Producto: Pantalón índigo de hombre			Elaborado por: Xavier Cacuangó			Pagina_01		AMEF N° 01							
Responsable:			Fecha Clave:			Fecha AMEF (original): 10/12/2019		Rev.:							
Etapa/función del proceso/ requerimientos	Proceso Actual								Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de Acciones				
	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de falla	Severidad	Causa(s) potenciales de falla	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	NPR			Acciones tomadas, y fecha de finalización	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Húmeda	Incorrecto proceso de teñido	Defecto 1: Baja concentración de teñido	5	Inadecuada inspección del pH de baño	9	Control visual durante el proceso	7	315	<i>Luego de implementar mejoras</i>						
		Defecto2: Licra en juego	4	Erróneo proceso de desengomado	10	Control visual y pruebas con el pantalón al finalizar el proceso	8	320							
				Regulación inadecuada de temperatura en caldero	9		7	252							
SandBlas	Inadecuada decoloración	Defecto 3: Manchas por pistola	6	Desconocimiento de métodos de trabajo	9	Control visual durante el proceso	8	432							
				Boquilla de pistola obstruida	9		7	378							
		Defecto 4: Manchas por arrastre	4	Inadecuada técnica de trabajo	10	Control visual al terminar el proceso	8	320							
				Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	9		8	288							
Manualidades	Incorrecto proceso de manualidades	Defecto 5: Distorsión de color	5	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	9	Control visual durante el proceso	7	315							
		Defecto 6: Rayas en prenda	6	Mal control de materia prima	9		8	432							

Tabla 65 Nivel de riesgo de acuerdo al valor de NPR [86].

Nivel de riesgo	Color
Alto riesgo de falla (500 -1000)	
Riesgo de falla medio (125 - 499)	
Riesgo de falla bajo (1 - 124)	
No existe riesgo de falla (0)	

Tabla 66 Efectos potenciales de falla y NPR del estudio.

Defectos o Efecto(s) potenciales de falla	Causa(s) potenciales de falla	NPR	Color
Manchas por pistola	Desconocimiento de métodos de trabajo	432	
Rayas en prenda	Mal control de materia prima	432	
Manchas por pistola	Boquilla de pistola obstruida	378	
Licra en juego	Erróneo proceso de desengomado	320	
Manchas por arrastre	Inadecuada técnica de trabajo	320	
Baja concentración de teñido	Inadecuada inspección del pH de baño	315	
Distorsión de color	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	315	
Manchas por arrastre	Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	288	
Licra en juego	Regulación inadecuada de temperatura en caldero	252	

De acuerdo a la Tabla 66, resultado del análisis AMEF, todos los efectos potenciales de falla poseen un nivel de riesgo medio, es decir que todos deben ser tomados en cuenta al momento de sugerir las propuestas de mejora, en su mayoría son detectados visualmente por el operador a cargo del proceso, sin embargo, en la Tabla 64 existen efectos potenciales de falla con mayor puntaje que otros, es el caso de manchas por pistola la cual tiene como causa raíz el desconocimiento de los métodos de trabajo, por otra parte, con el mismo puntaje esta raya en prenda debido al mal control de la materia prima; y con el puntaje menor se tiene a licra en juego debido a la regulación inadecuada de la temperatura en el caldero. Con estos resultados la empresa ajustara su comportamiento dependiendo si los riesgos aumentan o disminuyen.

3.2.4 Fase de mejora

Las siguientes tablas muestran las causas raíz encontradas (las x vitales) con su respectivo efecto potencial de falla, su solución y descripción.

➤ Área húmeda

Tabla 67 Acciones de mejora recomendadas defecto: baja concentración de teñido.

Baja concentración de teñido		
Causas raíz	Solución	Descripción
Inadecuada inspección del pH de baño	Adquisición de un instrumento de medición	Los instrumentos de medición de pH deben ser de fácil manejo y amigables de operatividad al operario.
	Calibración y mantenimiento frecuente del instrumento de medición	Los equipos de medición del pH deben estar en perfecto estado y calibrados, además de ubicar avisos de la frecuencia y medida que debe tener.
	Incentivos a operarios y control visual Andon	La motivación a operarios mediante incentivos permite un mejor desempeño dentro del proceso productivo.

Tabla 68 Acciones de mejora recomendadas defecto: licra en juego.

Licra en juego		
Causas raíz	Solución	Descripción
Erróneo proceso de desengomado	Estandarización del proceso de desengomado	Se describirán las actividades a realizar para obtener un desengomado correcto.
Regulación inadecuada de temperatura en caldero	Plan de mantenimiento preventivo a caldero	Se elaborará un plan el cual presente la frecuencia con la que se deba realizar el mantenimiento preventivo del caldero, así como su calibración.
	Contratación de un técnico en mantenimiento.	Se contratará un experto en mantenimiento, el cual se encargue del buen estado de los equipos, así como su calibración, el mismo se encargará de capacitar al personal cercano al proceso.
	Capacitación a operarios sobre el uso adecuado de maquinaria.	Se sugiere temas a tratar como: <ul style="list-style-type: none"> - Definiciones básicas - Tipos y usos de calderos - Componentes - Limpieza a maquinaria

➤ **Sandblasting**

Tabla 69 Acciones de mejora recomendadas defecto: manchas por pistola.

Manchas por pistola		
Causas raíz	Solución	Descripción
Desconocimiento de métodos de trabajo	Manual de actividades para la aplicación de permanganato de potasio	Se describirán las actividades a tomar en cuenta para una correcta aplicación de la solución de permanganato de potasio, así como las cantidades y la distancia con la que debe aplicarse.
Boquilla de pistola obstruida	Limpieza de la herramienta de trabajo	Se realizará mantenimientos y revisiones de la pistola de pintura de manera que su boquilla no se pueda obstruir, así como su limpieza luego de cada jornada de trabajo.
	Plan de capacitación sobre uso adecuado de instrumentos de trabajo	Se sugiere temas a tratar temas como: <ul style="list-style-type: none"> - Uso correcto de pistola de pintar - Criterios de regulación de pistola de pintar - Seguridad e higiene industrial

Tabla 70 Acciones de mejora recomendadas defecto: manchas por pistola.

Manchas por arrastre		
Causas raíz	Solución	Descripción
Inadecuada técnica de trabajo	Plan de capacitación a empleados sobre técnicas de manejo de prendas	Se capacitará al personal encargado de ubicar las prendas en las boyas acerca del correcto manejo de las mismas, la técnica adecuada de manejarlas y precauciones que deben tener.
Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	Rediseño de las estaciones de trabajo	Las boyas se ubicarán a una distancia prudente del piso de tal manera que el operario pueda ubicar las prendas con facilidad y evitar que estas tiendan a mancharse. Al momento de trasportar los pantalones a la mesa de trabajo, los operarios deberán contar con un vehículo de apoyo obligatoriamente.
	Capacitación sobre buenas prácticas de limpieza	Se sugiere tratar temas como: <ul style="list-style-type: none"> - Limpieza y cuidado de instrumentos - Limpieza del sitio de trabajo - Higiene industrial

➤ **Manualidades**

Tabla 71 Acciones de mejora recomendadas defecto: distorsión de color.

Distorsión de color		
Causas raíz	Solución	Descripción
Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	Control visual de actividades para la correcta aplicación de técnicas de trabajo	Los operarios deberán tomar en cuenta ciertas actividades al realizar las manualidades al pantalón, así como una revisión de las herramientas de trabajo.

Tabla 72 Acciones de mejora recomendadas defecto: rayas en prenda.

Rayas en prenda		
Causas raíz	Solución	Descripción
Mal control de materia prima	Implementación de planes de muestreo	Se pondrá a una persona a cargo de realizar inspecciones de acuerdo a un plan de aceptación.

Una vez realizada la lluvia de ideas con las propuestas de mejora para disminuir el impacto de las diferentes causas raíz, se escogen las más factibles para ser implementadas. Puesto que la gerencia demuestra gran interés en ofrecer un producto de calidad y disminuir el número de productos defectuosos, ha optado por tomar en cuenta todas las propuestas generadas entre el investigador y las personas cercanas a los procesos estudiados, esto quiere decir que serán tomadas en cuenta para ser implementadas a futuro y posteriormente realizar un estudio para comparar los resultados obtenidos.

Plan de implementación

De acuerdo a lo mencionado en la metodología, es fundamental establecer un plan de acción para las propuestas ya elegidas, para esto se utiliza el plan de acción 5W 2H que responden a preguntas acerca de los detalles de las actividades a realizar, a continuación, se muestra el plan propuesta.

Tabla 73 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño - Adquisición de un instrumento de medición.

Defecto:	Baja concentración de teñido	Causa raíz:	Inadecuada inspección de pH de baño	Solución:	Adquisición de un instrumento de medición
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Adquirir un instrumento de medición de pH que se de fácil manejo que permita llevar un registro del nivel del mismo, en el área de lavado y tinturado	Mediante la elección de un proveedor de que cumplan con las especificaciones del pHmetro establecido por el jefe de producción, operario e investigador.	En las instalaciones de la empresa.	La adquisición del instrumento estará a cargo del jefe producción en conjunto con el operario a cargo del proceso y el departamento de contabilidad.	La adquisición será inmediata una vez aprobado por alta gerencia	De acuerdo a la cotización realizada por el investigador presentada en el Anexo 9, el costo del instrumento de medición será de 56,00 \$ dólares americanos.

¿Qué beneficios tiene?

Con la adquisición del instrumento de medición y el formato establecido para el control de la medición del pH de baño, se podrá identificar de mejor manera la lavadora y la parada en la cual se presente el defecto analizado, así como el operario a cargo del proceso; de tal manera que se tendrá un registro el cual permitirá ir al gembá en el cual se está presentando el defecto



Figura 51 Medidor digital de pH.

Tabla 74. Registro semanal de pH de baño.

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA.							Registro semanal de pH de baño				
Unidad/Dpto.						Área/Proceso:					
Operario a cargo:											
Am= Azul marino			Alx= Azul lx			Apdg= Azul pdg					
Fecha:	Color			Lavadora			Parada	Nivel de pH	Observaciones		
	Am	Alx	Apdg	1.	2.	3.					

Tabla 75 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño - Calibración frecuente del instrumento de medición.








Defecto:	Baja concentración de teñido	Causa raíz:	Inadecuada inspección de pH de baño	Solución:	Calibración frecuente del instrumento de medición
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Calibrar el medidor de pH de manera frecuente y correcta para asegurar un nivel adecuado en cada color de pantalón.	Realizar la calibración del pH metro propuesto, se lo realizara dependiendo del tipo de instrumento.	La calibración del instrumento está dispuesta para el área húmeda, en el caso que se disponga un área en específico para el mantenimiento de equipos y herramientas.	La calibración del instrumento estará a cargo del jefe de producción y de los operarios con su respectiva socialización acerca de la calibración del pH metro.	La calibración se la realizara en un periodo de 1 vez quincenalmente.	De acuerdo a la cotización realizada por el investigador presentada en el Anexo 10, el costo de las soluciones será de 35,00 \$ dólares americanos para lo cual se ha tomado en cuenta el precio.
<p>Calibración: De acuerdo a los especificado en la norma ISO 9001 [87] en lo que respecta a la trazabilidad de las mediciones, como parte esencial para proporcionar confianza en la validez de los resultados de la medición, los equipos de medición de deben calibrarse y protegerse contra daños o deterioro; a lo especificado se debe realizar calibraciones al pHmetro utilizando las soluciones propias del instrumento propuesto en la actividad anterior, de tal manera que se pueda manejar los rangos de trabajo, los mismos que fluctúan entre 10,5 y 11,2 de acuerdo al color de cada pantalón, en el caso de que se requiera soluciones de calibración se propone la cotización del Anexo 11.</p>	<p>Pasos para una calibración adecuada [88]:</p>				
	<p>1. Limpiar la herramienta de medición de cualquier residuo resultante del proceso.</p>		<p>2. Contar con las soluciones calibradoras de pH recomendadas teniendo en cuenta que los tres niveles de pH más comunes para la calibración son 4.01, 7.01 y 10.01.</p>		<p>3. Limpiar un vaso desechable con agua destilada y secarlo [68].</p>
					
	<p>4. Verter la solución calibradora en el vaso de manera que la solución sea la necesaria para cubrir el electrodo o la superficie de contacto del pHmetro.</p>		<p>5. Asegurarse que el pHmetro se encuentre APAGADO antes de sumergirlo en la solución, ya en ella encenderlo y esperar a que se estabilice.</p>		<p>6. Si la lectura del pHmetro coincide con la de la solución utilizada, no se tiene que calibrar, caso contrario variar el indicador del medidor hasta ubicarla en la lectura correcta.</p>
					

Tabla 76 Plan de implementación área húmeda - Inadecua inspección de pH de baño – Incentivos a operarios y control visual (Andon).

Defecto:	Baja concentración de teñido	Causa raíz:	Inadecuada inspección de pH de baño	Solución:	Incentivos a operarios y control visual (Andon)
¿Qué se quiere hacer?	¿Cómo se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Motivar a los trabajadores con un alto rendimiento en la ejecución del proceso de lavado y tinturado por medio de incentivos.	Se realizará por medio de un plan de incentivos que permita motivar a los trabajadores a realizar de mejor manera sus actividades dentro de la empresa por medio de una bonificación semestral, además de contar con un control visual en el cual los trabajadores puedan identificar los tipos de defectos presentes en las prendas en el área de lavado y tinturado.	El plan de incentivos está dirigido a todos los trabajadores involucrados en el proceso productivo del índigo para hombre, y el control visual en el área húmeda.	El plan de incentivos se elaborado por el investigador al igual que el control visual	Control visual - Permanente Incentivos - Semestralmente	250 \$ dólares americanos anualmente

Tabla 77 Plan de incentivos a operarios.

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. Plan de incentivos a operarios 2021	
Resumen	
El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA., en busca de la mejora continua y con el objetivo de mejorar la calidad y la comunicación dentro de sus procesos productivos hace la entrega de una bonificación semestral a los operarios que hayan cumplido con el objetivo de la empresa, tomando en cuenta la eficacia y la eficiencia de los operarios al realizar sus actividades	
Propósito	
Motivar a los operarios, aumentar la productividad, fomentar una sana competencia los cuales generen beneficios a la empresa tales como disminuir la cantidad de defectos presentes en el pantalón índigo para hombre.	
Beneficiarios	
<ul style="list-style-type: none"> - Operarios de las diferentes áreas presentes en el proceso productivo - La empresa aumentara su productividad disminuyendo la cantidad de prendas defectuosas y por ende el número de reprocesos. 	
Incentivo	
Bono económico: <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad: 100,00 \$ dólares americanos. - Periodo: Semestralmente 	
Condiciones para ser elegible	
<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con las metas diarias de producción - Menor número de defectuosos - Iniciativa y liderazgo 	
Modo de evaluación	
El modo de evaluación estará a cargo del jefe de producción según el formato establecido por el investigar en el anexo U , para lo cual dicha evaluación se realizar mensualmente.	

Control visual (Andon) para el área húmeda

La siguiente tabla resume los defectos más frecuentes dentro del área húmeda respecto a la baja concentración de teñido los cuales serán presentados en un letrero en la parte más visible del área de trabajo.

Tabla 78 Defectos presentes en el área húmeda (Andon).



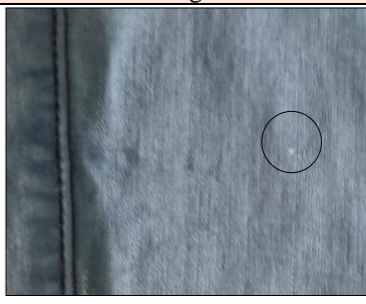


Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. Defectos presentes en el área húmeda			
Tipo de falla	Imagen	Tipo de falla	Imagen
Baja concentración de teñido Numero de defecto = (1)		Puntos claros en prenda Numero de defecto = (3)	
Manchas de colorante Numero de defecto = (2)		Amarillamiento de prenda Numero de defecto = (4)	
Nota: Los números de defectos se los coloca con cinta en el jean para ser contabilizados y realizar el análisis respectivo			

Tabla 79 Plan de implementación área húmeda - Erróneo proceso de desengomado – Estandarización del proceso de desengomado.

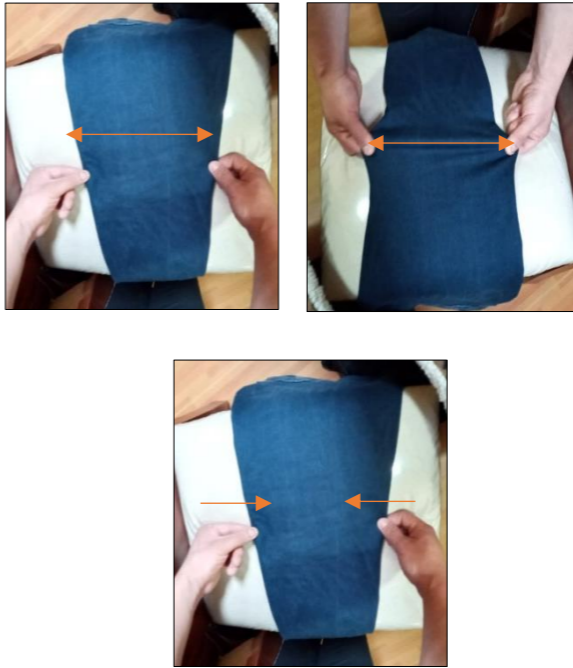
Defecto:	Licra en juego	Causa raíz:	Erróneo proceso de desengomada	Solución:	Estandarización del proceso de desengomado
¿Qué se quiere hacer?	¿Cómo se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Describir las actividades para realizar un proceso de desengomado correcto, el cual permita disminuir errores por parte de los operarios y por ende la cantidad de pantalones defectuosos.	Se propone estandarizar el proceso de desengomado, el cual contenga cada actividad a realizar, cantidades de materia prima, parámetros de tiempo y temperatura, para lo cual se toma como base estudios ya realizados con anterioridad y el ciclo de mejora continua PHVA.	La estandarización se realiza directamente en el área húmeda, puesto que es en esa donde se produce un mal proceso de desengomado.	La estandarización estará a cargo del supervisor, o a su vez, la empresa puede contar con la ayuda del investigador para la designación de dicha tarea por medio de un acuerdo.	La estandarización se la debe realizar una vez culminado el proyecto de investigación y su análisis de factibilidad, al mismo tiempo cuando la empresa tome sus decisiones.	Los gastos principales corresponden a mano de obra, valor que bordea un aproximado de 300,00\$ para la estandarización.
Planificar	Hacer	Verificar	Actuar		
<p>Inicio</p> <p>Recibir la orden de producción ejecutada por el jefe de producción.</p> <p>Verificar el correcto funcionamiento de máquinas y herramientas.</p>	<p>Encender la lavadora</p> <p>Incorporar prendas a lavadora → Cantidad: 65 prendas Peso: 25.35 kg</p> <p>Adición de agua → Cantidad: 253,5 l</p> <p>Calentar el baño (Agua con prendas) → Temperatura: 60-65 C</p> <p>Adicionar químicos → - Anti quiebre= 253,5 g - Detergente= 76,05 g - Dispersante= 63,38 g - Humectante= 126,5g</p> <p>Agotamiento → Temperatura =60 C Tiempo=10 minutos pH= 10,5-11,2</p> <p>Enjuague</p>	<p>Control de calidad de la prenda.</p> <p>Pruebas de elasticidad</p> 	<p>Frente a riesgos del proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar temperatura de caldero. - Verificar el correcto funcionamiento de la maquinaria. - Dar conocimiento al jefe de producción. 		

Tabla 80 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Plan de mantenimiento preventivo a caldero.

Defecto:	Licra en juego	Causa raíz:	Regulación inadecuada de temperatura del caldero	Solución:	Plan de mantenimiento preventivo a caldero
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Implementar un plan de mantenimiento preventivo para equipos y maquinas dentro de toda la empresa.	Se establecen las actividades que debe contemplar un plan de mantenimiento preventivo teniendo como base la norma ISO 9001 y estudios ya realizados en otras empresas.	El plan de mantenimiento está dirigido a todos los equipos y máquinas ubicados en todas las áreas de la empresa.	Los mantenimientos estarán a cargo de un técnico externo con los conocimientos necesarios y en otros casos los mismos operarios de cada área, siempre y cuando cuenten con la capacitación necesaria.	Los mantenimientos se realizarán en función de cada máquina y equipo, este mismo periodo se incluirá en el plan una vez completado.	La elaboración del plan de mantenimiento tendrá un costo en especial de mano de obra, costo aproximado de 850,00 \$ dólares americanos correspondientes al sueldo respectivo del técnico en mantenimiento establecido en la Tabla 85 y los suministros necesarios para la realización del mismo para completarlo.

Tabla 81 Plan de mantenimiento preventivo.

Plan de mantenimiento preventivo de la empresa LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.				
Objetivo: Mejorar la eficiencia y vida útil de la maquinaria y equipos utilizada durante el proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir, por medio de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA., de tal manera que se pueda reducir el riesgo por fallas o fugas, la probabilidad de paros de planta imprevistos y accidentes laborales.				
Codificación y listado de equipos y máquinas				
Se realiza un censo de todos los equipos y maquinas indispensables para el proceso de lavado de prendas de vestir que maneja la empresa, para esto se propone realizar la siguiente codificación de los equipos:				
Área	Nombre del equipo máquina	Número de máquina o equipo	Código del documento	Nombre del documento
LT	CEN	01	LT-CEN-01	Lavado y tinturado centrifugadora 01
Una vez con la codificación, se utiliza el formato del Anexo 13, el mismo que detallara todas las máquinas y equipos bajo mantenimiento.				
Ficha técnica de máquinas y equipos				
Todas las máquinas y equipos deben tener una ficha técnica, la cual debe contar con información tal como código, fabricante, fecha de fabricación, fecha de entrada a la empresa, número de serie entre otra información [87].				
Además, se recoge datos de contacto de las personas que suministraron el equipo o máquina, de tal manera que se los pueda contactar ante alguna avería o consulta. El responsable del mantenimiento debe guardar todo lo respecto a las máquinas y equipos, ya sea catálogos, manual de usuario, instrucciones de uso, esquemas y precauciones para evitar riesgos en personas o materiales. El formato propuesto se encuentra en el Anexo 12.				
Localización de máquinas y equipos				
Tanto los equipos y maquinas utilizadas en el proceso de lavado y tinturado de prendas de vestir, se encuentran distribuidas en áreas diferentes, las mismas que deben tener un croquis de su ubicación con su respectivo nombre [87].				
Historial de Revisiones y Reparaciones				
Se registrará cada una de las operaciones realizadas en el equipo o máquina, tanto si se trata de mantenimiento preventivo como correctivo.				
Con el fin de llevar un control de repuestos y gastos en el caso de sustitución o reparación de componentes de máquinas o equipo, su registro contara con la fecha, hora de parada de planta y características; todo realizado por parte del responsable en mantenimiento [87]. El formato se detalla en el Anexo 13.				
Registro de mantenimiento				
El responsable de mantenimiento (con ayuda de alta gerencia, el jefe de producción y operarios), elaborará un plan donde se reflejen las tareas periódicas a realizar para minimizar o hacer desaparecer las averías imprevistas que el equipo o máquina pueda sufrir. El formato propuesto se detalla en el Anexo 14.				

Tabla 82 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Contratación de un técnico en mantenimiento.

Defecto:	Licra en juego	Causa raíz:	Regulación inadecuada de temperatura en caldero	Solución:	Contratación de un técnico en mantenimiento.
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Contratar un técnico de mantenimiento que sea el encargado de mantener las máquinas y equipos funcionando de manera correcta, así como la reparación de las mismas.	Se trabajará en conjunto con el departamento o el encargado de talento humano para solicitar la contratación de un técnico en mantenimiento, el mismo deberá poseer un perfil profesional adecuado	El técnico estará a cargo de todas las máquinas y equipos que disponga la empresa en sus diferentes áreas de trabajo.	La gerencia junto con la persona o el departamento de talento humano, estarán a cargo de la contratación del técnico, así como verificar que cumpla con todos los requisitos necesarios.	La contratación se la realizara lo más pronto posible, puesto que la empresa cuenta con los recursos necesarios, así como la oportunidad de mejorar su proceso productivo.	Se debe tener en cuenta que la contratación será un gasto mensual aproximado de 850,00\$.

Tabla 83 Perfil profesional.

Perfil profesional	
Cargo	Técnico de mantenimiento
Instrucción	Tercer nivel / Bachiller técnico industrial, electromecánicos y/o eléctricos.
Área de estudios	Ingeniería/técnico
Capacitaciones / certificaciones	Cursos varios relacionados en función
Experiencia	<ul style="list-style-type: none"> - En el oficio de mínimo 1 año indispensable. - Disponibilidad inmediata y turnos rotativos.
Remuneración	- 650 \$ - 750 \$ más beneficios de ley
Competencias	<ul style="list-style-type: none"> - Atención al detalle - Autoaprendizaje - Optimización de tiempo y trabajo - Orientación al servicio y calidad - Trabajo en equipo y bajo presión
Objetivo	Mantener en condiciones operativas los equipos de la fábrica realizando mantenimiento preventivo y reparación de equipos
Actividades a desempeñar:	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar mantenimiento y reparación eléctrica y mecánica de equipos y/o máquinas. - Planificar, coordinar y controlar el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y sistemas eléctricos, electrónicos y/o mecánicos. - Mantener ficha por equipo para control de mantenimiento. - Realizar mantenimiento preventivo y correctivo. - Capacitar al personal de planta para el buen uso de equipos. - Realizar programación de las labores de mantenimiento que se van a ejecutar. - Elaborar informes periódicos de las actividades realizadas. - Montar equipos e instalaciones industriales. - Otras actividades relacionadas con el cargo ordenadas por su jefe inmediato.

Tabla 84 Plan de implementación área húmeda – Regulación in adecuada de temperatura del caldero – Programa de capacitación a trabajadores.

Defecto:	Licra en juego	Causa raíz:	Regulación inadecuada de temperatura en caldero	Solución:	Programa de capacitación a trabajadores
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Elaborar un programa de capacitación a trabajadores para cubrir todos los temas en los que los trabajadores presenten problemas.	Se establecen las actividades que debe contemplar un programa de capacitación teniendo como base la norma ISO 9001 y estudios ya realizados en otras empresas.	El programa de capacitación está dirigido a todos los trabajadores ubicados en todas las áreas de la empresa.	El investigador será el encargado de elaborar el programa de capacitación y su aplicación será por parte de personal interno de la empresa ya sea por el jefe de producción o un encargado con los conocimientos necesarios.	La aplicación del programa de capacitación quedara en función de alta gerencia y su aprobación.	La realización del programa de capacitación tendrá un costo en especial de mano de obra, costo aproximado de 100,00\$ para completarlo, debido a que el investigador aportará con cerca de la mitad del plan.

Tabla 85 Programa de capacitación.

Programa de capacitación a trabajadores de la empresa LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.									
Justificación: El recurso más importante dentro de una empresa es el conocimiento de las personas que la integran, El LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA., a través de los años ha demostrado gran interés por brindar un producto que cumpla con las especificaciones del cliente, sin embargo, existe un gran número de productos defectuosos resultado de factores como el desconocimiento de los procesos productivos, maquinaria y equipos, al notar esto, la empresa con el fin de incrementar la productividad y calidad del trabajo, busca implementar un programa de capacitación a trabajadores de las diferentes áreas de la empresa.									
Alcance: El presente programa de capacitación tiene un periodo de 1 año, las áreas involucradas serán los del proceso productivo.									
Fines del programa de capacitación: La empresa busca cubrir todas las falencias de los trabajadores las cuales traen como consecuencia pantalones defectuosos, estos son: <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar el manejo de herramientas por parte de los trabajadores - Mantener a los trabajadores actualizados acerca de los procesos productivos - Mantenimiento y calibración adecuada de máquinas y equipos - Disminuir la cantidad de pantalones defectuosos en las diferentes áreas - Mantener la salud física y mental de los trabajadores, así como prevenir riesgos laborales 									
Objetivo general: Capacitar a los trabajadores del área productiva de El LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. para disminuir el número de productos defectuosos producidos por desconocimiento de métodos de trabajo, maquinaria y equipos.									
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar información y orientación acerca de métodos de trabajo y como aplicarlos correctamente. - Proveer conocimientos acerca de manejo de equipos y máquinas, así como su calibración y limpieza. - Socializar temas con respecto a buenas prácticas de limpieza en el área de trabajo. - Ampliar y actualizar los conocimientos requeridos en cada área de la empresa. 									
Recursos:									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Humanos</th> <th>Materiales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jefe de producción</td> <td>Infraestructura: La empresa contara con un espacio físico que brinde las condiciones necesarias para desarrollar las capacitaciones.</td> </tr> <tr> <td>Técnico en Mantenimiento</td> <td>Mobiliario, equipo, otros: Mesas, sillas, pizarrón, plumones, equipo multimedia y material didáctico necesario.</td> </tr> <tr> <td>Experto externo</td> <td>Documentos: Material de estudio, registro de asistencia.</td> </tr> </tbody> </table>	Humanos	Materiales	Jefe de producción	Infraestructura: La empresa contara con un espacio físico que brinde las condiciones necesarias para desarrollar las capacitaciones.	Técnico en Mantenimiento	Mobiliario, equipo, otros: Mesas, sillas, pizarrón, plumones, equipo multimedia y material didáctico necesario.	Experto externo	Documentos: Material de estudio, registro de asistencia.
Humanos	Materiales								
Jefe de producción	Infraestructura: La empresa contara con un espacio físico que brinde las condiciones necesarias para desarrollar las capacitaciones.								
Técnico en Mantenimiento	Mobiliario, equipo, otros: Mesas, sillas, pizarrón, plumones, equipo multimedia y material didáctico necesario.								
Experto externo	Documentos: Material de estudio, registro de asistencia.								
Financiamiento: El monto de inversión para el programa de capacitación será desembolsado de los fondos de la empresa.									

Cronograma:

Tabla 86 Programa de capacitación 2021.


LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.																	
Actividades a desarrollar	Centro de capacitación	Duración	Horario disponible	Mes													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Socialización de las actividades en los diferentes procesos productivos	Empresa	25 horas	Lunes o martes (8:30 a 17:30)														
Capacitación a operarios sobre el uso, mantenimiento y calibración de máquinas de la empresa	Empresa	40 horas	Lunes o martes (8:30 a 17:30)														
Capacitación a operarios sobre el uso adecuado de equipos y herramientas	Empresa	40 horas	Lunes o martes (8:30 a 17:30)														
Socialización a empleados sobre técnicas de manejo de prendas	Empresa	20 horas	Lunes o martes (8:30 a 17:30)														
Capacitación sobre buenas prácticas de limpieza	Empresa	20 horas	Lunes o martes (8:30 a 17:30)														

Tabla 87 Plan de implementación área de sandblasting – Desconocimiento de métodos de trabajo – Manual de actividades al aplicar la solución de permanganato de potasio.


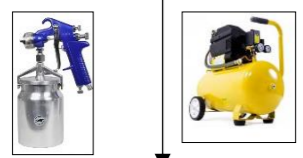
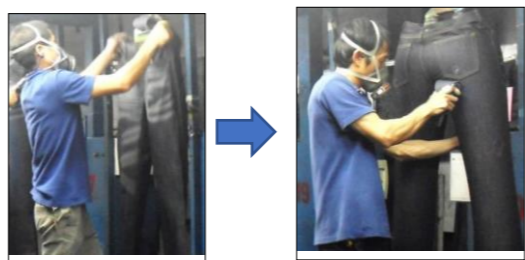
Defecto:	Manchas por pistola	Causa raíz:	Desconocimiento de métodos de trabajo	Solución:	Control visual de actividades para la aplicación de la solución de permanganato de potasio	
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?	
Describir las actividades para realizar una aplicación correcta de la solución de permanganato de potasio, el cual permita disminuir errores por parte de los operarios y por ende la cantidad de pantalones defectuosos.	Establecer las actividades que debe realizar el operario por medio del ciclo PHVA.	En el área de sandblasting al momento que los operarios realicen la decoloración de las prendas	La estandarización estará a cargo del supervisor, o a su vez, la empresa puede contar con la ayuda del investigador para la designación de dicha tarea por medio de un acuerdo.	En el área de sandblasting al momento que los operarios realicen la decoloración de las prendas	El valor aproximado de realizar el manual de actividades será principalmente por mano de obra y materiales valorado en 300,00\$.	
Planificar		Hacer		Verificar		Actuar
<p>Inicio</p> <p>Colocarse el equipo de protección personal necesaria.</p>  <p>Verificar el correcto funcionamiento de máquinas y herramientas</p>  <p>Tener lista la solución de permanganato de potasio</p>		<p>Montar las prendas en el coche hasta las boyas</p> <p>Ubicar las prendas en las boyas e inflarlas</p> <p>Ubicarse a una distancia adecuada</p> <p>Regular la presión de la pistola, así como su boquilla</p> <p>Aplicar la solución de permanganato de potasio</p> <p>Evitar cargas las prendas manualmente</p> 		<p>Comprobar el color del pantalón</p> <p>Verificar que no exista salpicaduras de solución</p> <p>Verificar la presión del compresor</p> <p>Ubicación de las prendas en el coche</p>		<p>Frente a riesgos del proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presión de la pistola de aire: Se debe conocer la presión adecuada para la pistola por medio de diversas pruebas e identificar la adecuada. - Posición: Se debe mantener una posición del cuerpo al momento de aplicar la solución de permanganato de potasio, evitando posturas incorrectas y no ergonómicas, las mismas que puedan ocasionar manchas en las prendas. - Solución: Se medirá la concentración de permanganato de potasio ya que su aplicación debe ser regular y sin salpicaduras. - Calidad de aire: Se debe asegurar que la calidad de aire con el que funciona la pistola sea la adecuada, aire seco sin aceite ni agua.

Tabla 88 Plan de implementación área de sandblasting – Boquilla de pistola obstruida – Limpieza de la herramienta de trabajo.

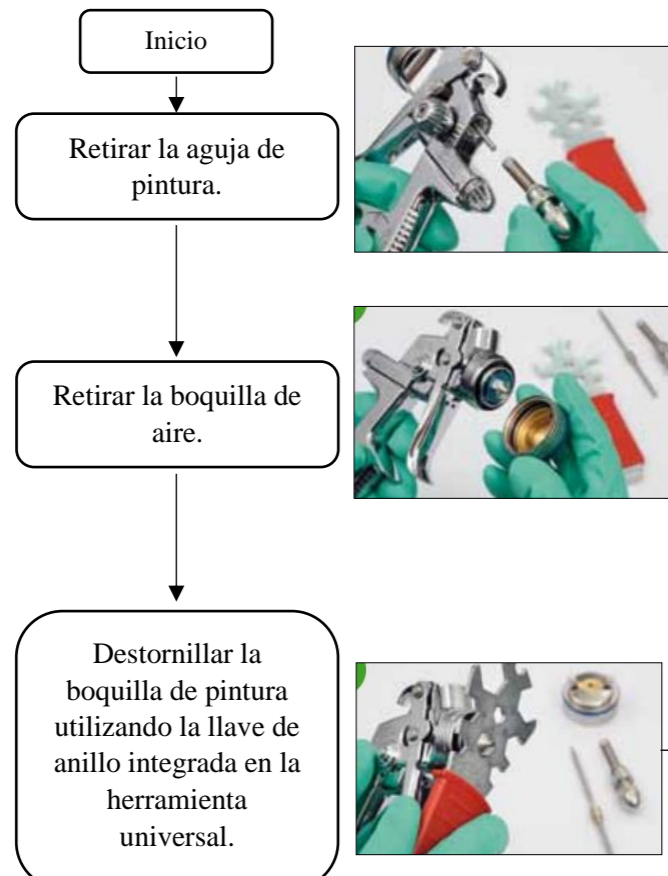
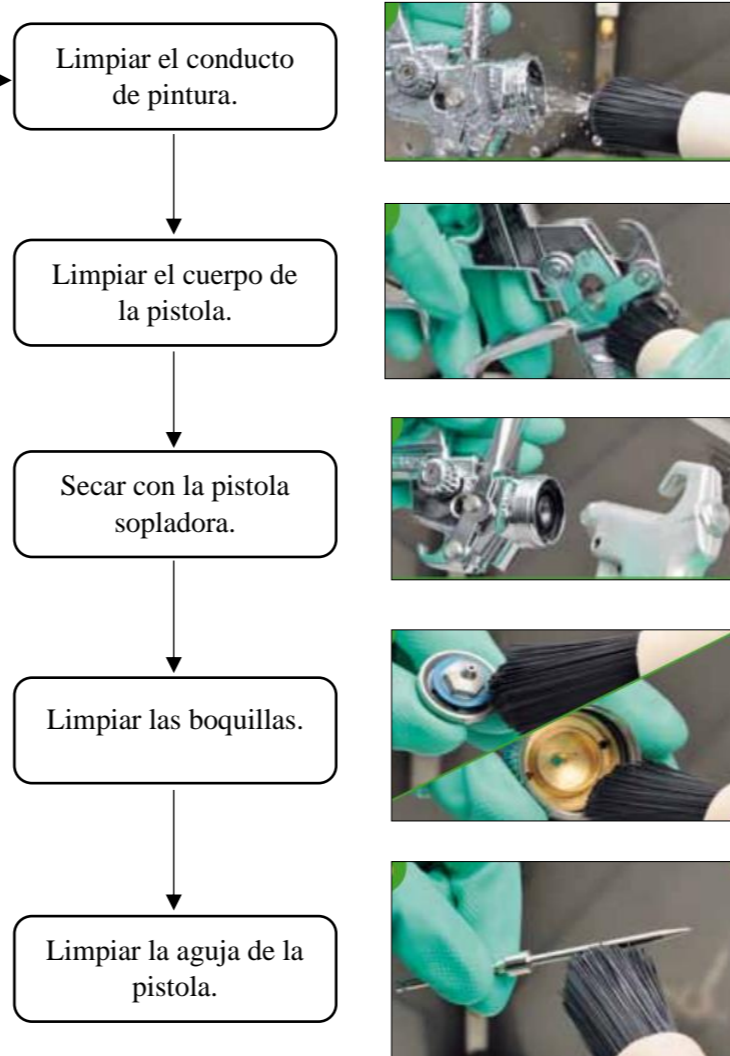
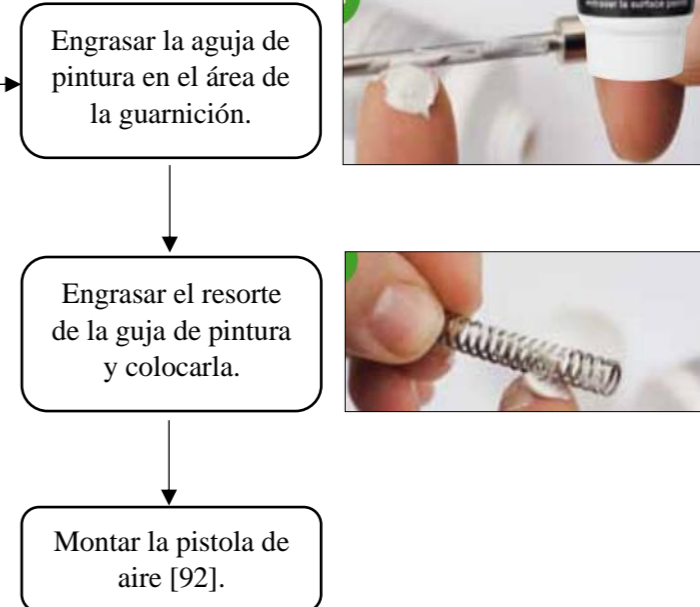

Defecto:	Manchas por pistola	Causa raíz:	Boquilla de pistola obstruida	Solución:	Limpieza de la herramienta de trabajo
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Realizar la limpieza de la pistola de aire comprimido, de manera que la boquilla de la misma no llegue a obstruirse y por ende manchar a las prendas.	Para realizar la limpieza primero se debe conocer como desmontar la herramienta de trabaja, para lo cual se toma como base el análisis de la herramienta y el ciclo de mejora continua PHVA.	La limpieza de la herramienta se realizará en el área de Sandblasting, cada cierto periodo.	El encargado de realizar la limpieza será el mismo operador, el cual por medio de una socialización y este manual tendrá presente las actividades a realizar.	La limpieza de la herramienta de trabajo debe ser diaria, una vez terminado el proceso.	Al ser durante el transcurso del día, la aplicación de la propuesta no tendrá costo, puesto que los mismos operarios al terminar el proceso de SandBlas tendrán como tarea realizar la limpieza de la pistola de aire.
Planificar el desmontaje		Hacer la limpieza		Verificar y Actuar	
<p>Inicio</p> <p>Retirar la aguja de pintura.</p> <p>Retirar la boquilla de aire.</p> <p>Destornillar la boquilla de pintura utilizando la llave de anillo integrada en la herramienta universal.</p> 		<p>Limpiar el conducto de pintura.</p> <p>Limpiar el cuerpo de la pistola.</p> <p>Secar con la pistola sopladora.</p> <p>Limpiar las boquillas.</p> <p>Limpiar la aguja de la pistola.</p> 		<p>Engrasar la aguja de pintura en el área de la guarnición.</p> <p>Engrasar el resorte de la guja de pintura y colocarla.</p> <p>Montar la pistola de aire [92].</p> <p>NOTA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los materiales utilizados como pinceles o brochas deben estar libres de hilos metálicos - Evitar que los líquidos utilizados para la limpieza de la pistola lleguen a los conductos de aire de la misma. - Dejar la pistola conectada ala red de aire con un caudal mínimo de aire [92]. 	

Tabla 89 Plan de implementación área de sandblasting – Diseño de estaciones de trabajo – Rediseño de estaciones de trabajo.

Defecto:	Manchas por arrastre	Causa raíz:	Diseño de estaciones de trabajo no acorde a especificaciones	Solución:	Rediseño de la estación de trabajo
¿Qué se quiere hacer?	¿Como se lo va a realizar?	¿Dónde se lo va a realizar?	¿Quién lo va a realizar?	¿Cuándo se a realizar?	¿Cuánto costará?
Estructurar de mejor manera la estación de trabajo, de manera que está presente las condiciones necesarias para evitar que las prendas tiendan a mancharse.	Se propone realizar un estudio para el rediseño de la estación de trabajo, la misma que cuente con las condiciones necesarias para la aplicación del permanganato de potasio (bajo de tono) sin que las prendas tiendan a tener contacto con el piso, además que su ubicación sea la correcta.	El rediseño de la estación de trabajo corresponde a SandBlas	El encargado de realizar el estudio del rediseño de la estación de trabajo es el jefe de producción con ayuda de un técnico con los conocimientos necesarios en la materia. La empresa puede optar como un proyecto de titulación en conjunto con estudiantes universitarios de la región.	La aplicación será inmediata una vez con la aprobación de la alta gerencia.	El valor aproximado del rediseño de la estación de trabajo dependerá del estudio realizado.

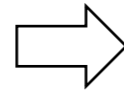
Tabla 90 Consideraciones para el rediseño de estaciones de trabajo.

Consideraciones para el rediseño de la estación de trabajo
<p>Altura de las boyas</p> <p>Las boyas utilizadas como base para las prendas deben estar a una altura en la cual los trabajadores puedan ubicar las prendas sin que estas tengan contacto con el piso, y de forma que, al momento de aplicar la solución de permanganato de potasio, se lo pueda realizar de forma completa y estandarizada.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>La altura de la boya debe ser variable, de tal manera que la colocación de la prenda sea más sencilla y esta no tenga contacto con el piso.</p> </div> </div>
<p>Espacio</p> <p>El área de trabajo debe ser amplio y suficiente, de tal manera que el operario pueda moverse con facilidad con la herramienta de trabajo y el producto.</p>
<p>Herramientas de trabajo</p> <p>Las herramientas de trabajo en especial la pistola de aire debe tener sus conexiones en buen estado y ubicadas, de tal modo que no se convierta en un riesgo para la seguridad del operario o un factor de fallo en las prendas.</p>
<p>Seguridad industrial</p> <p>Los operarios deberán contar con todas las medidas de protección, EPPs y conocimientos básicos de riesgos laborales que se pueden materializar dentro de su lugar de trabajo.</p>

Consideraciones para el rediseño de la estación de trabajo

Ergonomía: Se debe analizar la postura correcta que debe tener el operario al realizar las actividades de sandblasting, así como los riesgos para la salud que puede tener; el estudio debe tener como objetivo el diseño correcto de la estación de trabajo de tal modo que se pueda reducir los efectos adversos al trabajar de pie. Se debe tomar en cuenta lo siguiente [89]:

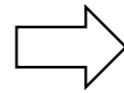
¿Qué problemas causa el trabajo de pie?



- Fatiga muscular en extremidades inferiores
- Molestias en la espalda (región lumbar)
- Aumento del volumen de los pies (edema)



Recomendaciones Preventivas



- Alternar la postura de trabajo
- Utilizar calzado blando y cómodo
- Usar barras apoya-pie
- Ejecutar ejercicios compensatorios



Tabla 91 Plan de implementación área de manualidades – Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo – Manual de actividades.

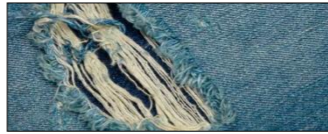


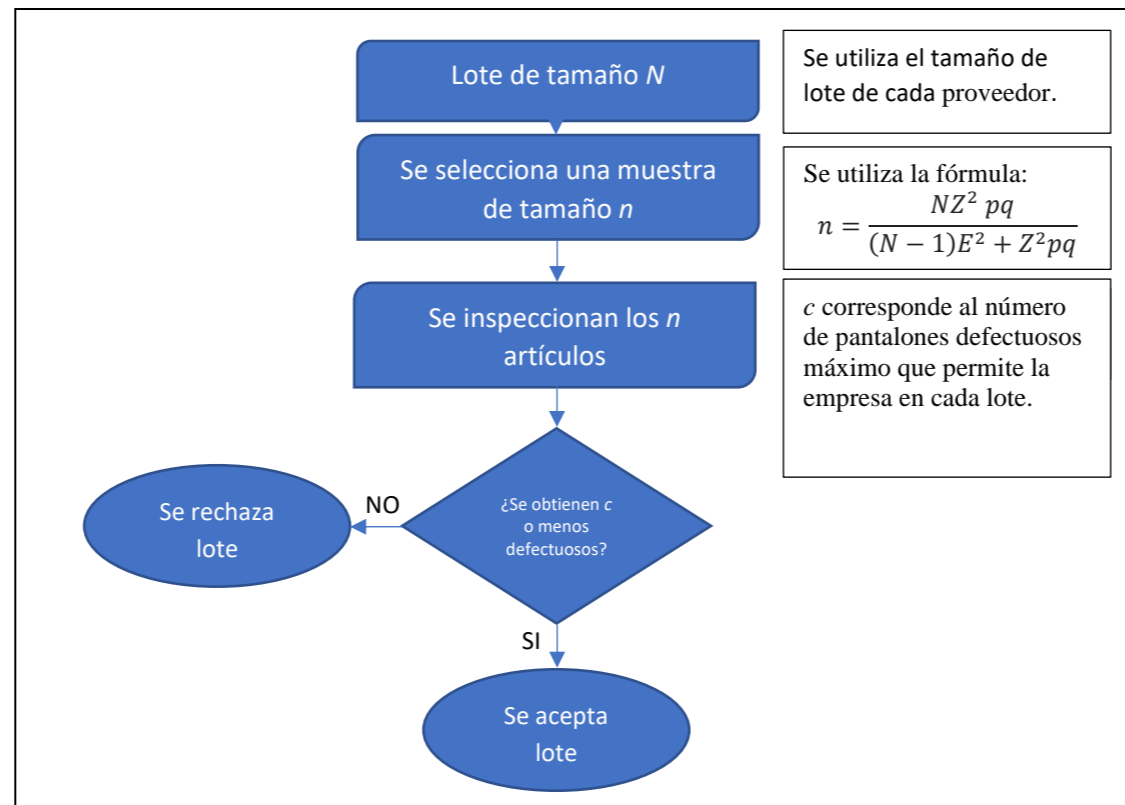
Defecto:	Distorsión de color	Causa raíz:	Inadecuada aplicación de técnicas de trabajo	Solución:	Ando de actividades para la correcta aplicación de técnicas de trabajo
¿Qué se quiere hacer?	Como se lo va a realizar	Donde se lo va a realizar	Quien lo va a realizar	Cuando se a realizar	Cuanto costara
Elaborar un manual de actividades que contemple las técnicas adecuadas de trabajo al momento de realizar las manualidades al pantalón.	Se emplea los criterios s tomar en cuenta al momento de realizar las diferentes manualidades en las prendas, tomando en cuenta el ciclo PHVA.	La aplicación se la realizara en el área de manualidades con las herramientas y equipos de esta área.	El encargado de realizar el manual con las actividades será el jefe de producción con ayuda del operario más experimentado del área.	La aplicación será inmediata una vez con la aprobación de la alta gerencia.	El valor aproximado de realizar el manual de actividades será principalmente por mano de obra y materiales valorado en 100,00\$.
Planificar	Hacer		Verificar	Actuar	
<p>Inicio</p> <p>↓</p> <p>Generar la orden de producción con las manualidades requeridas</p> <p>↓</p> <p>Verificar es estado de los materiales y herramientas</p>	<p>Motor tool o Destroyer</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Revisar que la herramienta de trabajo sea la adecuada (lija de agua) • Utilizar la lija con precaución <p>Bigotes</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Revisar el nivel de desgaste de la prenda, puede ocasionar agujeros • Evitar que se pierdan hilos <p>Plastiflechado</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Usar la pistola marcadora con cuidado • Evitar que se pierdan hilos al momento de plastiflechar 		<p>El número de manualidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hilos sueltos • Agujeros • Desgastes innecesarios 	<p>Buscar la fuente del problema</p> <p>Operario ↔ Materiales y/o herramientas</p> <p>↓</p> <p>Comunicar al jefe de producción o jefe de área</p>	

Tabla 92 Plan de implementación área de manualidades – Mal control de materia prima – Implementación de planes de muestreo interno.

Defecto:	Rayas en prendas	Causa raíz:	Mal control de materia prima	Solución:	Implementación de planes de muestreo interno
¿Qué se quiere hacer?	Como se lo va a realizar	Donde se lo va a realizar	Quien lo va a realizar	Cuando se a realizar	Cuanto costara
Realizar un análisis por medio de un plan de muestreo de aceptación al terminar los procesos anteriores a manualidades.	Se realiza un plan de muestreo de aceptación simple el cual servirá de indicador para conocer el estado en el que las prendas se encuentran luego de pasar por el proceso de lavado y tinturado.	La aplicación se la realizara en el área de manualidades con las herramientas donde se presentan defectos ajenos al proceso y causado en procesos anteriores.	El encargado de realizar la inspección será el operario que se encuentre a cargo, el mismo que debe tener el conocimiento y capacitación para la recolección de datos, posteriormente el jefe de producción podrá procesar y analizar los mismos.	La aplicación será inmediata una vez con la aprobación de la alta gerencia.	El valor aproximado radica principalmente en mano de obra, teniendo así un costo aproximado de 100,00\$.



Se debe tomar en cuenta que la empresa cuenta con tres proveedores, de los cuales recibe una cantidad promedio de 400 pantalones semanalmente, los cuales se debe aplicar un muestreo de aceptación ya que en la inspección al 100% podría dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestreo, e implicar pérdidas de tiempo y mano de obra. Para esto se debe realizar un formato en el que deba contar las características a tomar en cuenta al momento de inspeccionar como:

- Color del pantalón
- Textura del pantalón
- Hilos sueltos
- Manchas

Análisis de factibilidad

Tabla 93 Análisis de factibilidad.

Factibilidad	Descripción
Aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none">- Las condiciones de la empresa y de los procesos de fabricación son adecuados para implementar las propuestas de mejora.- Se cuenta con la maquinaria, equipos y herramientas que son de fácil utilización, pero deben ser mejoradas.- Se cuenta con la adecuada información la cual se basa en la metodología Six Sigma.
Operativa	<ul style="list-style-type: none">- La ejecución de las soluciones planteadas de mejora tiene como responsable directo al jefe de producción y encargado de área.
Económica	<ul style="list-style-type: none">- La gerencia el LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. se ha comprometido con el financiamiento de los recursos para mejorar el proceso productivo de lavado y tinturado de prendas de vestir.
Beneficiarios	<ul style="list-style-type: none">- Los beneficiarios son directamente los clientes los cuales van a recibir una prenda de calidad, del mismo modo la empresa ya que está encaminada a la mejora continua de sus procesos.

3.2.5 Fase de control

A través del desarrollo de las propuestas de mejora esta fase tiene como meta lograr que las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se generalicen y ayuden a la mejora continua de la empresa a través del tiempo.

Por ello mediante la elaboración de formatos de registros de control de calidad propuestos anteriormente se pretenden registrar los diferentes defectos encontrados en el proceso productivo para posteriormente gestionarlos correctamente, disminuir el fallo y reducir su aparición. El registro de los formatos y su anexo correspondiente se presentan la Tabla 94.

Tabla 94 Control de propuestas de mejora.

Problema	Solución	Medio y/o herramientas de control	Descripción
Baja concentración de teñido	Adquisición de un instrumento de medición	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro semanal de pH de baño Tabla 76. ➤ Cotización del instrumento Anexo 10. 	Se debe llevar un registro semanal del nivel de pH de baño con el fin de tener un historial y evidencia de niveles de pH en cada parada y máquina.
	Calibración y mantenimiento frecuente del instrumento de medición	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro de mantenimiento preventivo Anexo 14. ➤ Cotización de soluciones calibradoras de pH Anexo 11. 	Se controlará el mantenimiento de máquinas y equipos por medio de registros que los operarios o el encargado deberán llenar para su posterior presentación.
	Incentivos a operarios y control visual (Andon)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plan de incentivos Tabla 79. ➤ Andon de los defectos presentes en el área húmeda Tabla 80. ➤ Hoja de control de calidad Anexo 5. 	Se ubicará los andon propuestos de tal manera que el operario reconozca cada uno de los defectos presentes en el área.
Licra en juego	Estandarización del proceso de desengomado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control visual de las pruebas de elasticidad Tabla 81. 	Se ubicará los andon propuestos de tal manera que los operarios puedan realizar el control de elasticidad en las prendas.
	Plan de mantenimiento preventivo a caldero	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plan de mantenimiento preventivo de la empresa ➤ Registro de mantenimiento Anexo 14. 	Se controlará el mantenimiento de máquinas y equipos por medio de registros que los operarios o el encargado deberán llenar para su posterior presentación

	Contratación de un técnico en mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento del perfil profesional Tabla 85. 	El personal contratado deberá cumplir con la mayoría de los requisitos establecidos en el perfil propuesto.
	Programa de capacitación a operarios	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Programa de capacitación Tabla 87. ➤ Registro de capacitación 	Se controlará la asistencia de todos los trabajadores a las capacitaciones por medio de registros de asistencia.
Manchas por pistola	Control visual de actividades para la aplicación de la solución de permanganato de potasio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control visual de la correcta aplicación de la solución de permanganato de potasio Tabla 89. 	El trabajador deberá guiarse del andon propuesto y ubicado en un lugar estratégico del área.
	Limpieza de la herramienta de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manual de la limpieza de la herramienta de trabajo Tabla 90. 	Se socializará el manual de limpieza a los trabajadores de tal manera que conozcan el correcto procedimiento de limpieza de la herramienta de trabajo.
Manchas por arrastre	Rediseño de la estación de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Consideraciones para el rediseño de las estaciones de trabajo Tabla 92. 	Al momento de realizar el rediseño de la estación de trabajo se debe tener en cuenta las consideraciones establecidas por el investigador.

Distorsión de dolor	Control visual para la correcta aplicación de técnicas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hoja de actividades para el área de manualidades Tabla 93. 	Se socializará las actividades que deben realizar y las precauciones que deben tener los trabajadores al momento de realizar las manualidades en cada una de las prendas.
Rayas en prenda	Implementación de planes de muestreo interno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hoja de control de calidad Anexo 5. 	Se monitoreará los procesos anteriores a manualidades de tal forma que se identifiquen el estado de los mismos por medio de una hoja de control de fallos.

Métricas a medir variabilidad y capacidad

Como parte esencial de control, se debe medir nuevamente el estado de los procesos productivos y los defectos que presentan los productos, tanto la variabilidad como la capacidad de estos procesos deben ser medidos nuevamente a través de las diferentes métricas, cartas de control e informes de capacidad; todo con el fin de comprobar los resultados de las propuestas de mejora planteadas con anterioridad.

Tabla 95 Métricas a medir variabilidad y capacidad.

Área	Métricas	Cartas de control	Capacidad del proceso
Húmeda	PPM, Yield	Carta P (Proporción de defectuosos).	Informe de capacidad del proceso binomial. (minitab)
Sandblasting	DPO o DPM, Yield	Carta C (Número de defectos)	Informe de capacidad de Poisson. (minitab)
Manualidades	DPO o DPM, Yield	Carta C (Número de defectos)	Informe de capacidad de Poisson. (minitab)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- De acuerdo al diagnóstico realizado a la empresa El Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LDTA., se evidenció existencia de fallas dentro del proceso productivo, lo que genera reprocesos en las prendas de vestir al no cumplir con los estándares de calidad haciendo uso de recursos innecesarios.
- Según el análisis de las fallas recolectados mediante la metodología de Pareto se obtuvieron como pocos vitales en área húmeda: licra en juego 36,6 % y baja concentración de teñido 36,6 %; en el área de sandblasting: manchas por pistola 42,3 % y manchas por arrastre 40,7 %, finalmente en el área de manualidades: distorsión de color 53,1 % y rayas en prenda 28,4 %.
- En base al estudio estadístico se determinó el nivel Sigma de cada una de las áreas con los siguientes resultados: el área húmeda registro un nivel de 3,05 σ con una eficiencia del 93,92 %, el área de sandblasting un nivel de 3,53 σ con una eficiencia del 97,90 % y el área de manualidad con un nivel de 3,56 σ con una eficiencia del 98 % por lo que el rendimiento global del proceso corresponde a un nivel de 3,38 σ con una eficiencia del 96,61 %, que a pesar de no ser tan bajo, no permite alcanzar una buena satisfacción de los clientes del servicio ofertado.
- Para completar el análisis estadístico la carta de control “P” para atributos en el área húmeda, indica que el proceso no es estable al tener puntos fuera de sus límites de control originados por causas especiales al proceso que no siempre se encuentran dentro del mismo pero que se necesitan tomar medidas correctivas. En cuanto al área de sandblasting y manualidades la carta de control “C” para atributos, nos indica que sus datos fluctúan de una manera aleatoria a lo largo del ancho de sus límites de control, las causas de su variabilidad son de tipo común , es decir; la amplitud de su variación se mantiene constante en un periodo de tiempo de corto, y a largo plazo representando oportunidades de mejora.

- Mediante el análisis (R&R) en el proceso de sandblasting se desprende que el problema radica en el criterio de evaluación del mismo operador, es decir, desconocen el método de como evaluar la prenda y sobre que defecto se va inspeccionar; esto indica un el valor de repetibilidad del 22,22% por encima del valor de la reproducibilidad con un valor del 16,11%. De la misma manera el valor de reproducibilidad muestra que existen operadores que comparten un criterio de aceptación más exigente 18,33% correspondiente al jefe de producción y el encargado de área quienes son las personas que tiene mayor experiencia en la ejecución del trabajo, por lo que al tener un valor alto de exigencia da a conocer una oportunidad de mejora en cuanto al entrenamiento de operadores.
- Según los estudios realizados se establece un plan de mejora mediante la técnica de los 5W + 2H, que permita reducir la variabilidad de los procesos, el cual consta de actividades que van a lograr mitigar la aparición de los defectos e incrementar el nivel de calidad de los procesos en cada área, cumpliendo así con los requisitos del cliente y satisfaciendo sus necesidades.

4.2 Recomendaciones

- Destinar un departamento de calidad que controle los procesos y permita impartir capacitaciones a los operarios sobre la importancia de llevar adecuadamente los procesos para que así las prendas cumplan con los requerimientos establecidos por los clientes.
- Exigir a los operarios llenar correctamente las hojas de control, hojas de verificación y un correcto seguimiento de los andon propuestos por el investigador ya que mediante estos datos se puede realizar un análisis correcto de calidad, que permitirá tomar las respectivas acciones de mejora en el proceso.
- Se propone que a partir de las mejoras expuestas se realicen estudios de mayor profundidad respecto a los temas tratados como el rediseño de las estaciones de trabajo, así de esta manera se pueda tener bases más sustentables con las que se pueda partir al realizar un nuevo estudio de control de calidad.
- Implementar de manera inmediata las mejoras propuestas con el fin de aumentar la capacidad del proceso productivo y alcanzar la mejora continua.

- Realizar nuevamente las cartas de control, así como actualizar la matriz de análisis de modo y efecto de falla AMEF, cada vez que aparezca una nueva falla, con el propósito de conseguir una mejora continua en el proceso productivo.
- Con el fin de incrementar la productividad de los procesos es necesario aplicar herramientas de otra perspectiva de la ingeniería como la Distribución de planta ya que es un aspecto clave para la eficiencia de las operaciones y la utilización efectiva del espacio de trabajo. De la misma manera aplicar técnicas y/o herramientas de Lean Manufacturing, con el propósito de mejorar la calidad de las prendas de vestir.

4.3 Referencias Bibliográficas

- [1] B. Resta, P. Gaiardelli, R. Pinto y S. Dotti, «Enhancing environmental management in the textile sector: An organisational-life cycle assessment approach,» *Journal of cleaner production*, vol. 135, n° 1, pp. 620-632, 2016.
- [2] O. Parra, ««Estrategia empresarial para la mejora de un sistema de gestión de la calidad basada en procesos, aplicada a la fábrica textil,» La Internacional S.A., Quito, 2014.
- [3] G. López, «Metodología Six-Sigma: calidad industrial,» Baja California, 2011.
- [4] A. Ulloa y R. Paúl, ««Detección automática de defectos en telas basado en la demodulación AM-FM,» Lima, 2009.
- [5] V. Vásquez, «Propuesta de mejora en el proceso de tejido para disminuir el porcentaje de defectos en el área de producción de la empresa Cofaco Industries S.A.C,» Lima, 2017.
- [6] J. Pineda, «Implementación del control estadístico para la calidad en la empresa "Sofos Multisport" en la línea de confección de calentadores para mejorar la capacidad del proceso y productividad,» Quito, 2016.
- [7] R. Ramírez y D. Ampudia, «Factores de competitividad empresarial en el sector comercial,» *RECITIUTM*, vol. IV, n° 1, pp. 16-32, 2018.
- [8] J. Hickeldeyn, R. Dekkers y J. Kreutzfeldt, «Productivity of product design and engineering processes,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. XXXV, n° 4, pp. 458-186, 2015.
- [9] M. Álvarez y R. de la Cruz, «Procedimiento para la mejora de los procesos del Sistema Integrado de Gestión de la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería, que permita incrementar la eficiencia y eficacia del producto terminado,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. IX, n° 2, pp. 1-14, 2015.

- [10] D. Zavala y A. Ortega, «La calidad como factor clave para el éxito de la industria textil en Guanajuato,» *Investigación Científica*, vol. II, n° 1, 2016.
- [11] C. Millán, O. Montaña y J. Corona, «Desarrollo de una metodología Lean-Six Sigma para una pyme mexicana,» Pachuca de Soto, Hidalgo, 2017.
- [12] C. Hernández y F. Da Silva, «Aplicación del control estadístico d procesos (CEP) en el control de su calidad,» *Tecnología Química*, vol. XXXVI, n° 1, pp. 130-145, 2016.
- [13] L. Silva y M. Oliveira, «Application of the Six Sigma methodology for improving procesees using DMAIC cycle: a case study at an automotive company,» *Exacta*, vol. XV, n° 2, pp. 223-232, 2017.
- [14] J. Cardiel y R. Baeza, ««Development of a system dynamics model basad on Six Sigma methodology,» *Ingeniería e Investigación*, vol. XXXVII, n° 1, pp. 80-90, 2017.
- [15] G. Facho, «Mejora de procesos en una empresa textil exportadora mediante la metodología Six Sigma,» Lima, 2017.
- [16] R. Adikorley y L. Rothenberg, «Lean Six Sigma applications in thr textile industry: a case study,» *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. VIII, n° 2, pp. 210-224, 2017.
- [17] R. J. H. Acosta y T. J. F. Herrera, *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*, B. -. EUMED, Ed., Barranquilla, 2011.
- [18] C. Gastelum-Acosta, J. Limon-Romero, M. Maciel-Monteon y Y. Baez-Lopez, «Seis Sigma en Instituciones de Educación Superior en México,» *Scielo*, vol. XXIX, n° 5, 2018.
- [19] E. N. Albert, V. G. Soler y A. I. P. Molina, «Metodología e implementación de Six Sigma,» *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, pp. 73-80, 2017.
- [20] J. F. Villarreal, «Planeación y Distribución de Instalaciones,» 2013.

- [21] N. C. Pande, *Las claves de Seis Sigma*, Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana, 2004.
- [22] Fxtrader, «Six Sigma: La alta calidad puede disminuir los costos y aumentar la satisfacción del cliente,» 2010.
- [23] S. LUIS, L. GARCIA y F. VILLARREAL, «SIX SIGMA: FACTORES Y CONCEPTOS CLAVES,» *Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, vol. XXII, n° 36, pp. 100-113, 2014.
- [24] S. Sigma.us, «Estudio de caso Six Sigma: General Electric,» 2017.
- [25] A. Ruiz y F. Rojas, *INTRODUCCIÓN A 6 SIGMA*, Madrid, 2009.
- [26] I. L. Mejía Bernal y S. Alvarez Pardo, «Modelo de dirección para la aplicación de six sigma,» México, 2011.
- [27] S. Manivannan, «Introducción a Six Sigma,» *recision Metalforming Association*, pp. 48-53, 2007.
- [28] A. L. Turrent, «Reducción de desperdicio de plástico, mediante la aplicación de la metodología SIX SIGMA DMAIC,» México, 3012.
- [29] D. M. Á. Á. B. E. Arango Martínez, «Plan de implementación de six sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior,» *PROSPECTIVA*, vol. X, n° 2, pp. 13-21, 2012.
- [30] C. L. A. Heriberto Felizzola Jiménez, «Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico,» *Scielo*, vol. XXII, n° 2, pp. 263-277, 2014.
- [31] L. ARIAS MONTOYA, L. M. PORTILLA y J. C. CASTAÑO BENJUMEA, «APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN LAS ORGANIZACIONES,» *Scientia Et Technica*, vol. XIV, n° 38, pp. 265-270, 2008.

- [32] J. & K. M. & M. C. Antony, «Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations,» *Research Gate*, vol. XXII, n° 8, pp. 860-874, 2005.
- [33] «Six Sigma Mejora de Procesos,» 05 04 2016. [En línea]. Available: <http://sixsigmanticuson.blogspot.com/>. [Último acceso: 07 06 2019].
- [34] N. M. P. Laica, «“PLAN DE MEJORA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA ELABORACIÓN DE TELAS EN LA EMPRESA PRODUTEXTI CÍA. LTDA.”,» Ambato, 2019.
- [35] A. E. Ocaña Navarrete, Plan para la mejora de la calidad a través del control de fallos del proceso productivo de tela jersey en la empresa "Jhonatex", Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [36] J. F. E. Hernández, «DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESING FOR SIX SIGMA (DFSS), EN LA FORMULACIÓN DEL PROCESO ABRASIVO ENZIMÁTICO REQUERIDO EN EL LAVADO INDUSTRIAL DE DENIM,» Guatemala, 2015.
- [37] J. Fernández, «Modelo integral de productividad,» Copright, Bogotá, 2009.
- [38] I. Briceño y G. Guerrero, «Mejora de un proceso de teñido en una empresa textil,» *Sinergia e innovación*, vol. I, n° 1, pp. 44-68, 2013.
- [39] M. García, J. Teodoro y J. Rojas, «Análisis de los factores que intervienen en la competitividad de las empresas textiles,» *Boletín Científico Tepexic*, vol. IV, n° 7, 2017.
- [40] R. Larios, «Estado actual de las pymes del sector textil de la confección en Lima,» *Ingeniería Industrial*, vol. I, n° 35, pp. 113-137, 2017.
- [41] P. Gómez, E. Urbano y N. Gómez , «Modelo de simulación para el proceso de producción en empresas de confección textil,» *Sistemas & Telemática*, vol. XI, n° 24, pp. 73-79, 2013.

- [42] H. Climent, «Industria textil - hogar en España,» Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2015.
- [43] O. Tinoco, F. Tinoco y E. Moscoso, «Aplicación de las 5S para mejorar la percepción de cultura de calidad en microempresas de confecciones textiles en el Cono Norte de Lima,» *Industrial Data*, vol. XIX, n° 1, pp. 33-37, 2016.
- [44] R. Alayo y A. Bercerra, «Elaboración e implementación de un plan de mejora continua de producción de Agroindustrias Kaizen,» Universidad de San Martín de Porres, Lima, 2016.
- [45] A. Dainka y A. Ortega, «La calidad como factor clave para el éxito de la industria textil en Guanajuato,» *Jóvenes en la Ciencia*, vol. II, n° 1, pp. 1-5, 2016.
- [46] L. Gonzáles, M. Fontalvo y A. Restrepo, «Generalidades de la seda y su proceso de lavo y tinturado,» *Prospectiva*, vol. XII, n° 1, pp. 7-14, 2014.
- [47] M. Mogollón, «Análisis de los componentes de la cadena de suministro y su relación con el desempeño organizacional en el sector prendas de vestir,» Universidad del Rosario, Bogotá, 2015.
- [48] E. Sereno, «Los problemas de las empresas textiles al trabajar para grandes marcas,» *El Economista*, 28 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.economista.es/aragon/noticias/7986191/11/16/Los-problemas-de-las-empresas-textiles-al-trabajar-para-grandes-marcas.html>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [49] C. Andrade y A. Edgar, «Implementación en la planta industrial de Andelas Cia. Ltda, maquinaria para la confección de ropa deportiva,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2004.
- [50] R. Chang, *Mejora continua de procesos*, Buenos Aires: Granica S.A, 2011.
- [51] J. Viteri, *Gestión de la producción con enfoque sistémico*, Quito, 2014.
- [52] J. Bravo, *Gestión de procesos*, Segunda ed., Evolución S.A., Santiago, 2008.

- [53] Unidad de planificación del proyecto Core Bancario, «Guía técnica para el levantamiento de procesos,», Santa Tecla, 2013.
- [54] Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, Conceptos generales sobre enfoque de procesos de negocios, Santiago de Chile, 2016.
- [55] J. Ramonet, «Análisis y diseño de procesos empresariales,», Barcelona, 2013.
- [56] G. Kanawaty, Introducción al estudio del trabajo, Cuarta ed: Oficina Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, 1996.
- [57] I. T. A. R. Fucci y A. L. E. Monterroso, Junio 1999. [En línea]. Available: <http://www.ope20156.unlu.edu.ar/pdf/abc.pdf>. [Último acceso: 12 12 2019].
- [58] M. M, «Conceptos generales de Calidad,» 2016. [En línea]. Available: <https://ies1cto.wikispaces.com/file/view/Conceptos+generales+de+calidad+total.pdf>. [Último acceso: 20 Octubre 2019].
- [59] A. Lerner, «Estrategias y abordajes metodológicos empleados para incrementar la mejora continua en las organización,» Gerencia, 17 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <https://degerencia.com/articulo/estrategias-y-abordajes-para-incrementar-la-mejora-continua-en-las-organizaciones/>. [Último acceso: 20 Octubre 2019].
- [60] E. Garro, «7 herramientas de la calidad,» PXS school of excellence, San José, 2017.
- [61] U. S. A. Ivan, «PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CALZADO EN CREACIONES MABELIZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA,» Ambato , 2015.
- [62] C. J. Estada Escobedo, «Tipos de gráficos de control,» SlideShare, Agosto 2012. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/171192C/tipos-de-graficos-de-control>. [Último acceso: Octubre 2019].

- [63] R. d. I. V. S. Humberto Gutierrez Pulido, Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Mexico DF: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2013.
- [64] G. P. F. Andres, «CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN EL ENSAMBLE DE CARROCERIAS EN PICO SÁNCHEZ CÍA. LTDA.,» Ambato , 2019.
- [65] Gestipolis, «Metodología Six Sigma,» [En línea]. Available: <https://www.gestipolis.com/que-es-seis-sigma-metodologia-e-implementacion/>.
- [66] S. Manivanna, «Introducción a Six Sigma,» 2017. [En línea]. [Último acceso: 19 Octubre 2019].
- [67] P. N. M. Vinicio, «CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA CARROCERA PATRICIO CEPEDA,» Ambato , 2016.
- [68] I. N. d. E. y. Censos, «DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y MAPA DE PROCESOS,» 2015.
- [69] L. d. D. E. L. C. LTDA, Ambato, 2018.
- [70] «Manual de Calidad Textiles - Indigo,» 2018. [En línea]. Available: https://www.coltejer.com.co/subidos/manual_calidad.pdf. [Último acceso: 06 Noviembre 2019].
- [71] J. Vicente y A. Flipe, «Manual Control de Calidad en Productos Textiles y Afines,» 2016. [En línea]. Available: <http://oa.upm.es/38763/1/Binder1.pdf>. [Último acceso: 06 Noviembre 2019].
- [72] «Norma técnica colombiana NTC 1155-1,» 16 11 2007. [En línea]. Available: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1155-1.pdf>. [Último acceso: 06 11 2019].

- [73] C. X. C. Jimenez, Estudio de la reducción del consumo de agua en el proceso enzimático de lavado de pantalones DENIM mediante combinación de etapas, Quito , 2017.
- [74] M. C. A. C, «ISSUU,» 26 11 2013. [En línea]. Available: https://issuu.com/freddycaro/docs/procesos_b_sicos_de_tintura. [Último acceso: 04 24 2020].
- [75] H. C. Delgado, Desarrollo de la cultura de calidad, México D.F.: Mc. Graw Hill, 1998.
- [76] F. Victims, «Un informe sobre el sandblasting».
- [77] H. R. G. J. G. G. Nancy Hernández Hernández, «Metodología para determinar la eficiencia de inspección aplicando el método de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) de Seis Sigma: Caso Cerámicos,» Duran, México, 2015.
- [78] L. F. R. D y D. L. R. Borbón, «Estudio R y R por atributos de un proceso de inspección en el sector automotriz,» *Produção em Foco*, vol. 01, n° 01, pp. 171-194, 2011.
- [79] H. Gutiérrez, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, México: McGraw-Hill, 2009.
- [80] S. d. Minitab, «support.minitab.com,» Minitab, [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/binomial-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/#rate-of-defectives-plot>. [Último acceso: 2 Diciembre 2019].
- [81] A. Jiju, «Six sigma for service processes,» *Business Process Management Journal*, vol. VII, n° 2, pp. 234-49, 2006.
- [82] R. Coronado y A. Jiju, «Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations,» *The TQM Magazine*, vol. XIV, n° 2, pp. 92-99, 2002.

- [83] C. Ibarra y G. Berrazueta, «Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costos,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2019.
- [84] M. Benítez, «Análisis de las pequeñas y medianas empresas que aplicaron la metodología Seis Sigma en la ciudad de Quito durante los últimos cinco años,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2019.
- [85] H. Felizzola y C. Luna, «Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. VII, n° 2, pp. 263-277, 2014.
- [86] LeanSolutions, «leansolutions.co,» [En línea]. Available: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2019].
- [87] ISO, «Sistema de Gestion de Calidad,» 2015.
- [88] *Calibracion medidor ph*. [Película]. 2017.
- [89] ACHS, «Asociación Chilena de Seguridad,» Asociación Chilena de Seguridad, [En línea]. Available: https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/FT_Packing_Fatiga_de_pie.pdf. [Último acceso: 25 Enero 2020].
- [90] U. S. A. Iván, «“PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CALZADO EN CREACIONES MABELIZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA”,» Ambato, 2015.
- [91] F. E. G. Aragón, «“PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL Y REDUCCIÓN DE FALLAS EN EL ÁREA DE TERMINADOS EN CEPEDA. CÍA. LTDA.”,» Ambato, 2016.
- [92] SATA, «Limpieza y mantenimiento de pisolas de pintura,» Alemania .

Anexo 2 Lluvia de ideas área húmeda, sandblasting y manualidades

Área húmeda	
N°	Idea
1	Químicos mal pesados
2	Mal mantenimiento preventivo a máquinas
3	Caldero suministra mayor o menor cantidad de vapor (quiebres de tela)
4	Descuido de operario (mala colocación de químicos en maquina)
5	Pito que informa cambio de procesos no suena
6	No existe capacitación en manejo de maquinaria a operarios
7	No existe capacitación sobre métodos de trabajo
8	No existe capacitación respecto a calidad
9	Operario a cargo de más de una maquina dependiendo de la temporada
10	Operario a cargo de otras áreas
11	Doble tonalidad exceso de agua
12	Doble tonalidad por dureza de agua
13	Fallas no son detectadas por el operario
14	Control de calidad subjetivo por parte del operario
15	Reprocesos
16	Falta de limpieza de área de trabajo
17	Quiebres de tela por exceso de temperatura
18	Exceso de prendas mal teñido
19	Exceso de químicos
20	Amarillamiento de la prenda por un mal neutralizado
21	Licra queda en juego debido a un mal desengomado
22	Diferentes tipos de tela
23	Inadecuada inspección de pH ocasiona problemas en la tonalidad de la tela
24	Mala transportación del producto, se cae
25	Licra en juego debido a exceso de temperatura en secado
26	Encogimiento de prenda por un mal secado
27	Orden inadecuado de químicos
28	Retrasos por mantenimiento
29	No existe control en el turno nocturno
30	Calidad de químicos
31	No existe documentación de fallos
32	Los productos químicos se encuentran en condiciones inadecuadas a sus especificaciones lo que provoca un cambio en sus características
33	Operarios no cumplen con el tiempo de especificado por la receta
34	Instrumentos no calibrados
35	Inconsistente no controlan todos los procesos por igual
36	Falta de guías para realiza actividades


Área de SandBlas	
N°	Idea
1	Manchas por un mal proceso de lavado
2	Diferente tonalidad contramuestra (Subjetivo)
3	Instrumentos dañados
4	Pistola de permanganato dañada
5	Pistola de sacado no seca lo correspondiente
6	Descuido de operario
7	Mala colocación de prendas en boyas (el pantalón se arrastra y se impregna el permanganato del piso)
8	Falla de confección (se rompe)
9	Control en boyas (se va la licra, se rompen los cierres)
10	Personas de otras áreas ayudan cuando hay mucha demanda
11	Falta de extracción de permanganato en el aire
12	Falta de iluminación en el puesto de trabajo
13	No existe capacitación en manejo de instrumentos a operarios
14	No existe capacitación sobre métodos de trabajo (exceso de permanganato en la prenda)
15	No existe capacitación respecto a calidad
16	Mala colocación de prendas en boyas (bolsillos y cierres sobrepuestos)
17	Ala transportación de prendas de vestir
18	No existe control en el turno nocturno


Área manualidades	
N°	Idea
1	Descuido de operario se infla en exceso la boya y se rompe
2	Mala confección de prenda
3	No existe un control al ingresarla prenda
4	Mala utilización de esmeril por parte de operario
5	Contaminación al realizar procesos ranincol
6	Mala utilización de resinas
7	No existe capacitación en manejo de maquinaria a operarios
8	No existe capacitación sobre métodos de trabajo
9	No existe capacitación respecto a calidad


Anexo 3 Formato para la recolección de la información con la técnica 5W-1H

Área							
	Pregunta	Respuesta	1 ^{er} Por qué	2 ^{do} Por qué	3 ^{er} Por qué	4 ^{to} Por qué	5 ^{to} Por qué
Who- Quién							
What-Qué							
When- Cuándo							
Where- Dónde							
How- Cómo							
How- Cómo resolverlo							


Anexo 4 Formatos de la hoja de verificación de defectos en la prenda de vestir para el área húmeda, sandblasting y manualidades


	ÁREA HÚMEDA		
	Hoja de verificación de fallas		
	Fecha:		Página:
Inspector:			
Tipo de pantalón:			
Número de máquina:		Número de prendas en máquina:	
Operario:		Turno:	
Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal

	ÁREA DE SANDBLASTING		
	Hoja de verificación de fallas		
	Fecha:		Página:
Inspector:			
Tipo de pantalón:			
# de máquina:		Número de prendas en máquina:	
Operario:		Turno:	
Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal

	ÁREA DE MANUALIDADES		
	Hoja de verificación de fallas		
	Fecha:		Página:
Inspector:			
Tipo de pantalón:			
# de máquina:		Número de prendas en máquina:	
Operario:		Turno:	
Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal

Anexo 5 Hojas de control de calidad utilizadas en la etapa de medición en el área húmeda, sandblasting y manualidades.

		ÁREA HÚMEDA Hoja de control de calidad	
Tipo de pantalón:		Fecha:	
Responsable:			
Número de lavadora:			
Número de lote:		Número de prendas:	
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal	
Licra en juego			
Baja concentración de teñido			
Puntos claros en pantalón			
Manchas de colorante			
Amarillamiento de prenda			
Quiebres de tela			
		Total	

		ÁREA DE SANDBLASTING Hoja de control de calidad	
Tipo de pantalón:		Fecha:	
Responsable:			
Número de boya:			
Número de lote:		Número de prendas:	
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal	
Manchas por pistola			
Manchas por arrastre			
Manchas de operario			
Licra en juego			
Rotura de prenda			
		Total	



ÁREA DE MANUALIDADES
Hoja de control de calidad

Tipo de pantalón:		Fecha:
Responsable:		
Número de lote:		Número de prendas:
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal
Distorsión de color		
Rayas en prenda		
Rotura de prenda		
Manchas		
	Total	

Anexo 6 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad área de sandblasting defecto manchas por pistola

Numero de prenda	Sandblasting							Repetibilidad		
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Suma	Operador 1	Operador 2	Operador 3
1	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
3	0	1	1	1	1	1	5	1	0	0
4	1	1	1	0	0	1	4	1	1	0
5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
6	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0
7	1	0	1	1	1	0	4	0	1	1
8	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
9	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
12	0	1	1	0	0	1	3	0	1	0
13	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
14	1	0	0	1	1	1	4	0	1	1
15	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
18	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
19	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
20	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
21	1	0	0	1	1	1	4	0	1	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
25	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
26	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
27	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
28	1	0	1	1	1	1	5	0	1	0
29	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0
30	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
Total	19	19	20	21	21	22	122	4	10	6

Anexo 7 Reproducibilidad entre operadores

REPRODUCIBILIDAD OPERADOR 1 Y 2					
Operador 1 (día 1)	Operador 2 (día 1)	Operador 1 (día 1)	Operador 2 (día 2)	Operador 2 (día 1)	Operador 1 (día 2)
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
8		4		10	
22					

REPRODUCIBILIDAD OPERADOR 1 Y 3					
Operador 1 (día 1)	Operador 3 (día 1)	Operador 1 (día 1)	Operador 3 (día 2)	Operador 3 (día 1)	Operador 1 (día 2)
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
5		5		7	
17					


REPRODUCIBILIDAD OPERADOR 2 Y 3					
Operador 2 (día 1)	Operador 3 (día 1)	Operador 2 (día 1)	Operador 3 (día 2)	Operador 3 (día 1)	Operador 2 (día 2)
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0
4		7		8	
19					

Anexo 8 Tabla de conversión de procesos Sigma abreviada


Abrided Process Sigma Conversion Table

<i>Long-Term Yield</i>	<i>Process Sigma</i>	<i>Defects Per 1,000,000</i>	<i>Defects Per 100,000</i>	<i>Defects Per 10,000</i>	<i>Defects Per 1,000</i>	<i>Defects Per 100</i>
99.99966%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

Anexo 9 Evaluación del desempeño laboral del personal

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO LABORAL DEL PERSONAL						
Unidad/Dpto.	Área/Proceso:					
Evaluado:	Fecha de ingreso:					
Puesto:	Fecha de evaluación:					
Evaluador:	1. Muy bajo 2. Bajo 3. Moderado 4. Alto 5. Muy alto					
Área del desempeño	1	2	3	4	5	
1. Calidad y productividad						
Precisión y calidad del trabajo realizado						
Cantidad de trabajo completada						
Cuidado de herramientas y equipo						
2. Conocimiento						
Nivel de experiencia y conocimiento técnico para el trabajo requerido						
Uso y conocimiento de métodos y procedimientos						
Uso y conocimiento de herramientas						
Puede desempeñarse con poca o ninguna ayuda						
Capacidad de enseñar/entrenar a otros						
3. Compromiso						
Trabaja sin necesidad de supervisión						
Se esfuerza más si la situación lo requiere						
Puntualidad						
4. Iniciativa / Liderazgo						
Cuando completa sus tareas, busca nuevas asignaciones						
Sugiere mejoras						
Identifica errores y trabaja para arreglarlos						
Motiva y ayuda a los demás						
5. Trabajo en equipo						
Trabaja fluidamente con supervisores, pares y subordinados						
Tiene una actitud positiva y proactiva						
Promueve el trabajo en equipo						
Puntaje Total						
Firma del evaluador -----	Observaciones:					

Anexo 10 Cotización PHmetro ATC

COTIZACION DE PHMETRO ATC		
Especificaciones	Características	
<p>Rango de medición pH: 1-14 CE: 0,00 19990us/cm Temperatura: -50 grados 70 grados</p> <p>Resolución pH: 0.01pH CE: 10us/cm Temperatura: 0,1 grado</p> <p>Precisión pH: 0. 1pH CE: 2% F.S Temperatura: 1 grados (2 Fahrenheit)</p> <p>Fuente de alimentación: DC 6 V Batería: 4 × 1,5 V Tamaño del artículo: aprox. 188*40*40mm/7,4*1,6 * 1.6in Peso del artículo: aprox. 75,7g/2,7 oz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Medición de temperatura en grados centígrados (unidad conmutable) - Medición de pH y temperatura de la solución. - Sonda del electrodo reemplazable. - Fácil de usar y llevar. - Fácil calibración de pH y Electroconductividad, con un mini destornillador. - Compensación automática de temperatura. - LCD con retroiluminación, fácil de leer y funciones de medición precisas. - Uso en fuentes de agua, acuarios, spas, piscinas y otros sistemas de agua. 	
		
Costo Unitario	Cantidad	Total
56,00\$	1	56,00\$
Link de compra: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-424110673-3-en1-phmetro-digital-ec-conductividad-termometro-ph-metro-JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking_id=8923eddf-9843-4e9e-9e5a-ab085a22e916		

Anexo 11 Cotización de soluciones calibradoras de pH

COTIZACION DE SOLUCIONES CALIBRADORAS DE PH		
Descripción		
		
Costo Unitario	Cantidad	Total
17,50\$	2	35,00\$
Link de compra: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-424801035-soluciones-calibradoras-de-ph- JM#position=8&type=item&tracking_id=c49939a4-b614-4c55-b5d9-f6dd3b15f7d7		


Anexo 12 Formato para el llenado de la ficha técnica de máquinas y equipos

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		
FICHA-TÉCNICA:	Pág. ____ de ____	
Fabricante:	Fecha de fabricación:	
Descripción:		
Fotografía		
Firmas de responsabilidad		
----- Aprobado por		----- Elaborado por


Anexo 13 Formato para el llenado del listado de máquinas y equipos

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. LISTADO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS BAJO MANTENIMIENTO		
LISTADO-MANT:		Pág. ____ de ____
Fecha de aprobación:	Fecha próxima evaluación:	
Elaborado por:		
Aprobado por:		
Listado de máquinas y equipos bajo mantenimiento		
Maquina/Equipo	Código	Observación
Firmas de responsabilidad		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> ----- Aprobado por </div> <div style="text-align: center;"> ----- Elaborado por </div> </div>		
Observaciones:		
.....		
.....		

Anexo 14 Formato para el llenado del registro de mantenimiento a máquinas y equipos

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINAS Y EQUIPOS		
REGISTRO-MANT:	Pág. ____ de ____	
Fecha de aprobación:	Fecha próxima revisión:	
Fecha de mantenimiento:	Elaborado por:	
Aprobado por:		
Máquina/Equipo		Código
Tarea	Observación	
Firmas de responsabilidad		
<p>-----</p> <p>Aprobado por</p>		
<p>-----</p> <p>Elaborado por</p>		
Observaciones:		
.....		
.....		

Anexo 15 Registro de capacitación

Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC CIA. LTDA. REGISTRO DE CAPACITACIÓN				
Inducción de seguridad y medio ambiente <input type="checkbox"/>		Charla de 5 min <input type="checkbox"/>		
Capacitación <input type="checkbox"/>		Simulacro/Entrenamiento <input type="checkbox"/>		
Otros:				
Tema:				
Fecha:		Duración:		Lugar de ejecución:
Capacitador:			Cargo o profesión:	
Nº	Apellidos y Nombres	C.I.	Cargo	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
Observaciones:				
Firmas de responsabilidad				
----- Capacitador				

Anexo 166 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla [86].

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

Anexo 17 Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF [86].

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuación
Muy alta	≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100000	3
	≤ 0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1000000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Anexo 18 Criterios para la evaluación de la oportunidad de detección de las causas potenciales de falla en el AMEF [86].

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar en cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias).	9	Muy remota
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7	Muy Baja
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6	Baja
Detección del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para causas relacionadas con el arranque).	5	Moderada
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4	Moderadamente alta
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2	Muy Alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura