



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA DE PROYECTO DE DISMINUCIÓN DE VARIABILIDAD DE LA
LÍNEA DE COLORACIÓN EN LA EMPRESA ETERNIT MEDIANTE EL USO
DE METODOLOGÍA SIX SIGMA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

MSc. Roque Alejandro Morán Gortaire

Autor

Víctor Manuel Gordillo López

Año

2015

DECLARACIÓN DE PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Roque Alejandro Morán Gortaire

Master of Science (Msc)

CI:1704903317

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Víctor Manuel Gordillo López

CI:1716075310

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, por ser el ejemplo a seguir en mi vida, por su apoyo incondicional, amor y buenos consejos.

A mi madre, por hacer de mi una mejor persona a través de sus enseñanzas y amor.

A mis hermanos, que siempre han estado junto a mi, su cariño y comprensión.

A mi familia en general, por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a todas las personas que formaron parte de este trabajo de titulación.

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, su apoyo fue fundamental para mi realización personal y profesional, sin ustedes nada de esto sería posible.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la reducción de la variabilidad de la línea de coloración y disminución de roturas en color para el producto Teja Residencial en color Cerámico. Con esto se pretende mejorar el rendimiento de pintura por teja para llevarlo al estándar exigido y por ende generar ahorros para la compañía por kilogramo de pintura usado y por producto defectuoso en el caso de rotura. La herramienta de mejora a utilizar es DMAIC, la cual corresponde a la metodología Six Sigma y está estructurada por cinco fases, *Define, Measure, Analyze, Improve* y *Control*. Los resultados de cada etapa le dan dirección al proyecto, por lo que mediante el uso de herramientas estadísticas se detectaron las variables controlables responsables de la variación del rendimiento y otras causas potenciales que tienen influencia sobre el índice de roturas. Se propusieron contramedidas con el fin de atacar las causas potenciales detectadas y posteriormente se realizó un plan de control basado en estandarización de trabajo para que las mejoras propuestas se mantengan en la organización. Al final se estima la inversión para la realización del proyecto y mediante un análisis financiero se refleja el beneficio económico para la organización.

ABSTRACT

The following project aims at reducing variability of painting performance and decreasing breakage color product to our target, Residential Tile Ceramic color. This is intended to improve the painting performance per tile to take the required standard and therefore generate savings for the company per kilogram of paint used and defective product in the case of breakage. The enhancement tool used is DMAIC, which corresponds to the Six Sigma methodology and is structured through five phases, Define, Measure, Analyze, Improve and Control. The results of each stage give direction to the project, so by using statistical tools controllable variables responsible for the variation in performance were detected with other potential causes that influence the rate of breakage. Improvements were proposed in order to tackle the identified potential causes and subsequently a control plan based on work standardization was designed with the purpose that the improvements remain in the organization. Finally an investment for the project is estimated by a financial analysis that reflects the economic benefit to the organization.

Índice

Introducción	1
1. Capítulo I. Marco Teórico.....	6
1.1. Six Sigma	6
1.1.1. Ventajas	7
1.1.2. Principios.....	7
1.2. Herramientas de Mejora DMAIC.....	10
1.2.1. Definir	10
1.2.1.1. Definir el Foco de Mejora	11
1.2.1.2. Identificar Característica Críticas	11
1.2.1.3. Definir Parámetros de Desempeño.....	11
1.2.1.4. Formalizar el Proyecto de Mejora	12
1.2.2. Medir.....	12
1.2.2.1. Mapeo del Proceso.....	13
1.2.2.2. Validar la Medición	13
1.2.2.3. Análisis de Reproducibilidad y Repetibilidad (Gage R&R)	14
1.2.2.4. Estabilidad del Proceso.....	16
1.2.2.5. Capacidad del Proceso	17
1.2.2.6. Cartas de Control.....	20
1.2.2.7. Transformación de Box Cox	21
1.2.2.8. Z bench	22
1.2.2.9. Z bench y Capacidad Sigma.....	23
1.2.2.10. PPM	23
1.2.2.11. Relación de Valores Z, capacidad Sigma y PPM.....	24
1.2.3. Analizar	24
1.2.3.1. <i>Brainstorming</i> (Lluvia de Ideas).....	25
1.2.3.2. Diagrama de Árbol.....	26

1.2.3.3.	Diagrama de Dispersión.....	27
1.2.3.4.	Pruebas de Hipótesis	29
1.2.3.5.	ANOVA	30
1.2.3.6.	Análisis de Regresión.....	31
1.2.3.7.	Multicolinealidad.....	32
1.2.3.8.	Análisis de Pareto.....	33
1.2.4.	Mejorar	35
1.2.4.1.	Sistema ANDON	35
1.2.4.2.	5W 1H.....	37
1.2.4.3.	Diseño Experimental	37
1.2.4.3.1.	Etapas del Diseño Experimental.....	38
1.2.4.3.1.	Modelo Lineal Generalizado	39
1.2.4.3.1.	Pruebas de Comparación Múltiple	39
1.2.5.	Controlar	40
1.2.5.1.	Hoja de Elementos de Trabajo JES.....	40
2.	Capítulo II. Definir (<i>Define</i>).....	41
2.1.	Definir Foco de Mejora	41
2.2.	Identificación de Características Críticas	47
2.3.	Definir Parámetros de Desempeño	49
2.4.	Formalizar el Proyecto de Mejora	50
3.	Capítulo III. Medir (<i>Measure</i>)	52
3.1.	SIPOC	52
3.2.	Variables a Medir	54
3.3.	Origen de los datos medidos	54
3.4.	Aseguramiento de Exactitud y Calibración de las Mediciones.....	56
3.4.1.	Análisis de Reproducibilidad y Repetibilidad (Gage R&R)	57
3.5.	Estabilidad del Proceso	65
3.5.1.	Enfoque Principal	65
3.5.2.	Enfoque Complementario.....	66
3.6.	Capacidad del Proceso	67

3.6.1.	Enfoque Principal	67
3.6.1.1.	Transformación de Box Cox	68
3.6.2.	Enfoque Complementario.....	69
3.7.	Nivel Sigma	72
3.7.1.	Enfoque Principal	72
3.7.2.	Enfoque Complementario.....	74
3.8.	Conclusión de la Etapa Medir	75
4.	Capítulo IV. Analizar (<i>Analyze</i>)	76
4.1.	<i>Brainstorming</i> (Lluvia de Ideas)	76
4.1.1.	Enfoque Principal	76
4.1.2.	Enfoque Complementario.....	78
4.2.	Diagrama de Árbol	79
4.2.1.	Enfoque Principal	79
4.2.2.	Enfoque Complementario.....	82
4.3.	Pruebas de Hipótesis.....	85
4.4.	Selección de Herramienta de Análisis.....	86
4.4.1.	Análisis de Regresión.....	87
4.4.2.	Validación del Modelo.....	92
4.5.	Causas Potenciales.....	96
4.5.1.	Enfoque Principal	97
4.5.1.1.	Falta de Comunicación entre estaciones	97
4.5.1.2.	Parámetros de Funcionamiento Incorrectos	97
4.5.1.3.	Desconocimiento del personal con respecto a la Especificación exigida.....	98
4.5.1.4.	Desperdicio de Pintura	98
4.5.2.	Enfoque Complementario.....	101
4.5.2.1.	Tipos más comunes de defectos Causantes de rotura.....	101
4.5.2.1.1.	Fisura Longitudinal Parcial	102
4.5.2.1.2.	Despuntada.....	103
4.5.2.1.3.	Separación de Capas	106

4.5.2.2.	Altas temperaturas del Horno de Secado Y Precaentamiento	107
4.5.2.3.	Identificación Ineficiente de defectos por Parte del Personal	108
4.5.2.4.	Acumulación de Inventarios.....	108
4.5.3.	Enfoque en Común	112
4.5.3.1.	Falta de Estandarización de estaciones de Trabajo	112
4.5.3.1.1.	Zona de Alimentación	114
4.5.3.1.2.	Zona de Pintado	114
4.5.3.1.3.	Zona de Descarga.....	115
4.5.3.2.	Reprocesos	115
4.5.3.2.1.	Placa Desalineada	116
4.5.3.2.2.	Grumos.....	117
4.5.3.2.3.	Mal Pintado	119
4.5.3.2.4.	Placa Montada.....	119
4.5.3.2.5.	Placa Manchada.....	122
4.5.3.2.6.	Paras No Programadas	123
4.6.	Conclusiones de la etapa Analizar.....	125
5.	Capítulo V. Mejorar (<i>Improve</i>)	127
5.1.	Enfoque Principal	127
5.1.1.	Falta de comunicación entre estaciones	127
5.1.1.1.	Ubicación del sistema ANDON.....	129
5.1.1.2.	Medidas de Luz de Alerta	131
5.1.2.	Parámetros de Funcionamiento Incorrectos.....	132
5.1.2.1.	Estructura de datos para el modelo	133
5.1.2.2.	Modelo Lineal Generalizado	137
5.1.2.2.1.	Presión	138
5.1.2.2.2.	Temperatura de Precaentamiento.....	140
5.1.2.2.3.	Velocidad de Entrada.....	143
5.1.2.2.4.	Velocidad de Salida	146
5.1.2.2.5.	Conclusión del Modelo	149

5.1.3.	Desperdicio de Pintura	155
5.2.	Enfoque Complementario.....	159
5.2.1.	Tipos más comunes causantes de rotura.....	159
5.2.1.1.	Despuntada y Fisura Longitudinal Parcial.....	160
5.2.1.2.	Separación de Capas.....	160
5.2.2.	Altas temperaturas en Hornos de Secado y Precalentamiento.....	161
5.2.3.	Acumulación de Inventarios	161
5.3.	Enfoque en Común.....	164
5.3.1.	Falta de Estandarización de Estaciones de Trabajo	164
5.3.1.1.	Zona de Alimentación.....	164
5.3.1.2.	Zona de Pintado.....	165
5.3.1.3.	Zona de Descarga	165
5.3.2.	Reprocesos.....	166
5.3.2.1.	Grumos	166
5.3.2.2.	Placa Manchada	168
5.3.2.3.	Placa Mal Pintada.....	170
5.3.2.4.	Montado de Placas.....	172
5.3.2.5.	Charlas de Capacitación.....	175
5.4.	Conclusión de la etapa Mejorar	176
6.	Capítulo VI. Controlar (<i>Control</i>)	178
6.1.	Sistema ANDON.....	179
6.2.	Bomba de Pintura Recolectada	179
6.3.	Tiempos y Movimientos Mejorados	180
6.3.1.	Ubicaciones Finales del Personal	181
6.4.	Actividades de Mantenimiento.....	184
6.5.	Condiciones de Arranque.....	186
6.5.1.	Actividades a Añadir	188
6.6.	Organización de Espacios de Almacenamiento	191
6.6.1.	Zonas de Almacenamiento.....	191
6.6.2.	Zona de Producto Terminado	196

6.6.3. Distribución Fina de Zonas de Almacenamiento	196
6.7. Resumen de la etapa Control	199
7. Capítulo VII. Análisis Financiero.....	201
7.1. Inversión	201
7.2. Ahorros.....	202
7.2.1. Rendimiento de Pintura	203
7.2.2. Roturas en Color	204
7.3. Flujo de Efectivo	206
7.4. Rentabilidad del Proyecto	208
7.5. Retorno de la Inversión	209
8. Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones	210
8.1. Conclusiones	210
8.2. Recomendaciones	212
REFERENCIAS.....	214
ANEXOS.....	217

Índice de Figuras

Figura 1.	Tipos de Variación – <i>Gage R&R</i>	15
Figura 2.	Ejemplos de ubicación de índices de Cp y Cpk	17
Figura 3.	Índice Cpk desplazado de la media	18
Figura 4.	Casos de Relación entre Cp y Cpk	19
Figura 5.	Ejemplo de gráfica de transformación de Box Cox	21
Figura 6.	Estructura Diagrama de Árbol	26
Figura 7.	Ejemplo de tendencia en gráficos de dispersión	28
Figura 8.	Ejemplo de tendencia en gráficos de dispersión 2.....	29
Figura 9.	Diagrama de Pareto	34
Figura 10.	Principio del Sistema ANDON.....	36
Figura 11.	Voz del cliente por enfoques	48
Figura 12.	Mapa de alto nivel SIPOC	53
Figura 13.	Manómetro de Boquilla	54
Figura 14.	Programación de Temperaturas	55
Figura 15.	Programación de Velocidades	55
Figura 16.	Balanza	56
Figura 17.	Gráfica de barras por contribución de variación	56
Figura 18.	Programación de Velocidades	62
Figura 19.	Rendimiento por partes – <i>Gage R&R</i>	63
Figura 20.	Gráfica Xbarra y Gráfica R – <i>Gage R&R</i>	64
Figura 21.	Gráfica Xbarra-S de Rendimiento	65
Figura 22.	Gráfica P de Roturas en Color	66
Figura 23.	Prueba de Normalidad de Rendimiento de Pintura	67
Figura 24.	Gráfica de Box Cox de Rendimiento de Pintura	68
Figura 25.	Análisis de Capacidad de Proceso – Rendimiento de Pintura	69

Figura 26.	Análisis de Capacidad de Proceso – Roturas en Color	70
Figura 27.	Captura de Pantalla de Calculadora Seis Sigma Capacidad - <i>Statgraphics</i>	71
Figura 28.	Captura de Pantalla de Calculadora Seis Sigma <i>Z becnh 2</i> - <i>Statgraphics</i>	73
Figura 29.	Diagrama de árbol de Variabilidad en el Rend. De Pintura	80
Figura 30.	Diagrama de árbol de Roturas en Color	83
Figura 31.	Gráfica Residuos Estandarizados vs Valores Predichos	93
Figura 32.	Gráfico Residuos Estandarizados vs Orden de Obtención de Datos	94
Figura 33.	Gráfica de Probabilidad de Residuos Estandarizados - KS	95
Figura 34.	Gráfica de Probabilidad de Residuos Estandarizados - AD	96
Figura 35.	Desperdicio de pintura por boquilla descentrada	99
Figura 36.	Pintura desperdiciada en tolva	99
Figura 37.	Pintura derramada en baldes de recolección	100
Figura 38.	Pintura derramada en baldes de recolección 2	101
Figura 39.	Diagrama de Pareto para tipos de defectos más comunes	102
Figura 40.	Ejemplos de Fisura Longitudinal Parcial	102
Figura 41.	Ejemplos de Placa Despuntada	103
Figura 42.	Pallets de Apoyo	104
Figura 43.	Producto Ubicado entre Dos Pallets	104
Figura 44.	Rotura de producto por ubicación de pallets 1	105
Figura 45.	Rotura de producto por ubicación de pallets 2	105
Figura 46.	Ubicación Incorrecta de placas en alimentación	106
Figura 47.	Ejemplo de separación de capas	106
Figura 48.	Producto dañado en zona de almacenamiento	109
Figura 49.	Producto sin retirar de zona de producto terminado	109
Figura 50.	<i>Layout</i> actual de producto en zonas de almacenamiento	111
Figura 51.	Zona de Alimentación	112

Figura 52.	Zona de Pintado	113
Figura 53.	Zona de Descarga	113
Figura 54.	Boquilla Descentrada	116
Figura 55.	Cerdas de rodillo limpiador	117
Figura 56.	Teja residencial con material particulado	118
Figura 57.	Grumos en producto pintado	118
Figura 58.	Ejemplos de placa mal pintada	119
Figura 59.	Ejemplo de Placas Montadas	120
Figura 60.	Placa con pintado incompleto debido a placas montadas	120
Figura 61.	Placas alimentadas a 6cm de distancia Aproximadamente	121
Figura 62.	Placas alimentadas a 3.5cm de distancia Aproximadamente	121
Figura 63.	Ejemplos de Placa Manchada	122
Figura 64.	Horno de Secado por dentro	123
Figura 65.	Limpieza de boquilla de pintado	123
Figura 66.	Pintado irregular	124
Figura 67.	Sistema ANDON para el trabajo de titulación	129
Figura 68.	Ubicación de botonera para el Sistema ANDON	130
Figura 69.	Ubicación de luz de alerta para Sistema ANDON	130
Figura 70.	Posición de luz de alerta	131
Figura 71.	Luz de alerta en 3D	132
Figura 72.	Gráfica de Medias – HSD Tukey – Presión	140
Figura 73.	Gráfica de Medias – HSD Tukey – Temperatura Prec	143
Figura 74.	Gráfica de Medias – HSD Tukey – Velocidad de Entrada	146
Figura 75.	Gráfica de Medias – HSD Tukey – Velocidad de Salida	149
Figura 76.	Barril de pintura para producción	155
Figura 77.	Distancia entre balde recolector y tanque de pintura	156
Figura 78.	Distancia entre balde recolector y barril de pintura	156

Figura 79.	Bomba Manual	157
Figura 80.	Bomba Manual y Posición del operador	158
Figura 81.	Conexión entre balde recolector y barril de pintura	158
Figura 82.	Manguera en barril de pintura	159
Figura 83.	Ubicación correcta de placas de alimentación	160
Figura 84.	Diagrama de flujo para producto no conforme en Coloración	163
Figura 85.	Motor de limpiadora de rodillo	166
Figura 86.	Cerdas de rodillo limpiador	167
Figura 87.	Tornillo regulador de altura de rodillo	167
Figura 88.	Plan de Mantenimiento Preventivo del área de coloración	168
Figura 89.	Plan de Mantenimiento Preventivo del área de coloración 2	171
Figura 90.	Zonas de cambio de banda de transporte	173
Figura 91.	Entrada a la cabina de pintado	173
Figura 92.	Salida de la cabina de pintado	174
Figura 93.	Alimentación de placas a una distancia de 23cm	175
Figura 94.	Bombe de Pintura Recolectada – Hoja JES del Proceso De Descarga	180
Figura 95.	Posiciones del proceso de resanado mejoradas	181
Figura 96.	Posiciones del proceso de alimentación mejoradas	182
Figura 97.	Posiciones del proceso de pintado de mancha mejoradas	182
Figura 98.	Posiciones del proceso de retiro de pallet de apoyo Mejoradas	183
Figura 99.	Posiciones del proceso de empacado mejoradas	183
Figura 100.	Tablero Informativo del área de coloración	186
Figura 101.	Ubicación de racks y espacios de almacenamiento	192
Figura 102.	Ubicación Familia P7	193
Figura 103.	Ubicación Familia P10	193
Figura 104.	Ubicación de Caballetes	194
Figura 105.	Ubicación de Teja Residencial	194

Figura 106.	Ubicación Celonit	195
Figura 107.	Ubicación Perreras	195
Figura 108.	Zona de producto terminado	196
Figura 109.	Distribución total de zonas de inventarios	197
Figura 110.	Flujo de Materiales	198

Índice de Tablas

Tabla 1.	Descripción de índices Cp por valores	18
Tabla 2.	Relación de Cp y Cpk	20
Tabla 3.	Relación <i>Zbench</i> , capacidad sigma y PPM	24
Tabla 4.	Costos de desperdicios de pintura (kg) en color ocre (Cerámica)	42
Tabla 5.	Desperdicio de pintura para Teja Residencial en otros Colores	43
Tabla 6.	Rendimiento de pintura para Teja Residencial en todos Los colores	44
Tabla 7.	Promedio de desperdicio mensual aproximado y rendimiento	45
Tabla 8.	Porcentaje de rotura a color en relación a la cantidad De Tejas Residenciales pintadas en total	46
Tabla 9.	Costo total de rotura en color de Teja Residencial	46
Tabla 10.	Voz del cliente VOC	48
Tabla 11.	<i>Project Charter</i>	50
Tabla 12.	Estructura de datos para análisis <i>Gage R&R</i>	58
Tabla 13.	Desempeño Observado PPM – Enfoque Principal	72
Tabla 14.	Nivel sigma – Enfoque Principal	74
Tabla 15.	Resumen Estadístico de Capacidad de Proceso	74
Tabla 16.	Nivel sigma – Enfoque Complementario	75
Tabla 17.	Resumen de la etapa Medir	75
Tabla 18.	Criterio para selección de herramientas de análisis	86
Tabla 19.	Resultados Regresión Lineal Múltiple 1	87
Tabla 20.	Análisis de Varianza 1	88
Tabla 21.	Resultados Regresión Lineal Múltiple 2	89
Tabla 22.	Resultados Regresión Lineal Múltiple 3	89

Tabla 23.	Análisis de Varianza 2	90
Tabla 24.	Resultados Regresión Lineal Múltiple 4	91
Tabla 25.	Análisis de Varianza 3	91
Tabla 26.	Resumen de etapa Analizar	125
Tabla 27.	Criterios de Organización por Variable	133
Tabla 28.	Datos de Rendimiento en función de la Presión	134
Tabla 29.	Datos de Rendimiento en función de la Temperatura De Pre calentamiento	135
Tabla 30.	Datos de Rendimiento en función de la Velocidad De Entrada	136
Tabla 31.	Datos de Rendimiento en función de la Velocidad De Salida	137
Tabla 32.	Análisis de Varianza MGL – Presión	138
Tabla 33.	Prueba de Rango Múltiple – Presión	139
Tabla 34.	Tabla de Medias – Presión	139
Tabla 35.	Análisis de Varianza MGL – Temperatura De Pre calentamiento	141
Tabla 36.	Prueba de Rango Múltiple – Temperatura de Pre calentamiento	141
Tabla 37.	Tabla de Medias – Temperatura de Pre calentamiento	142
Tabla 38.	Análisis de Varianza MGL – Velocidad de Entrada	144
Tabla 39.	Prueba de Rango Múltiple – Velocidad de Entrada	144
Tabla 40.	Tabla de Medias – Velocidad de Entrada	145
Tabla 41.	Análisis de Varianza MGL – Velocidad de Salida	147
Tabla 42.	Prueba de Rango Múltiple – Velocidad de Salida	147
Tabla 43.	Tabla de Medias – Velocidad de Salida	148
Tabla 44.	Parámetros de funcionamiento adecuados para Presión	150
Tabla 45.	Media y Rangos de desempeño - Presión	151

Tabla 46.	Parámetros de funcionamiento adecuados para Temperatura de Pre calentamiento	151
Tabla 47.	Media y Rangos de desempeño - Temperatura de Pre calentamiento	152
Tabla 48.	Parámetros de funcionamiento adecuados para Velocidad de Entrada	152
Tabla 49.	Media y Rangos de desempeño – Velocidad de Entrada	153
Tabla 50.	Parámetros de funcionamiento adecuados para Velocidad de Salida	154
Tabla 51.	Media y Rangos de desempeño – Velocidad de Salida	154
Tabla 52.	Análisis 5W 1H – Mantenimiento del Horno Secador	169
Tabla 53.	Análisis 5W 1H – Revisión de estado de boquillas y Mangueras de pintura	172
Tabla 54.	Resumen de la etapa Mejorar	176
Tabla 55.	Relación entre la actividad sugerida y la descripción Del plan de mantenimiento preventivo actual	185
Tabla 56.	Condiciones de arranque a verificar actualmente	187
Tabla 57.	Actividades añadidas a Condiciones de arranque	188
Tabla 58.	Resumen de la etapa Control	199
Tabla 59.	Inversión del Proyecto	202
Tabla 60.	Ahorro de Pintura por Teja (gr) – Teja Residencial	203
Tabla 61.	Ahorro Mensual Estimado (\$) – Rendimiento de Pintura – Teja Residencial	204
Tabla 62.	Ahorro por rotura en color (unidades) – Teja Residencial	205
Tabla 63.	Ahorro Mensual Estimado (\$) – Roturas en Color – Teja Residencial	205
Tabla 64.	Flujo de Efectivo	207

Tabla 65.	Rentabilidad del Proyecto	208
Tabla 66.	Flujos Netos a Valor Presente	209
Tabla 67.	Acumulado con Tasa de Descuento	209

INTRODUCCIÓN

La empresa donde se realizará el presente proyecto de titulación es Eternit Ecuatoriana, la cual está dedicada a la fabricación de techos de fibrocemento y empezó sus actividades en la ciudad de Guayaquil en el año de 1958. En el año de 1982 se traslada a la ciudad de Quito manteniendo la misma línea, es decir productos de cemento reforzado con fibra mineral y de esta forma se constituyó como la primera empresa del país que los produce y además dispone de control automático computarizado de procesos.

Entre las líneas de producción de la empresa se encuentran las siguientes:

- Cubiertas de Fibrocemento Línea P7-92
- Cubiertas de Fibrocemento Línea P7-111
- Cubiertas de Fibrocemento Línea P3-ARDEX
- Cubiertas de Fibrocemento Línea P10
- Línea de Placas Planas
- Teja Residencial
- Canality Maxiplaca
- Pinturas

El presente proyecto está orientado al producto de Teja Residencial en color cerámico, el cual es de los que más se comercializa debido a sus características del tipo colonial, muy apropiado para ciudades como Quito o Cuenca, donde sus fachadas reflejan un estilo conservador y muy tradicional.

Nos hemos planteado dos objetivos, el objetivo principal está relacionado con la variabilidad del rendimiento de pintura por m^2 de producto y el objetivo

complementario está enfocado en la rotura de producto en color, es decir producto que se rompe en el transcurso del proceso de coloración.

La metodología que escogimos para el presente proyecto de titulación es *Six Sigma*, la cual se basa en la herramienta de mejora DMAIC que consta de cinco fases continuas que son:

- Definir (*Define*)
- Medir (*Measure*)
- Analizar (*Analyze*)
- Mejorar (*Improve*)
- Controlar (*Control*)

La propuesta para este trabajo de titulación es una planificación de estas cinco etapas, donde las fases de Mejorar (*Improve*) y Controlar (*Control*) quedan a responsabilidad de la empresa, por lo que en el proyecto presente estas etapas serán simuladas para que sirvan como base para una futura implementación.

Partiendo de esto, las cinco etapas de la metodología DMAIC inician con la fase Definir (*Define*), la cual es la guía para definir la base del proyecto, donde nos enfocamos en las necesidades del cliente para determinar las características críticas del producto que van a ser profundizadas en lo que queda del proyecto de titulación.

Después se continúa con la etapa de Medir (*Measure*) donde vamos a conocer la situación actual del proceso, el nivel sigma en que se desempeña y la capacidad del mismo. Para esto debemos desarrollar un plan para la recolección de datos donde es de suma importancia validar el sistema de medición que vamos a utilizar para obtener datos confiables que nos permitan acercarnos lo máximo posible a la situación real del proceso de coloración.

Una vez conocida la situación actual de la empresa se desarrolla la etapa Analizar (*Analyze*) donde vamos a identificar procesos o reprocesos innecesarios, causas raíz de los problemas detectados y las fuentes de variación que afectan el rendimiento junto con sus variables controlables y no controlables. Al final de la etapa obtendremos las condiciones necesarias para establecer un plan de mejora.

El plan de mejor mencionado se lo realiza dentro de la etapa Mejorar (*Improve*), donde vamos a proponer soluciones a las causas raíz previamente detectadas y con el fin de evitar que las soluciones propuestas sean temporales y se mantengan dentro de la organización se toman medidas que ya son parte de la última etapa, la de Controlar (*Control*) donde se estandarizan las mejoras propuestas.

Alcance

El alcance de este proyecto de titulación está enfocado en el proceso de coloración, específicamente desde la preparación del producto, el recorrido por el tren de coloración, donde es pintado y la descarga y almacenamiento del producto, que para este proyecto e titulación es la Teja Residencial en color Cerámica.

Para el desarrollo de la metodología DMAIC, nuestro alcance se extiende por las cinco etapas de la herramienta de mejora, con la excepción de que las etapas de Mejora y Control serán sugeridas y simuladas respectivamente, ya que la implementación de este proyecto depende de la empresa.

Justificación

La materia prima para el proceso de coloración es fabricada por la misma empresa, es decir la pintura y el producto en gris, por lo que cualquier desperdicio relacionado a ambos aspectos tiene un impacto directo en la empresa. Entre los factores que motivaron la realización del presente trabajo de titulación se encuentran los siguientes:

- El producto no conforme resultado del proceso de coloración, incluyendo producto en proceso y producto terminado está compuesto por valores significantes para la empresa.
- La utilización de gramos de pintura por metro cuadrado de la Teja Residencial tiene una variación importante con respecto al estándar exigido por la organización.
- La Teja Residencial es el producto con más rotación dentro del proceso de coloración de placas, por lo que estimamos que el impacto para la organización después del proyecto de mejora va a ser significativo.
- El proceso no está debidamente estandarizado, es decir, existen documentos relacionados con el procesos de coloración, pero no están enfocados en la optimización y correcta manipulación del producto, lo que es causante de no conformidades.

Objetivos

Objetivo General

Optimizar el proceso de coloración de Teja Residencial en Eternit Ecuatoriana, mediante el uso de la metodología *Six Sigma* con el fin de reducir la variabilidad del rendimiento de pintura y mejorar los índices de rotura resultados del desarrollo del proceso en sí.

Objetivos Específicos

- Identificar las variables de estudio críticas para el proceso de coloración.
- Identificar las causas potenciales de variación del rendimiento y de la rotura del producto dentro en el transcurso del proceso.
- Proponer contramedidas que ataquen las causas previamente identificadas.
- Proyectar resultados en función de las mejoras propuestas en función de la productividad y calidad.
- Realizar un análisis costo-beneficio de la implementación mediante un análisis financiero, relacionado a la inversión necesaria para el cumplimiento de objetivos.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. *Six Sigma*

En la década de los ochenta la empresa Motorola creó la metodología *Six Sigma* como una forma de respuesta al aumento en las quejas del cliente que iban de la mano con la gran cantidad de producto no conforme que se generaba en la compañía, su principal objetivo es la mejora de procesos.

En Motorola se había empezado a estudiar la variación que existe en los procesos como una manera de mejorarlos, dicha variación se conoce también como desviación estándar y está representada con la letra sigma (σ) de origen griego. En otras palabras, qué tan desviado se encuentra nuestro proceso. Motorola introdujo la herramienta de *Six Sigma* en el proceso, y como resultado obtuvo una disminución de defectos de 4 a 5,5 sigma, el resultado generó un ahorro de aproximadamente \$2.200 millones.

La metodología indica que una empresa de clase mundial debe ser capaz de producir hasta 3,4 defectos por millón de oportunidades, es decir, mantener un nivel de calidad del 99,9997 % que representaría un proceso casi perfecto.

Six Sigma pretende proporcionar beneficios a nivel de costo, calidad y *timing* en sus procesos productivos, para lo cual se toman decisiones basadas en datos, los cuales de manera sistemática ayudan a encontrar la causa raíz de problemas causantes de variabilidad en nuestros procesos.

Esta metodología está basada en objetivos a corto y largo plazo, donde la consecución de las metas a corto plazo contribuyen con los objetivos planteados a largo plazo.

1.1.1. Ventajas

Entre las ventajas de la aplicación de la metodología Six Sigma tenemos:

- Reducción de Costos
- Reducción de defectos
- Mejora de Productividad
- Mayor satisfacción del cliente
- Cambios en la cultura organizacional de la empresa

1.1.2. Principios

- Enfoque Al cliente

El grado de valor que un cliente le da a un producto o servicio está influenciado por la experiencia obtenida de parte del consumidor. Con el fin de satisfacer al cliente las empresas hacen grandes esfuerzos para estar cambiando constantemente con la demanda del mercado y las exigencias del cliente, las cuales varían constantemente.

La metodología *Six Sigma* se cree que está dirigido solo a mejoras y mediciones, sin embargo dichas mejoras se las debe realizar enfocados en las necesidades del cliente (CTQ's).

El cliente dentro de un proceso puede ser interno o externo, ambos son igualmente importantes, los clientes internos tienen una incidencia muy grande en el aseguramiento de la calidad del producto ya que son proveedores entre sí dentro del macroproceso, lo que hace necesario que las necesidades de cada etapa del proceso sean comprendidas.

- Liderazgo

Los líderes del proyecto deben crear y mantener un ambiente adecuado para que el personal involucrado en el proyecto se comprometa con la dirección de la organización logrando la alineación de estos con los objetivos y metas del proyecto.

- Involucramiento del personal

El personal de la organización en todos los niveles debe ser involucrado en el proyecto, el recurso humano en una organización es la base de una empresa y en un proyecto de mejora siempre es importante que las habilidades del personal se mantengan con un rendimiento alto, lo que será siempre beneficioso para la empresa.

- Acercamiento al proceso

Permite ampliar la perspectiva del proceso, identificando actividades de gran importancia para el producto final que talvez en un inicio desconocíamos. Esto debido a la exigencia de la metodología, es necesario conocer el proceso en todo aspecto, desde la entrada hasta la salida del mismo.

- Mejoramiento Continuo

Un modelo de gestión de mejora continua está siempre enfocado en la satisfacción del cliente, lo cual garantizamos a través de un proceso eficaz.

Mejorar y desarrollar procesos de manera gradual y constante debe ser un objetivo permanente en la organización. Los beneficios de estos cambios son muchos, tales como reducción de errores, defectos, desperdicios y sus costos relacionados, aumento de productividad, optimización de recursos, etc.

Para tener un proceso enfocado en la mejora continua es necesario destinar esfuerzos en la identificación de la fuente de los problemas, que es la esencia de la metodología *Six Sigma* y para lo cual se requiere de la ayuda del personal de la organización en todos sus niveles.

- Enfoque Basado en hechos para la toma de Decisiones

Las mediciones proveen de información importante acerca del proceso, como entradas, salidas y resultados, sobre los cuales la organización debe tomar decisiones, por eso de la importancia de mantener un sistema de medición confiable para tomar las decisiones más acertadas.

- Relaciones entre Proveedores Mutuamente Beneficiosas

No solamente con los proveedores externos, sino los internos. Cada estación del proceso tiene salidas, que para el proceso siguiente se convierten en entradas y por ende, el proceso anterior en un proveedor interno del proceso. La metodología permite una mejor comprensión de cada estación de trabajo por lo que cada una tiene conocimiento de las especificaciones exigidas por las otras.

1.2. Herramientas de Mejora DMAIC

La herramienta DMAIC que por sus siglas en inglés significa *Define, Measure, Analyze, Improve y Control* es considerado un enfoque solucionador de problemas utilizado como base de la metodología *Six Sigma*.

El ingeniero Mikel Harry, quien trabajaba para la empresa Motorola en los años 90 fue quien estudió la variación de los procesos como base para mejorarlos y así surgió esta herramienta, la cual está directamente relacionada con la estadística y envuelve a toda la organización, incluyendo la alta dirección.

La estructura en general de la herramienta DMAIC se basa en:

- Medición de un problema
- Enfoque hacia el cliente
- Identificación de causas potenciales
- Eliminación de problemas
- Medición de resultados
- Perdurabilidad de mejoras

1.2.1. Definir

Etapa Inicial de la metodología *Six Sigma* cuyo propósito es determinar la meta y el alcance del proyecto de mejora, los cuales se obtienen de las necesidades y requisitos del cliente.

En esta etapa está estructurada por las siguientes actividades:

1.2.1.1. Definir el foco de mejora

La mejora planteada debe ser de alta importancia y de un impacto positivo para la organización. Para esto hay que tomar en cuenta los antecedentes que existen con respecto al tema planteado.

1.2.1.2. Identificar características críticas

El cliente le da valor a un producto dependiendo de las características que este posee, sin embargo existen cualidades que destacan sobre las demás, y que dependiendo de la apreciación del cliente generan un impacto positivo o negativo.

Para identificar estas características se utiliza la estrategia de “Voz del Cliente” la cual a través de diversas fuentes contacta directamente al cliente para obtener información que ayude a clarificar cualquier tipo de problema relacionado al producto.

1.2.1.3. Definir Parámetros de Desempeño

Dentro del proceso general para la fabricación de un producto o servicio, existen fases claves, las cuales no pueden fallar y deben realizarse de manera sumamente adecuada.

Estos procesos claves son aquellos que le agregan valor al producto, por lo que se pueden identificar como CTQ's (*Critical to quality*). Estas son las variables que afectan directamente a calidad del producto final por lo que es de suma importancia identificar dichos procesos.

1.2.1.4. Formalizar el Proyecto de Mejora

Para la formalización del proyecto se verifica que el foco de mejora, características críticas y parámetros de desempeño cumplan con el principio *SMART* que es un anagrama con temática en inglés que significa “inteligente”, y está estructurado de la siguiente manera:

(*Specific*) Específico: Objetivos específicos que describan de manera concreta el objetivo a alcanzar.

(*Measurable*) Medible: Objetivos expresados en término de números

(*Achievable*) Alcanzable: Objetivos que signifiquen retos lo suficientemente realistas para incentivar al personal a su consecución.

(*Relevant*) Relevante: Que genere beneficios significativos para la organización.

(*Time Targeted*) Tiempo de cumplimiento: Los objetivos deben tener siempre un plazo de tiempo destinado para su consecución

Una vez verificado, se procede a realizar el *Project Charter* donde se detalla toda la información perteneciente al proyecto, tal como:

Nombre del Proyecto, problema identificado, objetivo del proyecto, miembros del equipo, beneficios esperados al final del proyecto y plazos.

1.2.2. Medir

En esta etapa se determina el estado actual del proceso y por ende el nivel sigma de calidad en el que este se desarrolla, así como la capacidad del proceso.

En esta etapa se recolectan los datos pertenecientes a las variables de desempeño a analizar en el proyecto, mediante un plan de recolección de datos, el cual incluya la validación de los equipos de medición usados para asegurar resultados confiables.

Esta etapa está estructurada por las siguientes actividades:

1.2.2.1. Mapeo del Proceso

Se realiza una representación visual de alto nivel del proceso, con el propósito de identificar entradas y salidas de cada fase, cuellos de botella, reprocesos o simplemente dividir el proceso en subprocesos para análisis determinados.

Es necesario identificar los componentes y elementos del proceso los cuales son proveedor, entradas, proceso, salida y cliente. Por sus siglas en inglés se también se denomina SIPOC.

Proveedor: Quien dentro del proceso se encarga de la proporción de entradas.

Entradas: Recursos e información necesaria para el funcionamiento del proceso.

Proceso: Actividad de transformación de entradas en salidas.

Salidas: Productos o servicios resultantes del proceso.

Cliente: Puede ser interno o externo y es quien recibe las salidas.

1.2.2.2. Validar la Medición

Esta etapa vamos a definir los parámetros de desempeño y variables a medir en el proyecto. Una vez definidos, se establece las herramientas e instrumentos para la recolección de datos.

Con los datos tomados, es necesario conocer la confiabilidad de los mismos, por lo que se corrobora la exactitud y precisión de los instrumentos siempre y cuando estos se hayan calibrado correctamente antes de la medición.

1.2.2.3. Análisis de Reproducibilidad y Repetibilidad (Gage R&R)

Es un análisis que tiene como propósito validar un sistema de medición. Repetibilidad se refiere a la variación observada cuando un operador mide la misma pieza con el mismo instrumento de medición varias veces. Y Reproducibilidad es la variación observada cuando varios operadores utilizan el mismo instrumento para medir la misma pieza.

Estos estudios toman en cuenta todo esto, es decir, variación del operador (quien usa el instrumento de medición), variación del equipo de medición, variación de ambas, variación de la característica a medir y la variación total.

El análisis divide la variación general en tres categorías:

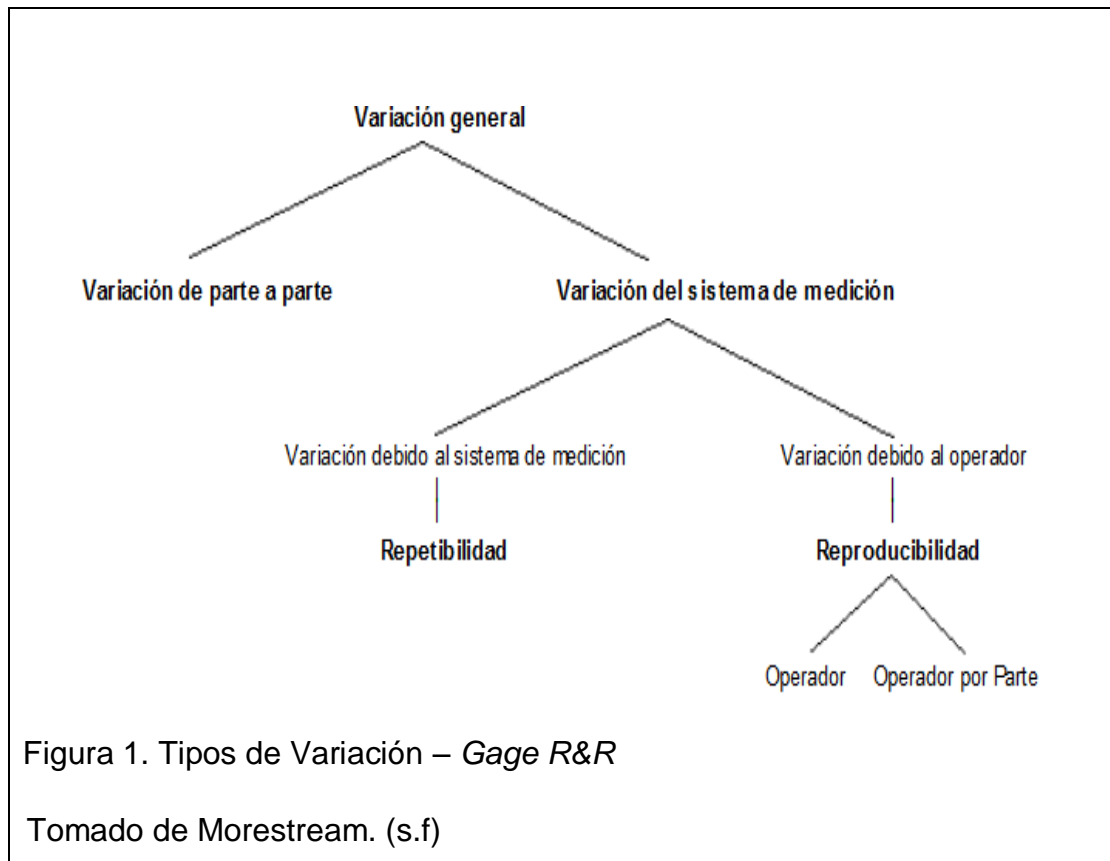
- Reproducibilidad
- Repetibilidad
- Parte por Parte

Un buen sistema de medición generalmente está concentrado en la categoría Parte por Parte, que considera que la variación del sistema de medición se da por la variación de las partes, mas no del operador o el instrumento usado.

Generalmente el valor de reproducibilidad y repetibilidad no debe ser mayor a 30% respecto a la variación total para que pueda considerarse un sistema de medición confiable.

A continuación tenemos un mapa conceptual donde se muestra la variación general de un modelo, y en el observamos que una parte corresponde a los diferentes valores de cada parte medida y otra al sistema de medición. Si la variación es derivada del sistema de medición, existen dos posibilidades:

- La variación proviene del sistema de medición (Repetibilidad)
- La variación se genera de parte del operador (Reproductibilidad)



Métodos:

- Rango

Este método permite conocer la aproximación de la variabilidad de las mediciones rápidamente, sin embargo no separa dicha variabilidad en reproductibilidad y repetibilidad.

- Promedio y Rango

Este método, a diferencia del primero si nos permite conocer la variabilidad de la reproductibilidad y repetibilidad, sin embargo no nos ofrece la interacción entre ambas, ni la interacción de operador e instrumento en el caso que existiese.

- Anova

Este es el método más eficaz, ya que descompone los componentes de variación pertenecientes a la reproductibilidad y repetibilidad, y también determina la interacción entre el operador con las partes medidas para saber la significancia de contribución entre ambas.

1.2.2.4. Estabilidad de Proceso

Antes de realizar el análisis de capacidad del proceso es necesario conocer si el proceso tiene un desempeño estable, es decir que al menos presente consistencia en su salida.

Esto no necesariamente indica que la salida del proceso cumpla con las especificaciones requeridas para la medición. La estabilidad de un proceso está asociada a causas comunes de variabilidad, es decir todas aquellas causas originadas por elementos básicos dentro de un proceso manufacturero, como son aquellos ligados a las 6 M's (Mano de Obra, Maquinaria Mediciones, Métodos, Medio Ambiente y Materiales).

Un proceso inestable se comporta de manera impredecible por lo que sus resultados a futuro no reflejarán el real comportamiento del proceso.

1.2.2.5. Capacidad de Proceso

Todo proceso se rige a especificaciones técnicas, lo cual se logra mediante la planificación de la calidad, sin embargo siempre es importante conocer si nuestro proceso tiene el desempeño suficiente para producir bajo las especificaciones determinadas.

Los índices de capacidad C_p y C_{pk} son la base para este concepto, donde el índice C_p es una relación entre la tolerancia de la especificación exigida y la tolerancia natural del proceso.

El siguiente gráfico demuestra el comportamiento del proceso dependiendo del valor de C_p .

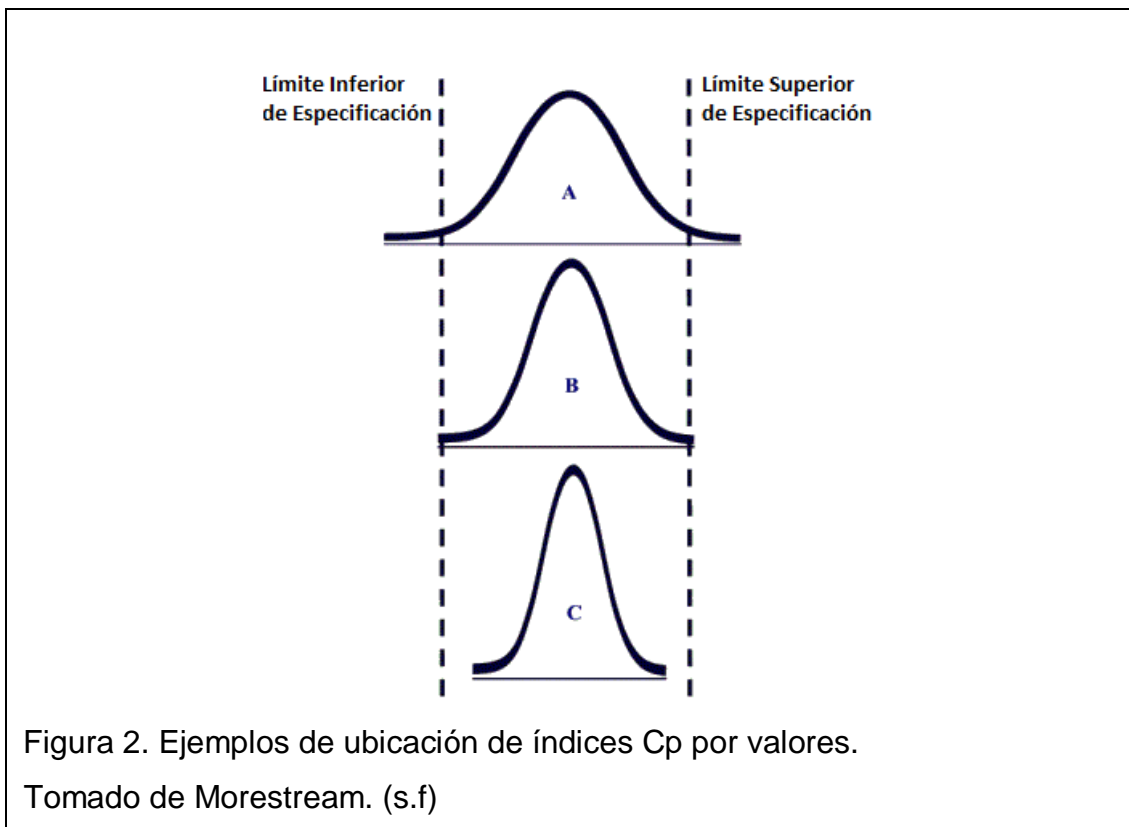
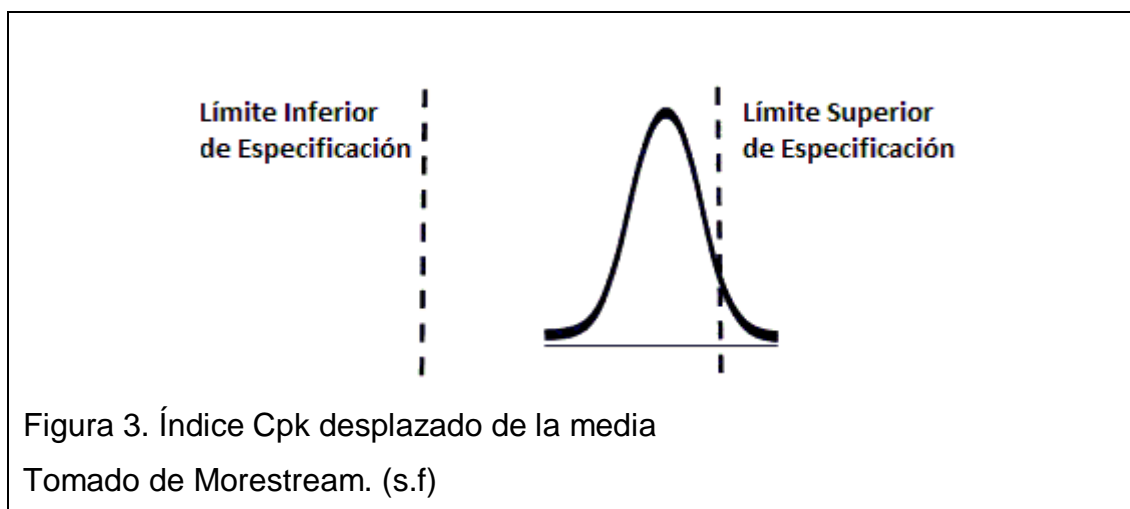


Tabla 1. Descripción de Índices Cp por valores.

Gráfico	Descripción
A	$C_p < 1$: La distribución del proceso es mayor a la tolerancia
B	$C_p = 1$: La distribución del proceso es igual a la tolerancia
C	$C_p > 1$: La distribución del proceso encaja dentro de la tolerancia, el proceso es capaz siempre y cuando esté centrado.

Mientras tanto, el índice Cpk indica una relación entre la media del proceso y su distancia con respecto al límite de especificación. Es decir, el Cpk evalúa el desplazamiento de la distribución con respecto al proceso.



La diferencia entre ambos es que el Cpk si toma en cuenta donde se encuentra la distribución mientras el Cp no lo hace.

Es por esto que cuando el C_p y C_{pk} tienen valores iguales o aproximadamente iguales sabemos que el proceso está centrado, aunque dependiendo de los valores pueden encontrarse fuera de especificación a la vez.

A continuación vamos a repasar algunos casos que podrían darse entre C_p y C_{pk} con valores al azar.

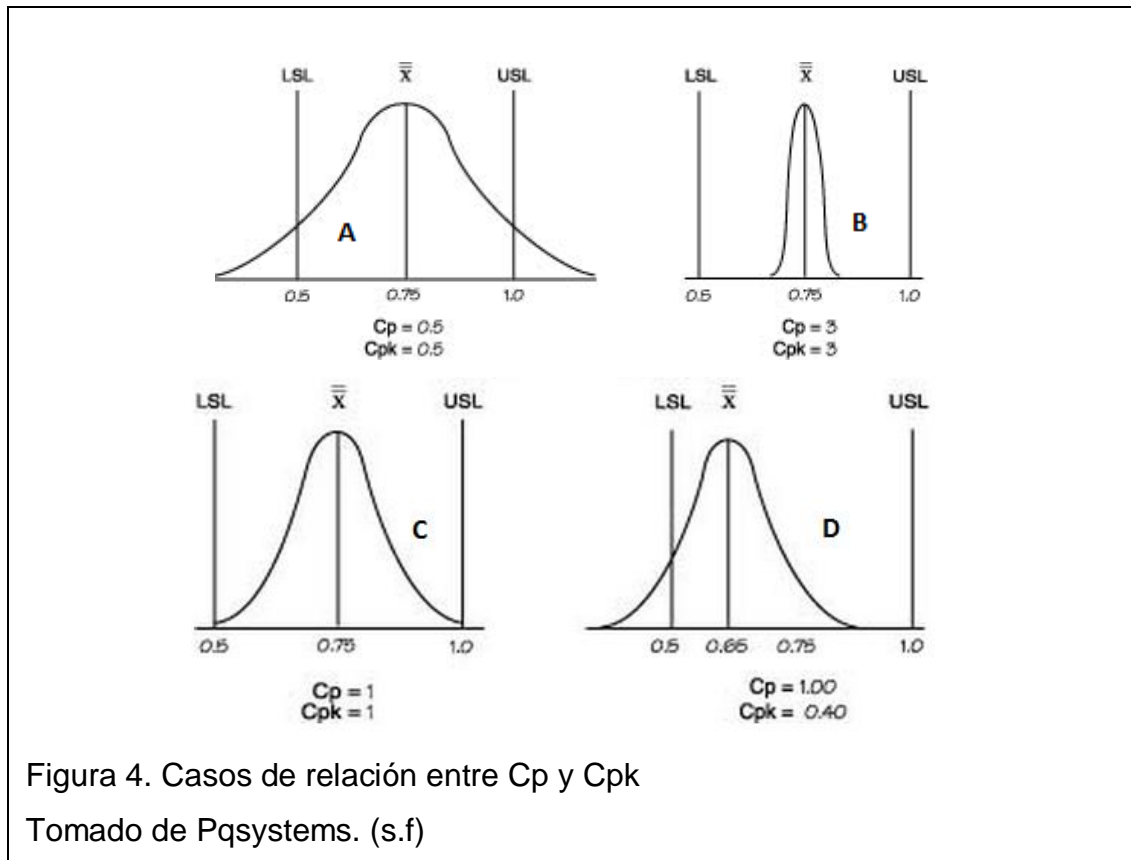


Tabla 2. Relación de Cp y Cpk

Gráfico	Cp; Cpk	Descripción
A	Cp=0,5; Cpk=0,5	Proceso fuera de especificación y centrado
B	Cp=3; Cpk=3	Proceso dentro de especificación y centrado
C	Cp=1; Cpk=1	Proceso dentro de especificación y centrado
D	Cp=1; Cpk=0,40	Proceso fuera de especificación y descentrado

1.2.2.6. Cartas de Control

Se utilizan con el fin de monitorear, mejorar y controlar el desempeño de un proceso estudiando la variación del mismo y sus fuentes.

Entre las ventajas de su utilización tenemos:

- Se enfoca en la detección y control de variaciones en el proceso
- Es una herramienta muy útil para el monitoreo de un proceso en marcha
- Aclaran el panorama actual del proceso para una óptima toma de decisiones

Los criterios para escoger el tipo de carta de control que más se adapte a nuestro modelo son los siguientes:

- Número de defectos
- Tipo de datos

- Número de subgrupos
- Número de defectuosos
- Tamaño de muestra

1.2.2.7 Transformación de Box Cox

El objetivo de la transformación de Box Cox es corregir problemas de normalidad en nuestros datos encontrando el valor λ (lambda) que indica la potencia a la que deben elevarse todos nuestros datos.

Esta transformación busca una potencia con un valor λ de -5 a 5 hasta que encuentre un valor ideal que agrupe nuestros datos de mejor manera. Si tenemos datos negativos este método no funciona.

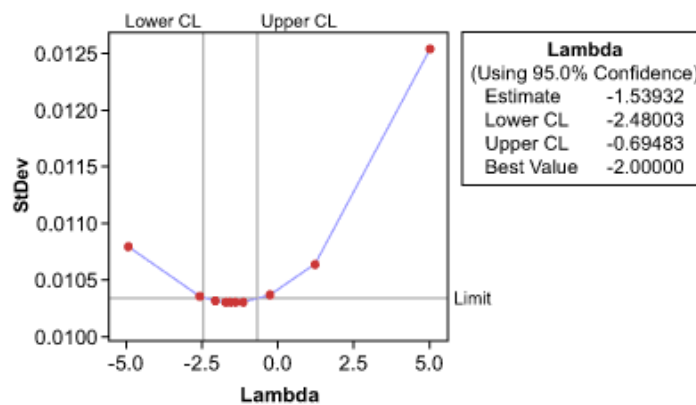


Figura 5. Ejemplo de gráfica de transformación Box Cox
Tomada De Minitab. (s.f)

El programa encuentra niveles de confianza superiores e inferiores (*Upper CL*, *Lower CL*), estos datos indican entre qué rangos se encontró el mejor lambda para la transformación.

El estimado es el factor encontrado que como vemos se encuentra entre ambos niveles de confianza, pero para la transformación de Box Cox es recomendable utilizar datos redondeados y es por eso que el programa sugiere el mejor valor a utilizar.

1.2.2.8. Z bench

Este índice nos indica la capacidad de nuestro proceso a corto y largo plazo, potencial y actual respectivamente.

El *Z bench* de corto plazo (*Z bench St*) es calculado usando la desviación estándar dentro del proceso y nos indica cómo se llevaría a cabo nuestro proceso si mantendríamos una variación constante a corto plazo.

Mientras que para el *Z bench* a largo plazo (*Z bench Lt*) se utiliza la desviación estándar total

Existe un cambio en el valor de Z, se denomina *Z shift*, y representa la diferencia entre el *Z bench* de corto y el de largo plazo. Valores de *Z shift* altos indican que hay cosas por mejorar en el proceso.

Se asume que el valor de *Z shift* es de 1.5σ , ya que esa sería la desviación natural de los procesos con el tiempo.

1.2.2.9. Z bench y capacidad Sigma

El valor perteneciente al Z *bench* es utilizado para el cálculo de la capacidad sigma de un proceso. Esta capacidad se calcula como 1.5 más el valor perteneciente al Z *bench* a largo plazo.

Por ejemplo:

Z *bench* Lt: 3

Capacidad Sigma: $1.5 + 3 = 4.5 \sigma$.

1.2.2.10. PPM

Partes por millón, es una unidad de medida que refleja un cierto número de unidades que hay por cada millón de unidades de la muestra.

También está relacionado con la capacidad sigma de un proceso mediante el índice de eficiencia de defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Cálculo de DPMO:

$$\text{DPMO} = 1000000 * \frac{\# \text{ de defectos}}{\# \text{ de unidades} * \# \text{ de oportunidades}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- # de defectos

Cantidad de unidades o no conformidades que se encuentran fuera de especificación dentro de un conjunto de unidades tomadas como muestra.

- # de unidades

Cantidad de unidades de muestra producidos en total.

- # de oportunidades

Cantidad de defectos posibles que se puedan encontrar dentro de una misma unidad.

1.2.2.11. Relación entre valores Z, capacidad sigma y PPM's

El gráfico a continuación demuestra la relación que existe entre estos índices, son importantísimos para la metodología *Six Sigma*.

Tabla 3. Relación *Zbench*, capacidad sigma y PPM

Z Bench	Capacidad Sigma	PPM
1	2.5 σ	158,655
2	3.5 σ	22,750
3	4.5 σ	1,350
4	5.5 σ	32
4.5	6 σ	3.4

Tomado de Support Minitab. (s.f)

Como vemos en la tabla, un nivel de excelencia 6 σ maneja apenas 3.4 defectos por millón de unidades.

1.2.3. Analizar

Esta etapa tiene como objetivo el análisis de la situación actual del proceso, identificación de causas potenciales que generan variabilidad en el problema, realización de pruebas de hipótesis acerca de las variables que afectan las salidas de nuestro proceso, de esta forma se identifican las causas raíz.

Para lograr estos objetivos, se utilizan herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Pareto, diagramas causa-efecto y análisis estadísticos de variables como regresión lineal, ANOVA, etc.

1.2.3.1. *Brainstorming* (Lluvia de Ideas)

Es una herramienta que sirve para establecer métodos creativos y eficientes agrupando ideas para solucionar problemas de cualquier tipo, tiene como objetivos producir ideas de diferentes puntos de vista acerca de un problema específico, de esta manera ampliamos nuestras opciones.

Todas las personas tienen una percepción distinta de las cosas, por lo que el aporte de cada uno de los participantes en esta técnica es determinante para encontrar soluciones.

Para que el brainstorming sea eficiente existen sugerencias como las siguientes:

- Suspende el juicio

Cuando se trata de ideas es necesario eliminar todo tipo de críticas, como estamos buscando una relación entre todas las ideas, todas las aportaciones son importantes, por lo que se debe tomar nota de todas para su posterior evaluación.

- Pensar libremente

Aportar con todo tipo de ideas, sin importar si son extremas o distintas a las comunes ya que con esto podemos abrir los límites del pensamiento más de lo habitual.

- La cantidad es importante

No limitar la cantidad de aportaciones del grupo, las primeras ideas que llegan son siempre las más comunes, mientras más larga sea la lista de ideas, en el análisis es más fácil agruparlas dependiendo de su relación.

- Efecto multiplicador

Es muy importante sugerir ideas sobre las aportaciones de los demás, las grandes soluciones pueden llegar mediante la interacción de ideas entre los participantes del grupo.

1.2.3.2. Diagrama de Árbol

Está estructurado como un organigrama y permite la visibilidad completa de ideas correlacionadas entre sí.

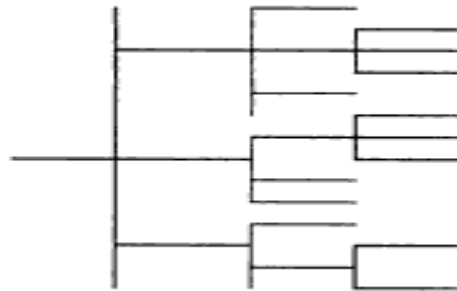


Figura 6. Estructura de Diagrama de Árbol

Tomado de: Las siete nuevas herramientas de mejora de la calidad. (Vilar, 1997, p.10)

El nombre se deriva de la forma en que está formado el diagrama, simulando la forma de un árbol, donde el tronco representa la idea principal del diagrama o problema a resolver y las ramas las causas o ideas relacionadas a la misma.

Se diferencia de los diagramas de relaciones y afinidad en que no solo está estructurado por ideas generadas en el *brainstorming*, sino que permite la adición de nuevas ideas que puedan generarse en el proceso de formación del diagrama

1.2.3.3. Diagrama de Dispersión

Se utilizan gráficas de dispersión con el fin de visualizar la relación existente entre dos variables continuas, donde se ubica en el eje Y la variable de respuesta y en el eje X las variables predictoras.

Los puntos en el análisis de dispersión siguen patrones dependiendo de si ambas variables están relacionadas, si no es el caso podremos observar puntos independientes sin ningún tipo de tendencia.

El patrón formado puede ser lineal o no lineal mientras que la dirección de los puntos determina si es positiva o negativa.

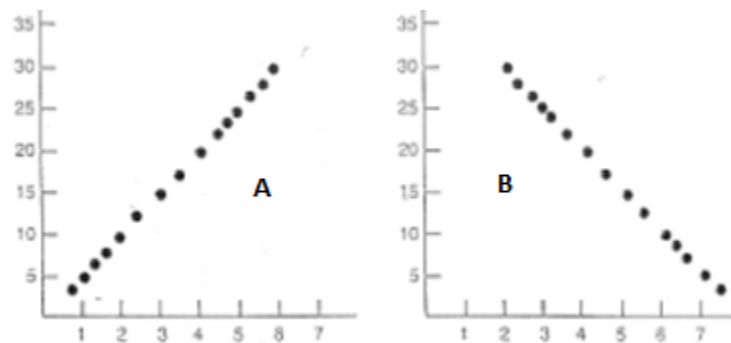


Figura 7. Ejemplo de tendencia en gráficos de dispersión

Tomado de UPA. (s.f)

El gráfico A demuestra relación lineal positiva, mientras que el gráfico B presenta una relación lineal negativa.

Dependiendo de la cercanía entre los puntos podemos determinar si su relación es fuerte, moderada o si no se relacionan en lo absoluto.

Así el mismo grafico a continuación demuestra una relación fuerte, el gráfico C muestra una relación moderada y el gráfico D muestra que no existe relación alguna.

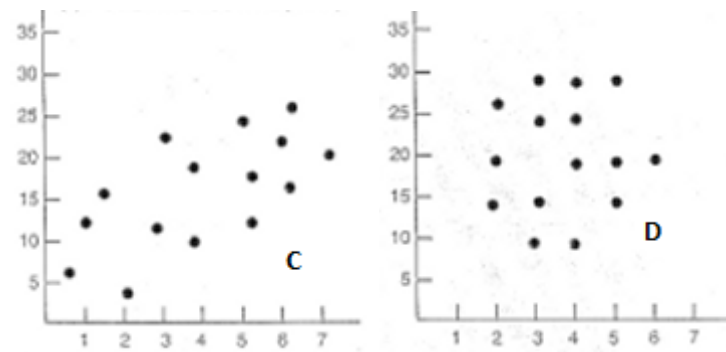


Figura 8. Ejemplo de tendencia en gráficos de dispersión 2

Tomado de UPA. (s.f)

Los diagramas de dispersión son el punto inicial para el análisis de regresión y correlación.

1.2.3.4. Pruebas de Hipótesis

Es necesario partir del significado de una hipótesis. Una hipótesis estadística es una aseveración o conjetura acerca de un parámetro o parámetros de una población; también se puede relacionar con el tipo o la naturaleza de la población. (Jhon E. Freud, Gary A. Simon, 1992)

Para el desarrollo de pruebas de hipótesis, sabemos de manera exacta qué debemos esperar de una hipótesis si es verdadera, por este motivo generalmente se realizan pruebas de hipótesis de lo contrario a lo que queremos demostrar.

De esta manera se deben plantear dos hipótesis, una hipótesis nula y una alternativa. La hipótesis nula indica lo que queremos demostrar, generalmente se refiere a la relación existente entre dos variables, pero para poder demostrarla deberíamos rechazar esta hipótesis. Siendo así nuestra hipótesis nula sería:

H_0 : No existe relación entre las variables X y Y

Es muy importante la existencia de la hipótesis alternativa, ya que es aquella que aceptamos en el momento en que rechazamos la hipótesis nula, es decir que nuestra hipótesis alternativa sería:

H_a : Existe relación entre las variables X y Y

Ambas hipótesis deben ir siempre juntas ya que de otra manera

1.2.3.5. ANOVA

El Análisis de Varianza es una herramienta que sirve para comprobar si dos o más medias muestrales fueron obtenidas de poblaciones cuyas medias paramétricas sean las mismas con respecto a una variable dada.

Dentro de un experimento, el análisis de varianza (ANOVA) es clave, ya que separa la variación total en las partes en las que cada fuente de variación contribuye en el experimento.

Un análisis de varianza requiere que los datos a analizar cumplan con los supuestos a continuación:

- Independencia de datos

Para asegurar la independencia de datos, debemos tomarlos de manera aleatoria, la dependencia de datos nos obliga a repetir el experimento y por ende una nueva toma de datos es necesaria.

- Normalidad

La independencia de datos nos hace suponer que existe normalidad en nuestros datos, sin embargo no siempre es así. Para esto se realizan test de normalidad, entre los más utilizados es el de Kolmogorov-Smirnov.

- Homocedasticidad

La homocedasticidad u homogeneidad, es una condición previa muy común en test estadísticos, y se refiere a igualdad de varianzas.

1.2.3.6. Análisis de Regresión

El análisis de regresión genera una ecuación que indica la relación existente entre variables predictoras y la variable de respuesta.

Dependiendo de la cantidad de variables predictoras se dividen en regresión simple (Una variable predictora) y regresión múltiple (dos o más variables predictoras).

Para validar este análisis de regresión se verifican las siguientes condiciones:

- El nivel de relación se dará mediante el valor p de cada variable predictora, valores debajo del nivel de confianza utilizado en el modelo rechazan la

hipótesis nula de la no existencia de relación, confirmando que las variables si tienen correlación entre sí.

- El valor perteneciente a R-cuad debe ser mínimo de 80%, valores menores reflejan que existen otras variables afectando la variable de respuesta.
- Análisis de Residuales
Los residuales deben cumplir con los supuestos de normalidad, independencia y linealidad.

La independencia y linealidad se verifican gráficamente, donde debe existir homocedasticidad para validar el modelo. Los gráficos que se analizan son el de Residuos vs Predichos (linealidad), Residuos vs Orden de obtención de datos (independencia).

El tercer supuesto indica que los residuales del análisis de regresión deben seguir una distribución normal, de lo contrario pueden indicar problemas con el sistema de medición o del tamaño de muestra, también puede indicar errores con el nivel de confianza utilizado, afectando la estimación de la varianza del modelo.

1.2.3.7. Multicolinealidad

La multicolinealidad indica la relación existente entre dos variables predictoras dentro de un modelo, en la práctica no existe relación de variables perfecta, es decir sin multicolinealidad.

La multicolinealidad aumenta la varianza de los coeficientes de regresión, desestabilizándolos y complicando su interpretación.

Cuando la multicolinealidad es severa se pueden tomar distintas medidas:

- Retirar la variable predictora del modelo
- Utilizar distintos métodos de regresión el de mínimos cuadrados o el de análisis de componentes principales, ambos reducen al máximo las variables predictoras, dejando las más influyentes y menos correlacionadas entre sí.

Puede generar aumento de la varianza de los coeficientes de regresión, haciéndolos inestables y difíciles de interpretar

1.2.3.8. Análisis de Pareto

Es un análisis que se realiza con el principio 80/20 que dice que el 80% de problemas proviene del 20% de las causas. Estas causas son consideradas vitales, ya que enfocando nuestros esfuerzos en la erradicación de esas causas podremos eliminar casi todos los problemas estudiados.

Las demás causas que se hayan considerado inicialmente deberán hacerse a un lado, el análisis de Pareto permite la solución de estos problemas de manera eficiente.

El siguiente ejemplo es tomado del *software* Minitab, y es un diagrama de Pareto con datos al azar.

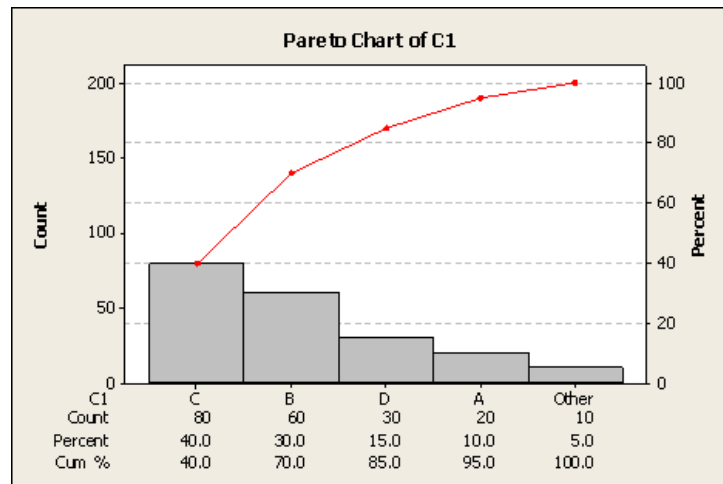


Figura 9. Ejemplo Diagrama de Pareto

Tomado de Minitab. (s.f.)

El diagrama de Pareto refleja que el 85% de los problemas son generados por las causas C, B y D, esto lo podemos visualizar debajo del porcentaje de cada factor, es decir en la barra de porcentaje acumulado. Esto deja a la causa A y a otras causas como aquellas de menos impacto en el proceso.

Sugerencias para el uso de diagramas de Pareto:

- Con el fin de entender el problema es necesario analizarlo desde varios puntos de vista, por lo que se recomienda la realización de varias clases de diagramas con cada punto de vista analizado, para encontrar aquellas causas vitales importantes para la solución de un problema.

- En el diagrama, la categoría “otros” no debería representar un porcentaje alto, debido a que esto significaría que nuestros datos no están debidamente clasificados y una cantidad muy alta de ítems recaen sobre la misma categoría de datos.
- Si uno de los factores tiene solución rápida y sencilla debe entrar el plan de mejora de manera inmediata, a pesar de tener un porcentaje pequeño ya que medidas sencillas pueden servir como experiencia para problemas más grandes.
- Se puede realizar análisis de Pareto de causas, con esto vamos profundizando los conceptos relacionados al problema inicial y podemos hallar causas que no se tuvieron en cuenta al principio.

1.2.4. Mejorar

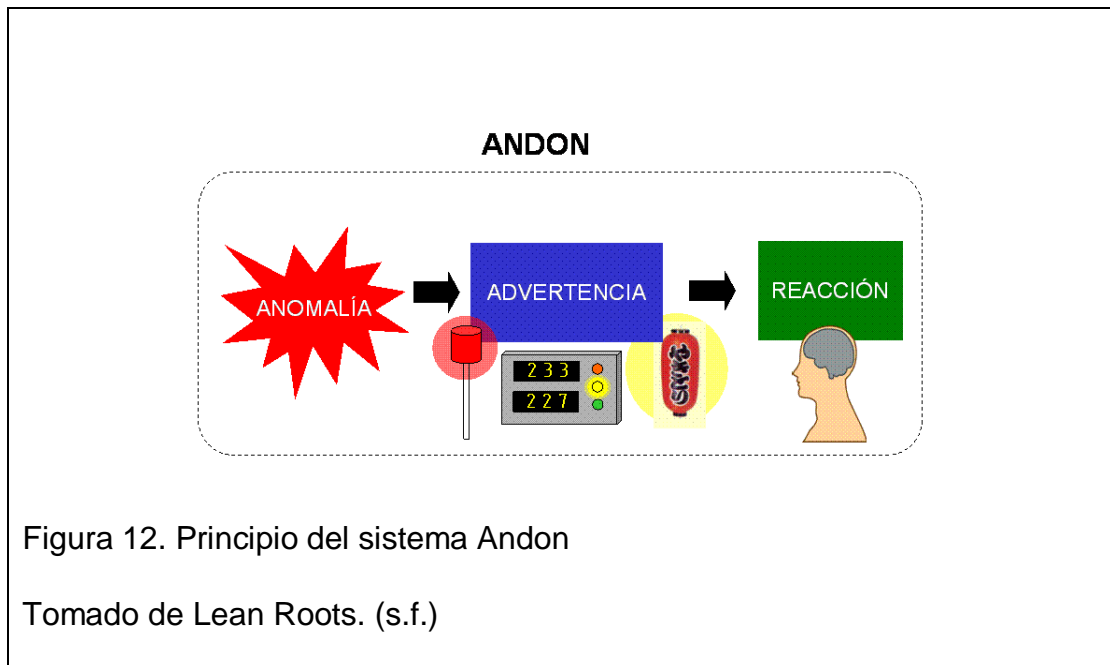
En esta etapa desarrollaremos y validaremos soluciones potenciales a las causas raíz encontradas previamente, mediante una metodología experimental de enfoque integrado, usaremos herramientas como Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), Diseño de Experimentos, Lluvia de Ideas, entre otros.

Las herramientas a usar serán determinadas dependiendo de las oportunidades de mejora encontradas en la etapa anterior

1.2.4.1. SISTEMA ANDON

La palabra ANDON, es una palabra derivada del japonés, para la palabra luz. A pesar de esto también se asocia el término con alarmas o sonidos de alerta, en

cualquier caso la función principal es el aviso inmediato a cualquier evento no común dentro de un proceso que necesite ser revisado.



En la imagen podemos visualizar el principio del sistema ANDON, se detecta una anomalía en el proceso, se emite una señal de advertencia, el operador la asimila y toma medidas al respecto.

Objetivos del sistema ANDON

- Permite determinar la condición de equipos durante el proceso
- Pretende una reacción inmediata a cualquier tipo de situación anormal

El éxito del sistema ANDON dependerá en su mayoría de la reacción del personal, las acciones a tomar al activarse el sistema deben estar bien definidas para aprovechar al máximo el potencial del sistema.

Sugerencias para un sistema ANDON eficiente:

- Sistema simple de fácil comprensión
- Establecer los objetivos del sistema
- Dejar definidas las actividades pertenecientes a las reacciones a tomar

1.2.4.2. 5W 1H

Es una herramienta de mejora cuyo nombre viene de las siguientes palabras en inglés (*Who, What, Where, When, Why, How*), es decir, Qué, Quién, Dónde, Cuando, Por qué y Cómo. Con un método de interrogaciones es una herramienta muy utilizada para solucionar problemas.

Generalmente presenta distintas etapas, que describen el desarrollo previo al análisis, el desarrollo sugerido y las posibles variantes que se pueden realizar para cada factor de interrogación.

1.2.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño de experimentos está conformado por diferentes modelos científicos que se utilizan dependiendo del objetivo que se haya planteado, el objetivo en general es proporcionar información referente a un proceso y más detalladamente, conocer la relación causa-efecto de modelos que involucren un nivel de complejidad importante.

Desde un inicio en todo diseño experimental debe definirse los factores en los que se va a desarrollar el modelo, como niveles, tipo de pruebas, número de tratamientos y número de repeticiones. Para definir estos parámetros hay que tomar en cuenta los recursos disponibles,

1.2.4.3.1. Etapas del Diseño Experimental

Para garantizar un diseño experimental confiable es necesario seguir distintas etapas que son las siguientes:

- **Planeación y Realización**
Consiste en entender el problema y elegir las variables de respuesta que se van a medir en el diseño, asegurando la confiabilidad de dichos datos
- **Análisis**
Utilización de modelos estadísticos que generen resultados determinantes, la herramienta más utilizada es el Análisis de Varianza.
- **Interpretación**
Está basado en el análisis estadístico previo, donde se analiza de manera minuciosa los resultados, comparándolos con el estado previo a la realización del modelo y así enriquecer la información obtenida acerca del proceso y los factores relacionados con el mismo.
- **Control**
Se toman decisiones acerca de las medidas que se pueden utilizar para garantizar que las mejoras se mantengan dentro del proceso y se aproveche al máximo los resultados del diseño.

1.2.4.3.2. Modelo Lineal Generalizado

Es un modelo que permite la agrupación de distintas herramientas y métodos estadísticos como regresión y Análisis de Varianza ANOVA, es un modelo muy utilizado para variables continuas. Se diferencia del clásico modelo de regresión lineal en que la variable de respuesta puede seguir cualquier tipo de distribución a parte de la normal y que incluye variantes para el estudio de medias.

Un Modelo Lineal Generalizado (MLG) está estructurado por tres componentes:

Componente Aleatoria: Indica la variable de respuesta del modelo y su distribución

Componente Sistemática: Indica las variables independientes utilizadas en la función lineal

Función Link: es una combinación esperada de las variables independientes con la variable de respuesta

1.2.4.3.3. Pruebas de Comparación Múltiple

El propósito general de estas pruebas es controlar el nivel de significancia total de un conjunto de inferencias procedentes de un análisis ANOVA, para lo cual existen pruebas estadísticas que se escogen dependiendo de distintos factores que se ajusten a las características de nuestro modelo.

Entre las pruebas más destacadas e encuentran la LSD y HSD.

La LSD es la prueba más utilizada una vez rechazada la hipótesis nula de igualdad de medias de ANOVA, esta prueba compara las medias de un número similar de niveles de un factor y crea intervalos de confianza para todas las diferencias de medias por pares de cada nivel.

Mientras que la Tukey HSD Es la mejor opción cuando el tamaño de muestras a estudiar son desiguales, ya que con intervalos de confianza y muestras iguales es menos potente. Cuando el número de factores es muy grande la prueba pierde confiabilidad de manera mínima.

1.2.5. Controlar

1.2.5.1. Hoja de Elementos de trabajo JES (Job Element Sheet)

Consiste en todos los elementos de una operación, donde se incluyen todos los pasos que un proceso incluye. Es muy utilizada para la estandarización y mejora continua de procesos.

Esta hoja incluye material fotográfico y observaciones puntuales de cada paso y sus propósitos son:

- Detallar un proceso con el fin de que empleados nuevos se familiaricen de manera inmediata con el trabajo a realizar.
- Sirve como punto de partida para proyectos de mejora y solución de problemas

CAPÍTULO 2

2. DEFINIR (*DEFINE*)

El objetivo en esta etapa es establecer el foco de mejora del proyecto de titulación, de mano con las necesidades y requisitos del cliente. Aquí determinaremos los CTQs (*Critical to Quality*) y delimitaremos el proceso a mejorar. Finalmente se diseñará el *Project Charter* que incluirá las metas, propósitos y beneficios del proyecto.

2.1. Definir foco de mejora

El foco para este proyecto está principalmente orientado a la variabilidad de Kg de pintura usados en el producto Teja Residencial color cerámico, es decir, rendimiento.

Como antecedente se sabe que desde Julio a Octubre del 2014 se registraron las siguientes especificaciones para color cerámico:

- Estándar: 130 gr/m² Por Teja Residencial: 189,87 gr
- Actual: 143,66 gr/m² Por Teja Residencial: 209,74 gr

Es decir que en promedio por cada Teja Residencial color Cerámico pintada en este lapso de tiempo se utilizaron 19,87 gramos demás en cada teja pintada. La línea verde corresponde al estándar exigido y los puntos rojos al rendimiento registrado de pintura en gr/m².

Para Teja Residencial en color Cerámico (Ocre) la siguiente tabla representa el desperdicio en materia de costos, tomando en cuenta el costo unitario de la pintura por kilogramo en cada mes.

Tabla 4. Costo de desperdicios de pintura (kg) en color Ocre (Cerámica)

Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
\$ Ocre (kg)	\$1,18	\$1,21	\$1,17	\$1,17	Total
Ocre (kg)	146,77	152,75	93,11	41,38	434,01
\$ Desperdicio	\$173,18	\$184,82	\$108,93	\$48,41	\$515,34

El desperdicio de pintura correspondiente al lapso de tiempo entre julio y octubre del 2014 fue de \$515,34, y en cantidad de pintura fue de 434,01 kg.

A pesar de que el costo del kilo de pintura promedio no es muy alto, hay que considerar que la cantidad de pintura que se desperdició es la equivalente a pintar 2286 Tejas Residenciales Cerámicas.

Por tema de alcance, el presente proyecto de titulación, está orientado al producto de Teja Residencial en color Cerámico, sin embargo el desarrollo del proyecto deja a todos los colores de la Teja Residencial dentro del beneficio esperado, ya que el color no es una variable que afecte significativamente el proceso.

Por lo que la siguiente tabla contiene el desperdicio económico equivalente al mismo producto pero a todos los demás colores que se pintan, incluyendo el color Cerámico. Los datos utilizados pertenecen a los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del 2014 y la tabla incluye cantidad de Tejas Residenciales pintadas, cantidad de pintura utilizada, la diferencia con respecto a la cantidad de pintura que se debió utilizar y el costo unitario promedio de los distintos colores por kilogramo.

Tabla 5. Desperdicio de pintura para Teja Residencial en todos los colores

Desperdicio de Pintura - Teja Residencial (Jul - Oct) 2014							
Mes	Colores	Unidades	Pintura a utilizar (kg)	Pintura utilizada (kg)	Desperdicio de Pintura (kg)	Costo Unitario de Kg de Pintura (\$)	Costo Desperdicio de Pintura (\$)
Julio	Cerámico	6472	1228,83	1375,6	146,77	\$ 1,18	\$ 173,18
	Rojo Teja	842	159,87	177,4	17,53	\$ 1,14	\$ 19,98
Agosto	Cerámico	4583	870,00	1022,75	152,75	\$ 1,18	\$ 180,24
	Cerámico	3742	710,49	803,6	93,11	\$ 1,18	\$ 109,87
Septiembre	Rojo Teja	813	154,36	188	33,64	\$ 1,14	\$ 38,34
	Ladrillo	50	9,49	16	6,51	\$ 1,28	\$ 8,33
	Naranja	352	66,83	68	1,17	\$ 1,77	\$ 2,06
	Verde Aceituna	404	76,71	95,4	18,69	\$ 1,77	\$ 33,09
Octubre	Cerámico	7028	1334,41	1375,79	41,38	\$ 1,18	\$ 48,83
	Rojo Teja	112	21,27	25,4	4,13	\$ 1,14	\$ 4,71
	Ladrillo	150	28,48	32	3,52	\$ 1,28	\$ 4,50
	Verde Aceituna	52	9,87	11,6	1,73	\$ 1,77	\$ 3,06
	Negro	30	5,70	10,2	4,50	\$ 1,34	\$ 6,04
	Ocre Otoño	1261	239,43	256,15	16,72	\$ 1,15	\$ 19,23
TOTAL		25891	4915,74	5457,89	542,15		\$ 651,46

Tomado de: Reporte de Producción – Tren de Coloración 2014.

En la tabla se observa que en los meses de julio a octubre del 2014 se desperdició un total de \$651,46 y se desperdició un total de 542,15 kg de pintura. Esta cantidad de pintura es la necesaria para pintar 2846 Tejas Residenciales, lo que es una cantidad importante tomando en cuenta que la producción promedio de Tejas Residenciales a color es de 6473 aproximadamente.

El rendimiento actual, de todos los colores pertenecientes al producto Teja Residencial se analiza en la siguiente tabla:

Tabla 6. Rendimiento de Pintura para Teja Residencial en todos los colores

Rendimiento de Pintura - Teja Residencial (Jul - Oct)				
Mes	Unidades	Pintura utilizada (gr)	Cantidad de Pintura por Teja (gr)	Rendimiento (gr/m²)
Julio	7314	1553000	212,33	145,43
Agosto	4583	1022750	223,16	152,85
Septiembre	5361	1171000	218,43	149,61
Octubre	8633	1711140	198,21	135,76

En esta tabla es fácil observar la variación del rendimiento de pintura en cada mes, y tomando en cuenta la especificación exigida de 130 *gr/m²* no solo es notable la variación sino también las distancias que separan el rendimiento real del estándar exigido.

Utilizando estos datos se realizó una estimación del valor de desperdicio mensual en dólares, y se incluyó el rendimiento promedio que se maneja actualmente en la empresa, el cual ya incluye todos los colores que se pintan en Teja Residencial en la siguiente tabla:

Tabla 7. Promedio de desperdicio mensual aproximado y rendimiento

Promedio	
Rendimiento (<i>gr/m²</i>)	145,92
Desperdicio Mensual (\$)	162,86

Al año este desperdicio de pintura tendría un valor económico de \$1954,32 si es que el rendimiento se mantiene en un promedio de 145,92 *gr/m²*.

Para este trabajo de titulación se propone un enfoque complementario que está basado en la reducción de Teja Residencial no conforme en color en un 50%. Al igual que el enfoque principal, tampoco influye el color de la Teja Residencial con el índice de roturas, por lo que el proyecto tomará en cuenta las roturas pertenecientes al producto mencionado en todos los colores.

En los meses de julio a octubre del 2014 hubo un total de 918 Tejas Residenciales rotas, de las cuales 765 son consideradas roturas en gris y 153 como roturas en color.

Las roturas en gris se producen fuera del área de coloración, por ejemplo en el transporte del producto hacia el área de pintado, etc. Mientras que las roturas en color se dan exclusivamente dentro del proceso de coloración, que es el proceso en el que se enfoca este trabajo de titulación, y por ende se centrará en este tipo de rotura en específico.

Con ayuda de la tabla a continuación se puede apreciar el porcentaje de rotura en color y en gris de los meses de julio a octubre del 2014 en relación a la cantidad de producto pintado en el área de coloración.

Tabla 8. Porcentaje de rotura a color en relación a la cantidad de Tejas Residenciales pintadas en total.

Meses	Total Rotura	Rotura Color	Rotura Gris	Cantidad Pintada	%Rotura a color / mes
Julio	149	34	115	7314	0,46%
Agosto	153	30	123	4583	0,65%
Septiembre	109	54	55	5361	1,00%
Octubre	507	35	472	8633	0,40%

Tomado de: Reporte de Producción – Tren de Coloración 2014

Verificando la tabla anterior es posible darse cuenta de que el porcentaje de rotura en color es mínimo, no sube del 1% en el tiempo que se analizaron los datos. Parece un índice de roturas muy bajo, pero al analizarlo en materia de costos se puede encontrar valores importantes.

La tabla a continuación representa el desperdicio en materia de costos del producto a color defectuoso en los meses de julio a octubre del 2014, tomando en cuenta el costo unitario de la Teja Residencial para cada mes descrito.

Tabla 9. Costo total de rotura en color de Teja Residencial

Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
\$ Teja Residencial Cerámica	\$6,09	\$6,06	\$5,95	\$5,70	
Roturas en color	34	30	54	35	153
\$ Costo rotura en color	\$207,0	\$181,8	\$321,3	\$199,5	\$909,6

En resumen, los desperdicios mensuales generados por este enfoque de roturas son aproximadamente \$227,4, que anualmente tendrían un valor de \$2728,8.

2.2. Identificar características críticas

Las características críticas se identificaron con las fuentes respectivas, es decir quienes reciben el producto en ambos enfoques del proyecto de mejora. En ambos casos se ha identificado a los clientes que intervienen en el proceso, las exigencias de cada uno y los problemas importantes que pudiesen presentarse.

Cabe destacar que los clientes de ambos enfoques son los mismos, el departamento de Calidad y el de Almacenes cuyas funciones son las del aseguramiento de la calidad del producto y la de la liberación del producto para su salida al mercado respectivamente.

Para el enfoque de la variabilidad en la cantidad de pintura por metro cuadrado, la voz del cliente o lo que el cliente espera obtener, es un producto con un pintado adecuado en todos los sentidos. Mientras que los problemas clave a enfocarse para satisfacer al cliente son la mala distribución de pintura y la cantidad de pintura por metro cuadrado en cada teja.

Mientras que para el segundo enfoque el cliente espera un producto sin roturas, los problemas más importantes para el cliente en este enfoque están ligados a la detección oportuna de defectos y a los problemas que pudiesen encontrarse en el dentro del proceso de fabricación y que causasen defectos en la teja residencial.

Tabla 10. Voz de Cliente (VOC)

Voz del Cliente (VOC)		
Cliente	Voz de Cliente	Problemas clave para el cliente
Almacenes	Teja con pintado adecuado	Mala distribución de pintura
Calidad		Cantidad de pintura por teja
Almacenes	Teja sin defectos	Detección Ineficiente
Calidad		Problemas en el proceso

Todas estas características y condiciones que el cliente espera obtener en un producto son también denominadas CTQ's (*Critical to Quality*).

El siguiente diagrama representa la voz del cliente por cada enfoque del proyecto de titulación, es decir para la variabilidad del rendimiento de pintura y para la rotura en color para teja residencial.

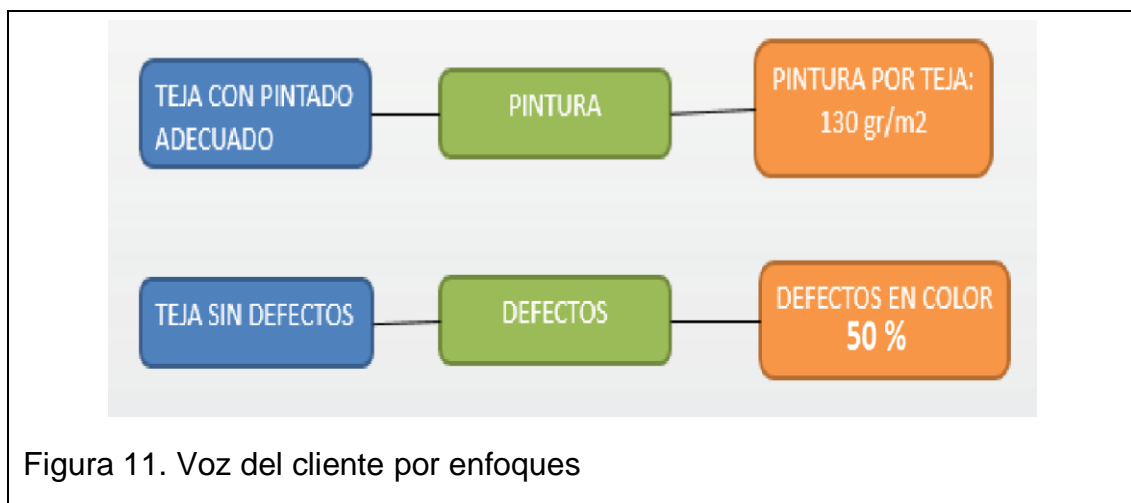


Figura 11. Voz del cliente por enfoques

2.3. Definir parámetros de desempeño

El tren de coloración funciona con parámetros que son modificados por el personal antes de iniciar un lote de pintado, estos parámetros manejan las variables responsables del funcionamiento del proceso, desde el inicio hasta la salida del mismo. Los parámetros que el personal modifica son temperaturas de hornos, velocidades de cadenas y rodillos transportadores y presión de la boquilla.

Siendo así y tomando que ambos enfoques son definidos como de alto impacto para la calidad y costo de producto hemos escogido las siguientes variables como parámetros de desempeño CTX (*Critical to process*) para el presente proyecto de titulación.

- Presión
- Temperatura de Pre calentamiento
- Temperatura de Secado
- Velocidad de Entrada
- Velocidad de Rodillo
- Velocidad de Salida

2.4. Formalizar el proyecto de mejora

Tabla 11. *Project Charter*

Project Charter			
Nombre del Proyecto	Propuesta de proyecto de disminución de Variabilidad de la línea de Coloración en la empresa Eternit mediante el uso de la metodología <i>Six Sigma</i>	Proceso	Coloración
Problema	<p>El producto más pintado en el área de coloración es la Teja Residencial, la cual presenta un rendimiento variado y muy alejado de la especificación estándar de 130 gr/m². Actualmente el proceso tiene un desperdicio de pintura de 542,15 kg en cuatro meses, los cuales representan un promedio de \$651,46 en este lapso de tiempo. Y en cuanto al rendimiento maneja un valor de 145,91 gr/m².</p> <p>Por otro lado, en el mismo proceso y producto se manejan índices de rotura que parecen ser favorables para la empresa en términos de cantidad de roturas, pero afectan a la empresa en \$909,6 en lapsos de cuatro meses. Estas roturas son exclusivas de coloración y representan Tejas Residenciales rotas.</p>	Alcance	<p>Macroproceso: Coloración de Teja Residencial.</p> <p>Subproceso: Resanado, Limpiado, Precalentamiento, Pintado, Pintado de Mancha, Secado y Empacado.</p> <p>Límites del Proyecto:</p> <p>Desde: Resanado.</p> <p>Hasta: Salida del Tren de Coloración y empacado.</p>

<p>Enfoque</p>	<p>1) Variabilidad del rendimiento de pintura por metro cuadrado</p>	<p>Beneficio Esperado</p>	<p>El proyecto nos va a permitir conocer:</p> <p>Prioridades a mejorar respecto a los subprocesos dentro del Tren de Coloración.</p> <p>Desempeño actual del proceso con respecto a los parámetros de medición.</p> <p>Posibles fuentes de variación dentro del proceso.</p> <p>De las fuentes, cuales son controladas y cuales no.</p> <p>Métodos de control.</p> <p>Definición de variables críticas.</p> <p>Posibles ajustes en las variables críticas para optimizar el proceso.</p>
<p>Metas</p>	<p>Las metas para el proyecto están dadas por ambos enfoques, el de variabilidad en el consumo de pintura y en el de la reducción de roturas. Ambas con el fin de optimizar los recursos utilizados, evitar reprocesos innecesarios, generarle un ahorro a la compañía y mejorar la calidad del producto final.</p> <p>Primer enfoque: Reducir la variabilidad del proceso de pintado, con un objetivo de 130 gr/m².</p> <p>Segundo enfoque: Reducir el producto no conforme a color en Teja Residencial en un 50%.</p>	<p>Parámetros de Desempeño</p>	<p>Presión</p> <p>Temperatura de Secado</p> <p>Temperatura de Pre calentamiento</p> <p>Velocidad de Entrada</p> <p>Velocidad de Rodillo</p> <p>Velocidad de Salida</p>

CAPÍTULO 3

3. Medir (*Measure*)

En esta etapa, las herramientas a usar determinarán el estado actual del proceso, el nivel sigma en el que se desarrolla, la capacidad del proceso (CP, CPK's) y los datos pertenecientes a las variables de desempeño. Es importante validar los equipos de medición usados para obtener resultados confiables y es lo que mediante modelos estadísticos se verificará dentro de esta etapa.

Todas las mediciones que se realicen dentro del trabajo de titulación deben ser determinadas en base a los enfoques identificados en la etapa Definir, y se deben validar con el fin de evitar errores que no permitan un desarrollo confiable del proyecto.

3.1. SIPOC

El proceso objeto de estudio para este trabajo de titulación debe estar comprendido en todos sus aspectos, por lo que la herramienta SIPOC es la indicada para identificar:

- Proveedores
- Entradas
- Proceso
- Salidas
- Clientes

De esta manera el diagrama SIPOC para el proceso de coloración se constituye de la siguiente manera.

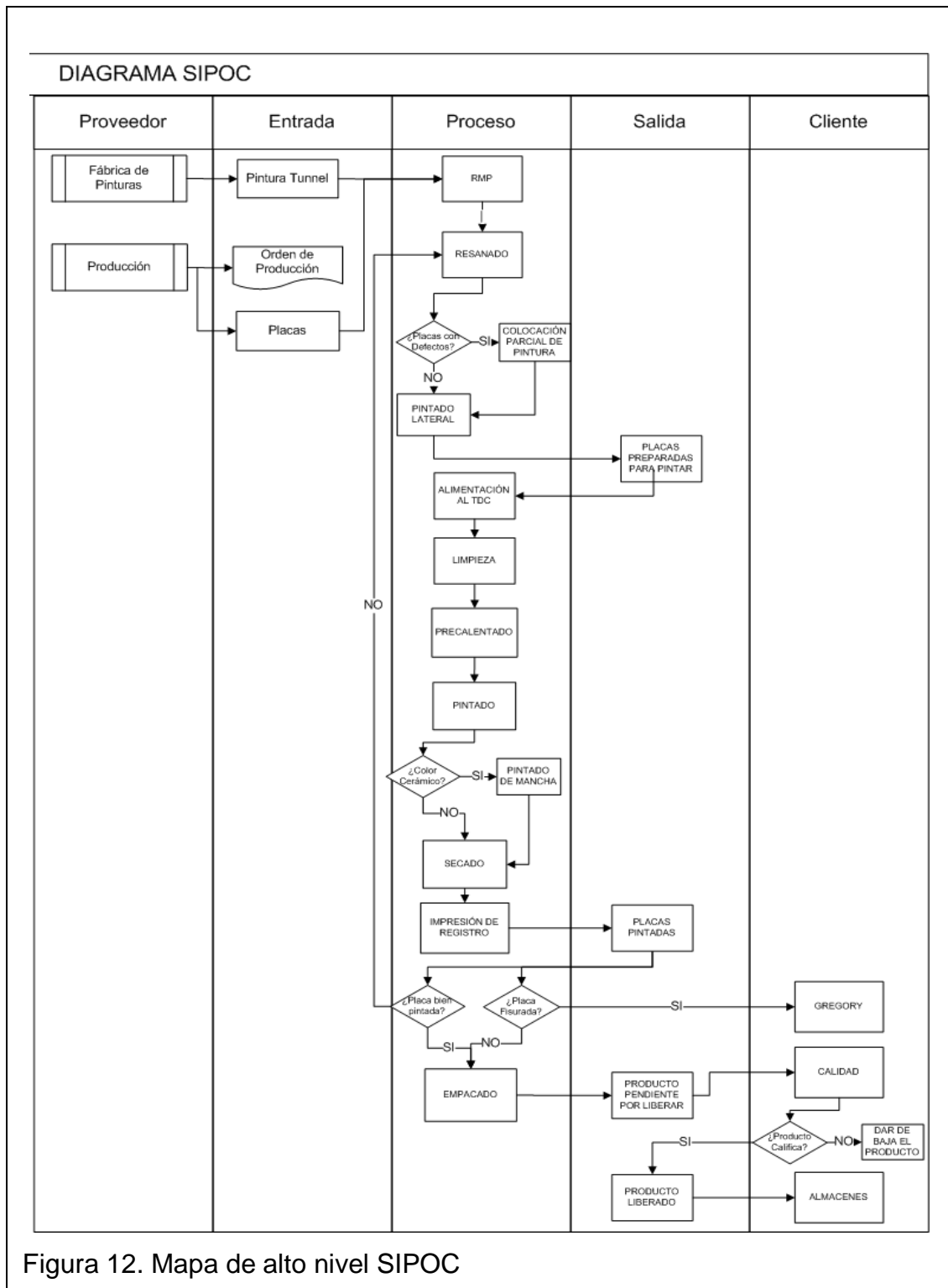


Figura 12. Mapa de alto nivel SIPOC

3.2. Variables a Medir

Las variables que serán medidas están relacionadas con los parámetros de desempeño del tren de coloración que son presión, temperatura de precalentamiento, temperatura de secado, velocidad de entrada, rodillo y de salida en función del rendimiento (gr/m^2) de pintura en Teja Residencial.

3.3. Origen de los datos medidos

Las mediciones se realizaron cada vez que se pintó Teja Residencial en el tren de coloración, y los datos se tomaron con los instrumentos de medición pertinentes para todas las variables en el proceso.

La presión se midió mediante el manómetro ubicado en la cabina de pintado del tren de coloración y que está conectado directamente con la boquilla de pintado.

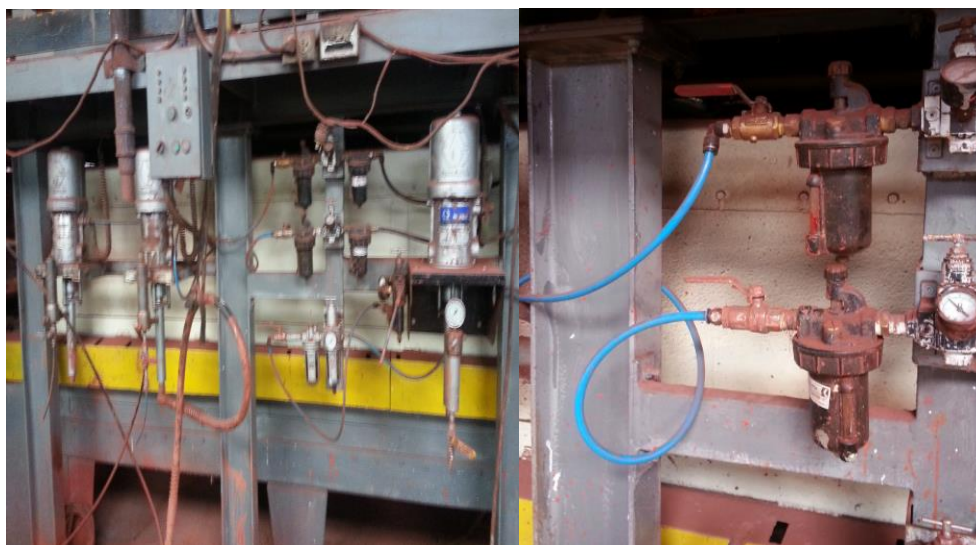


Figura 13. Manómetro de boquilla

Mientras que las demás variables son programadas mediante un sistema PLC del proceso y sus datos fueron tomados directamente de la pantalla de programación.



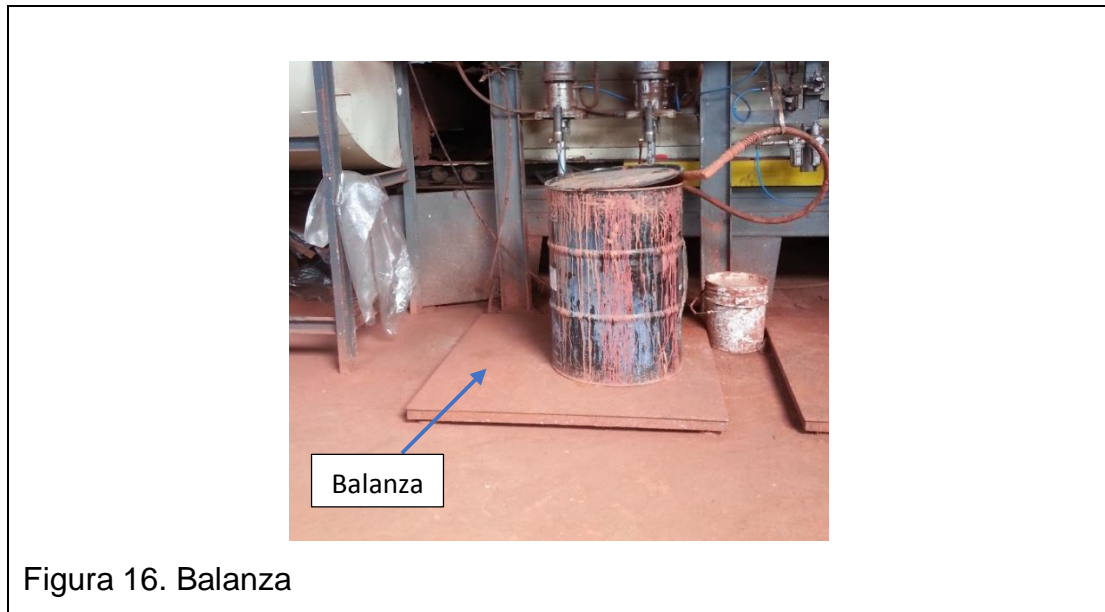
Figura 14. Programación de Temperaturas



Figura 15. Programación de Velocidades

3.4. Aseguramiento de exactitud y calibración de las mediciones

La variable de respuesta (rendimiento) es medida en gr/m^2 por lo que es una relación entre la cantidad de pintura usada (gramos) y el área de la teja residencial.



En la empresa existen siete balanzas, las cuales todas están debidamente calibradas por el INEN. El documento de certificación se encuentra en el Anexo 18: Certificación INEN de Balanzas.

Sin embargo para asegurar que los datos del rendimiento de pintura obtenidos son confiables, se realizó un análisis R&R. Con esto se pretende validar el sistema de medición y por ende los datos obtenidos.

3.4.1. Análisis de Reproducibilidad y Repetibilidad (Gage R&R)

Para este análisis se tomaron dos conjuntos de datos, ambos del mismo lote de producción. Una de las muestras es el rendimiento proveniente de los datos de pintura tomados directamente del proceso, y la segunda muestra fue calculada con los datos de pintura provenientes de un documento interno de la organización para el control de producción del área de coloración.

El documento interno que contiene la información de cantidad de pintura por lote es un formato identificado como QDP-PR03-FO03 CONTROL DE PRODUCCIÓN TDC que está dentro del sistema de gestión de la empresa.

Ambas muestras fueron calculadas por nosotros en base a la cantidad de pintura utilizada en cada lote, por lo que para el análisis R&R se definió un solo operador, y la cantidad de ensayos utilizados fue de dos, debido a las dos muestras de rendimiento de pintura. De esta manera los datos para el análisis están estructurados de a siguiente manera:

Tabla 12. Estructura de datos para análisis Gage R&R

OrdenCorrida	Partes	Operadores	Rendimiento
1	1	Victor	150,980
2	2	Victor	116,018
3	3	Victor	127,861
4	4	Victor	173,611
5	5	Victor	157,828
6	6	Victor	121,881
7	7	Victor	179,237
8	8	Victor	135,054
9	9	Victor	165,066
10	10	Victor	134,720
11	11	Victor	160,272
12	12	Victor	166,667
13	13	Victor	123,889
14	14	Victor	107,881
15	15	Victor	117,369
16	16	Victor	124,949
17	17	Victor	136,930
18	18	Victor	120,845
19	19	Victor	117,863
20	20	Victor	121,884
21	21	Victor	121,330
22	22	Victor	149,254
23	23	Victor	135,496
24	24	Victor	138,017
25	25	Victor	120,960
26	26	Victor	122,678
27	27	Victor	174,275
28	28	Victor	112,766
29	29	Victor	132,492
30	30	Victor	136,211
31	31	Victor	126,316
32	32	Victor	129,688
33	33	Victor	145,220
34	34	Victor	136,930
35	1	Victor	151,040
36	2	Victor	116,017
37	3	Victor	127,328
38	4	Victor	173,600
39	5	Victor	157,820
40	6	Victor	121,881

41	7	Victor	179,237
42	8	Victor	135,100
43	9	Victor	165,000
44	10	Victor	134,774
45	11	Victor	160,331
46	12	Victor	166,666
47	13	Victor	123,939
48	14	Victor	107,880
49	15	Victor	117,416
50	16	Victor	125,000
51	17	Victor	136,986
52	18	Victor	120,844
53	19	Victor	117,337
54	20	Victor	121,883
55	21	Victor	121,329
56	22	Victor	149,253
57	23	Victor	135,551
58	24	Victor	138,073
59	25	Victor	120,960
60	26	Victor	122,677
61	27	Victor	174,346
62	28	Victor	112,810
63	29	Victor	132,492
64	30	Victor	136,210
65	31	Victor	126,315
66	32	Victor	129,688
67	33	Victor	145,219
68	34	Victor	136,986

Con la ayuda del *software Minitab* se realizó el análisis R&R con ANOVA, ya que es la herramienta más precisa en este tipo de análisis. Y los resultados fueron los siguientes:

ANOVA unidireccional

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Partes	33	24463,0	741,302	83332,1	0,000
Repetibilidad	34	0,3	0,009		
Total	67	24463,3			

Alfa para eliminar el término de interacción = 0,25

R&R del sistema de medición

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
R&R del sistema de medición total	0,009	0,00
Repetibilidad	0,009	0,00
Parte a parte	370,647	100,00
Variación total	370,656	100,00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. del estudio (6 * DE)
R&R del sistema de medición total	0,0943	0,566
Repetibilidad	0,0943	0,566
Parte a parte	19,2522	115,513
Variación total	19,2524	115,515

Fuente	%Var. del estudio (%VE)
R&R del sistema de medición total	0,49
Repetibilidad	0,49
Parte a parte	100,00
Variación total	100,00

Número de categorías distintas = 287

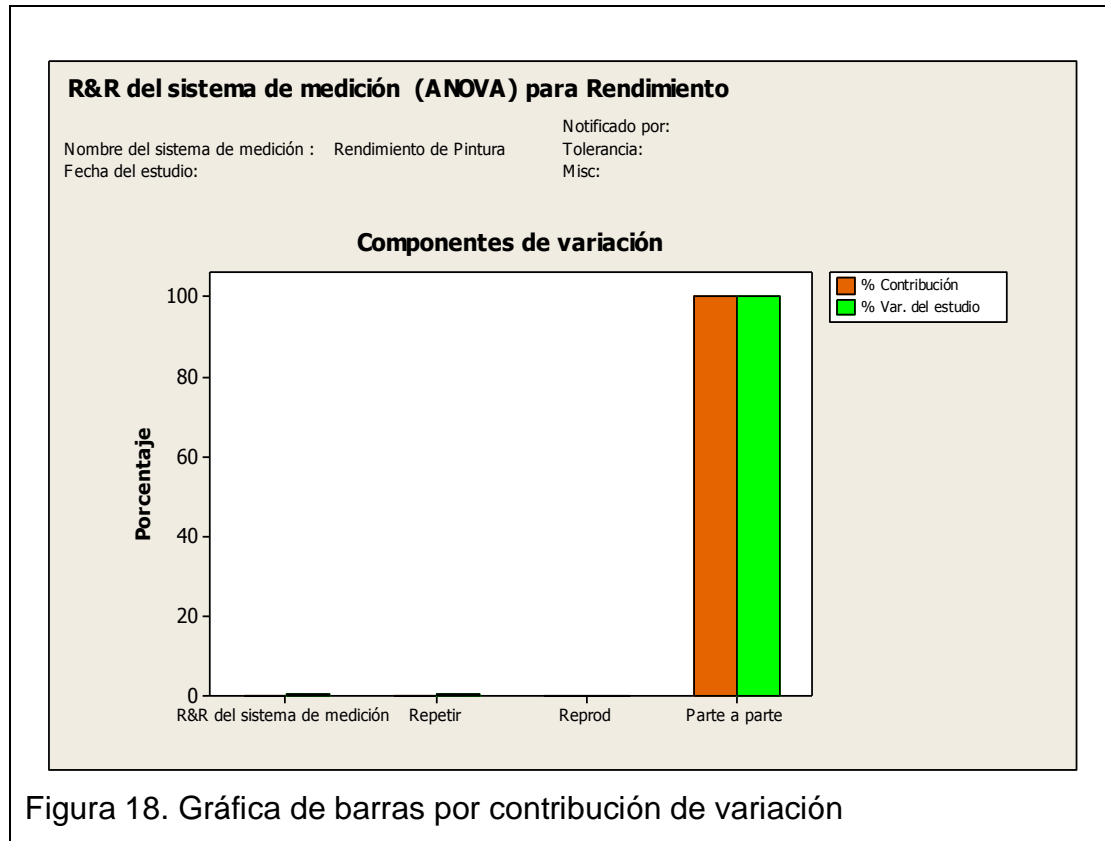
Interpretación de resultados

Primero se observa el % de contribución del sistema de medición, el 100% de la contribución corresponde al factor parte por parte, lo que quiere decir que la variación de los datos se debe exclusivamente a las diferencias entre los valores de rendimiento, mas no al sistema de medición, el cual tiene una contribución del 0%.

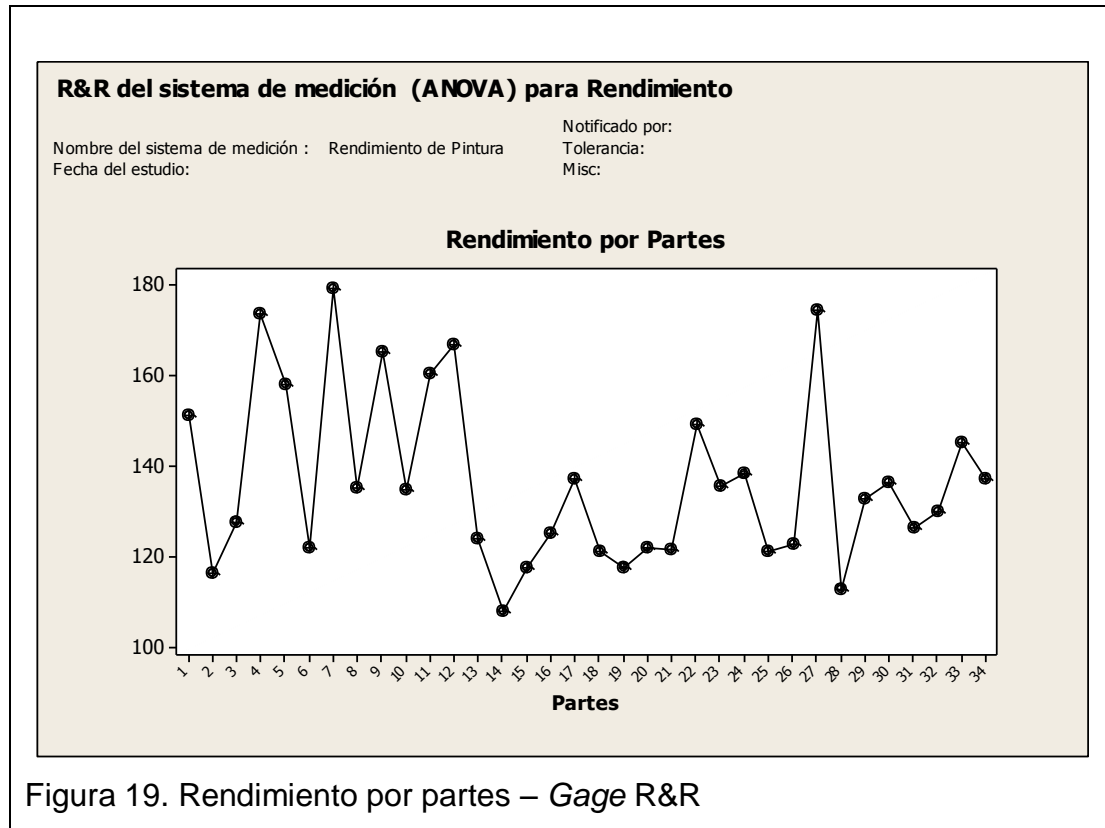
Ahora se verifican los valores correspondientes al % de la variación del estudio, donde el porcentaje correspondiente al R&R del sistema de medición es del 0,49% y de parte por parte es del 100%, de nuevo el sistema de medición es consistente.

Un sistema de medición preciso tiene un número de categorías distintas alto, generalmente un valor mayor a 5 es considerado preciso. En este caso se tiene un valor de 287, considerando como preciso el sistema de medición usado.

Ahora se analizan las gráficas del análisis R&R obtenidas desde el software.



En este primer gráfico se puede observar lo analizado previamente, el porcentaje de contribución y variación del estudio es 100% debido a la diferencia de valores de rendimiento.



En este gráfico se observa que ambas muestras siguen el mismo patrón, no hay puntos dispares, el sistema es consistente. Y el último gráfico a analizar es el siguiente:

3.5. Estabilidad del Proceso

3.5.1. Enfoque Principal

Para este análisis se tuvo en cuenta que el tamaño de los subgrupos no era igual, ya que las muestras dependían de la demanda, la misma que no es constante. Debido al alcance del proyecto que está enfocado en un producto en específico (Teja Residencial) la data se tomó únicamente cuando dicho producto era pintado, es decir de manera aleatoria y dependiendo de la demanda en el momento.

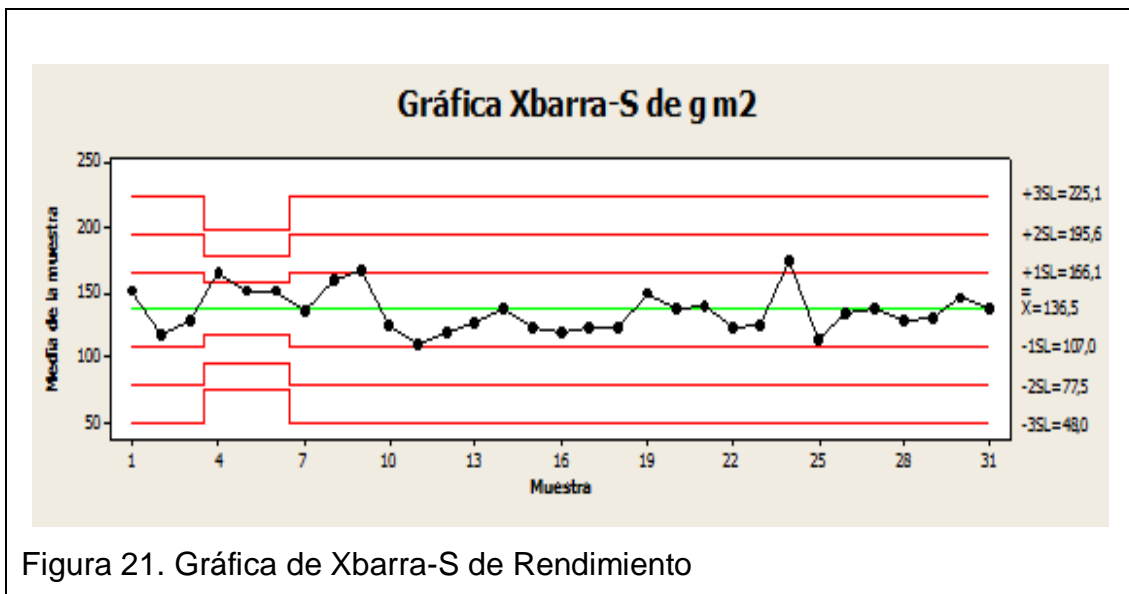


Figura 21. Gráfica de Xbarra-S de Rendimiento

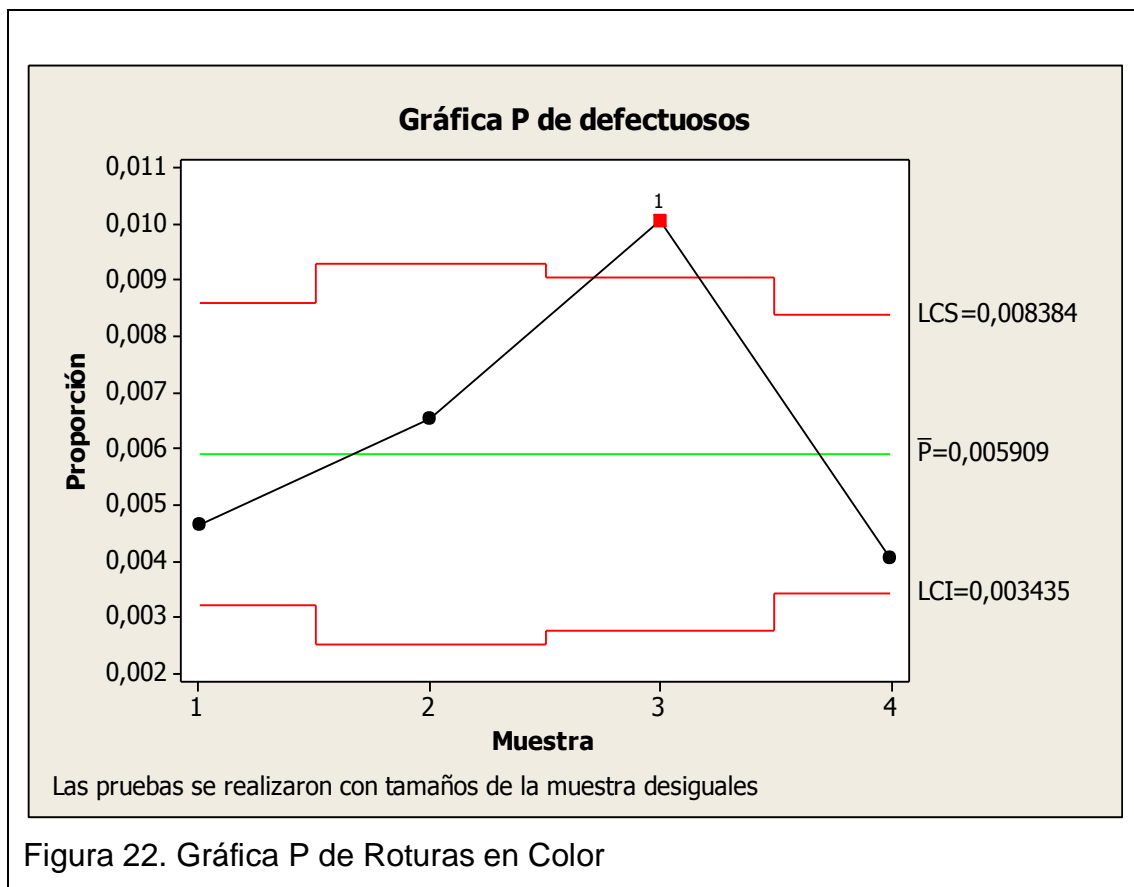
El proceso no es estable, ya que sus puntos no cumplen con las pruebas de control a pesar de que ninguno de ellos se sale de los límites de control como podemos apreciar en la gráfica.

La prueba falló por el siguiente motivo:

PRUEBA 2. 9 Puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central

3.5.2. Enfoque Complementario

Para el segundo análisis de estabilidad, se utilizó el mismo grupo de datos, añadiendo el dato de roturas a color correspondiente al enfoque secundario con sus fechas respectivas, que de la misma manera se representan en subgrupos desiguales, es decir número de muestras variables. Por esta razón y el tipo de datos tomados se utilizó un gráfico P.



El proceso está fuera de control debido a que los puntos no cumplieron con las pruebas realizadas y uno de ellos se encuentra fuera de especificación.

Los puntos que no cumplieron son:

Prueba 1. Un punto más que las 3,00 desviaciones estándar desde la línea central.

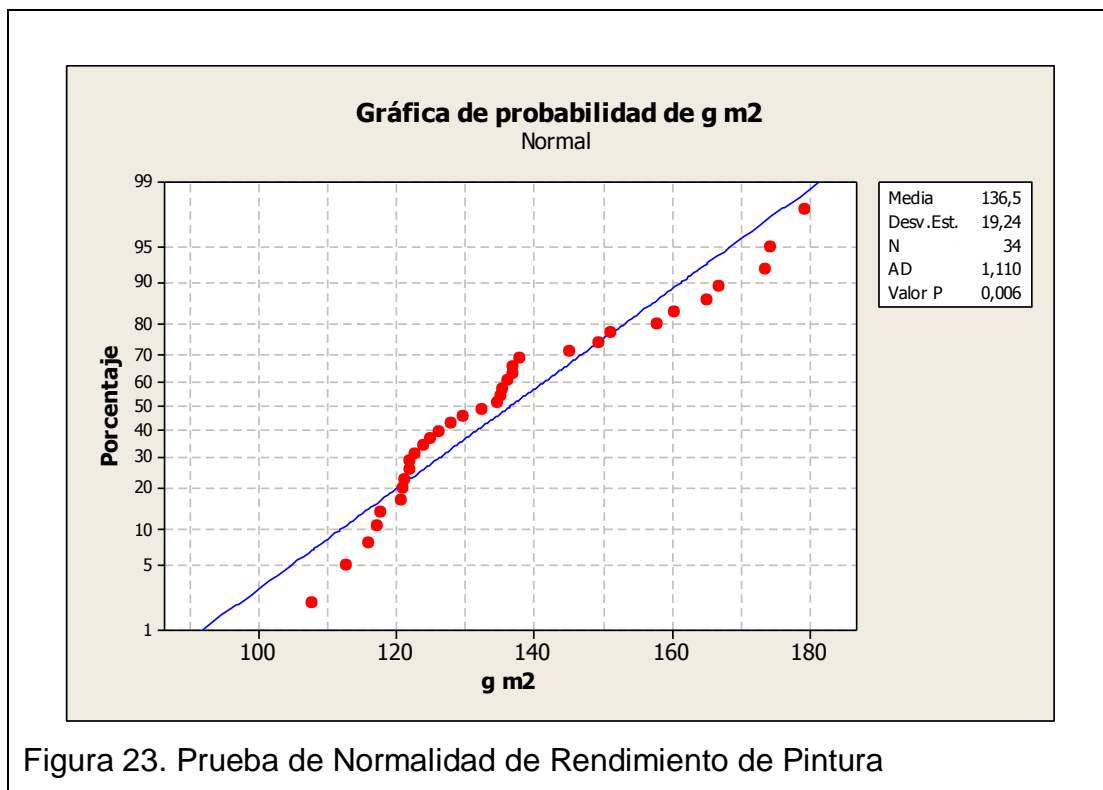
La prueba falló en los puntos: 3

El punto que no cumplió representa a los datos pertenecientes al mes de septiembre de roturas en color para Teja Residencial.

3.6. Capacidad

3.6.1. Enfoque Principal

Antes de realizar la prueba de capacidad de proceso, era necesario determinar la normalidad de los datos, puesto que un proceso que no sigue una tendencia normal, difícilmente va a brindarnos datos confiables respecto a la capacidad del mismo.

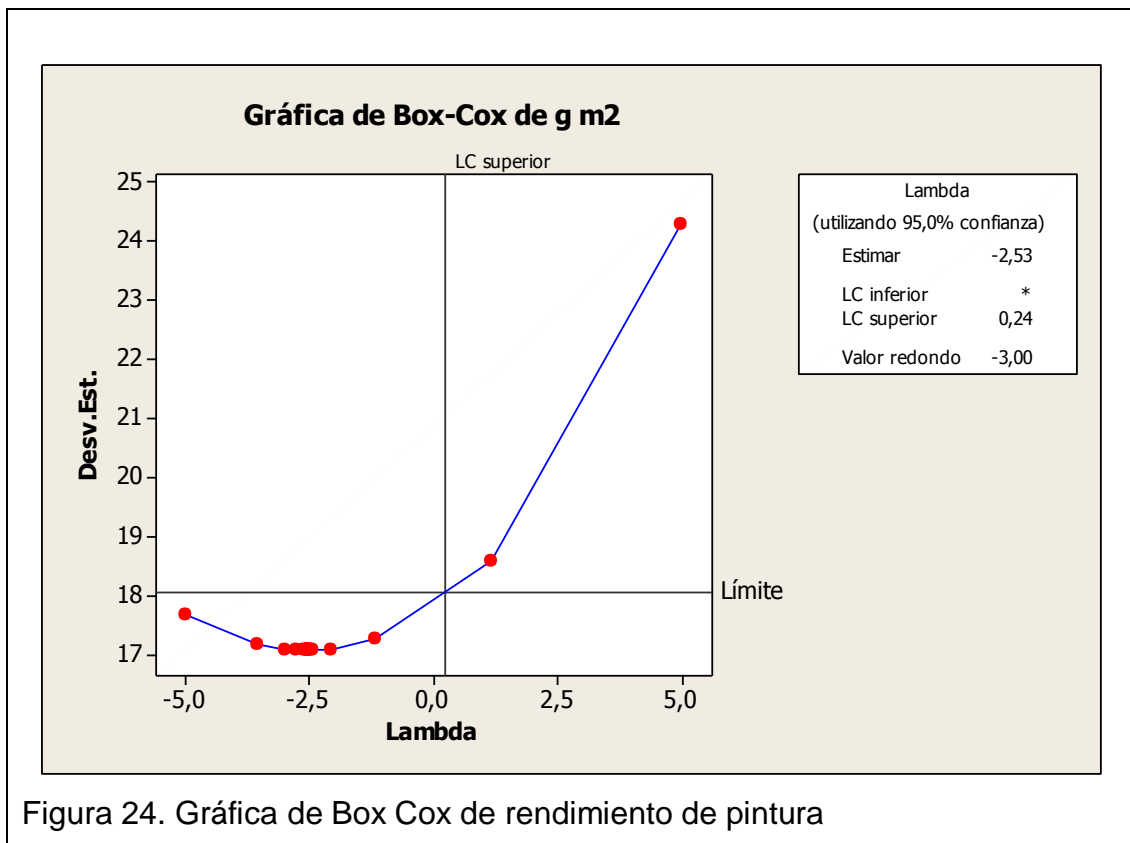


El resultado del test de normalidad demuestra un valor de P menor a 0,05,

tomando en cuenta un nivel de confianza del 95%, lo que indica que los datos no son normales y podrían generar errores en el estudio de capacidad.

3.6.1.1. Transformación de Box Cox

Para solucionar este problema utilizamos la herramienta de transformación de Box Cox que va a ayudar a corregir problemas referentes a la normalidad de nuestros datos acercándolos lo máximo posible a una distribución normal.

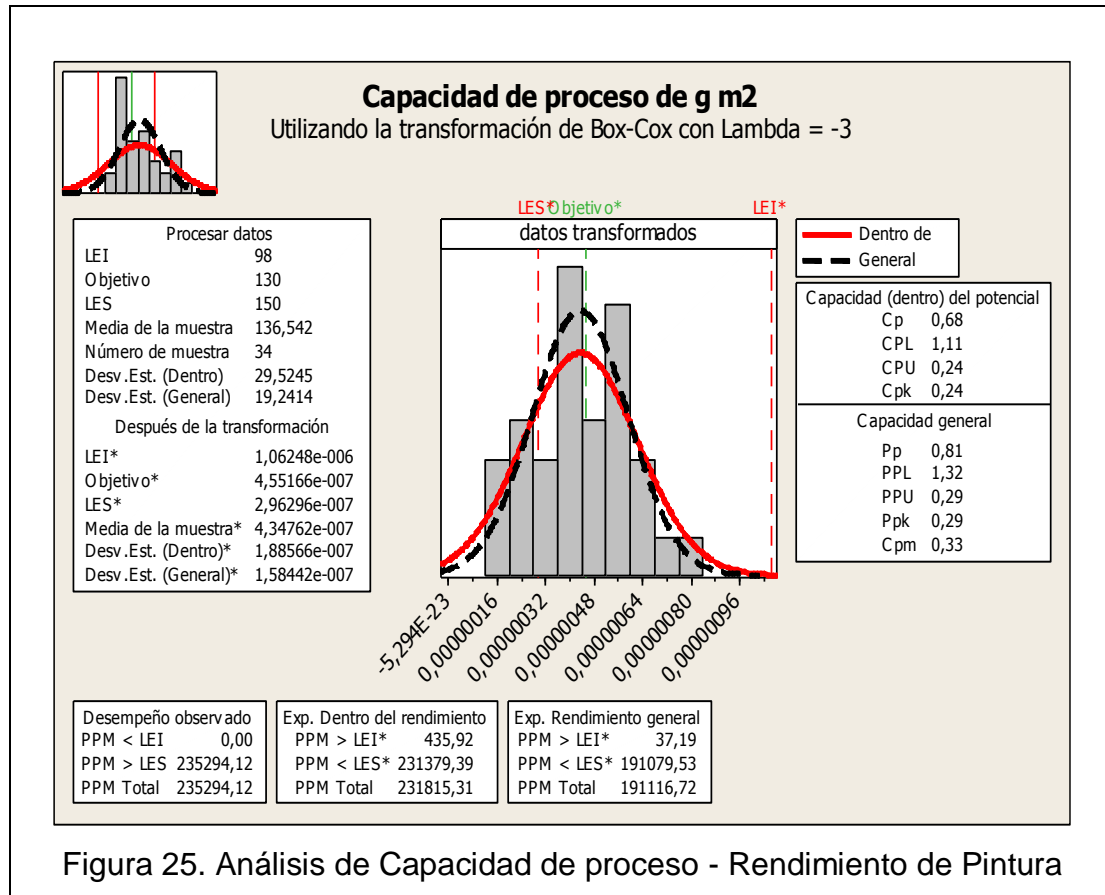


Resultado de Transformación de Box Cox:

λ Estimado: -2,53 ; Valor Redondo: -3

Con el valor del parámetro obtenido se realizó el análisis de capacidad del

proceso para el enfoque principal del trabajo de titulación. Para este análisis se tomó en cuenta los límites de especificación inferior y superior, de 98 gr/m² y 150 gr/m² respectivamente.



Como resultado del análisis de capacidad para el enfoque de variabilidad del rendimiento de pintura para Teja Residencial se obtuvo un $C_p < 1$; por lo tanto el proceso no es capaz.

3.6.2. Enfoque Complementario

La capacidad a calcular para el segundo enfoque se la realiza con un porcentaje defectuoso objetivo del 50%, debido a que a meta es reducirlo en 50%.

Se recurrió al análisis de capacidad binomial debido a que cada elemento puede tener dos resultados posibles, en el caso de este enfoque es placa rota / no rota.

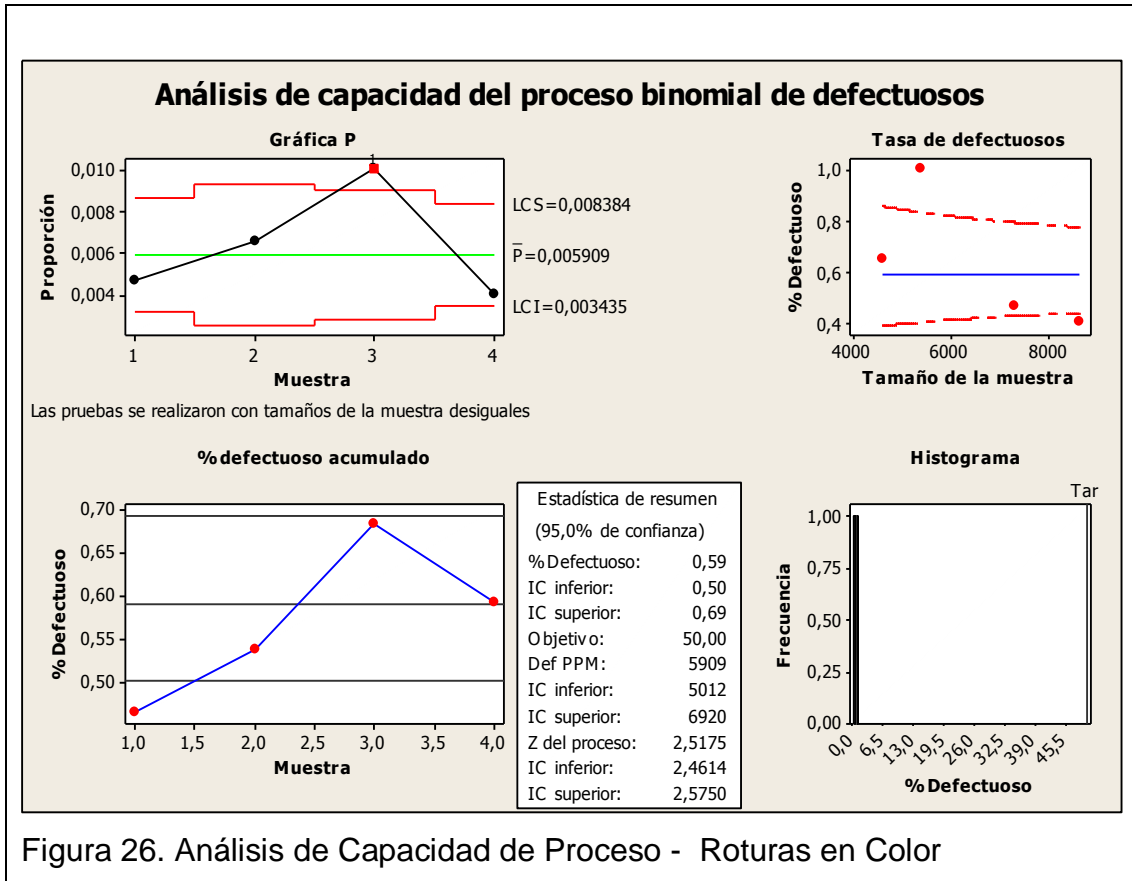


Figura 26. Análisis de Capacidad de Proceso - Roturas en Color

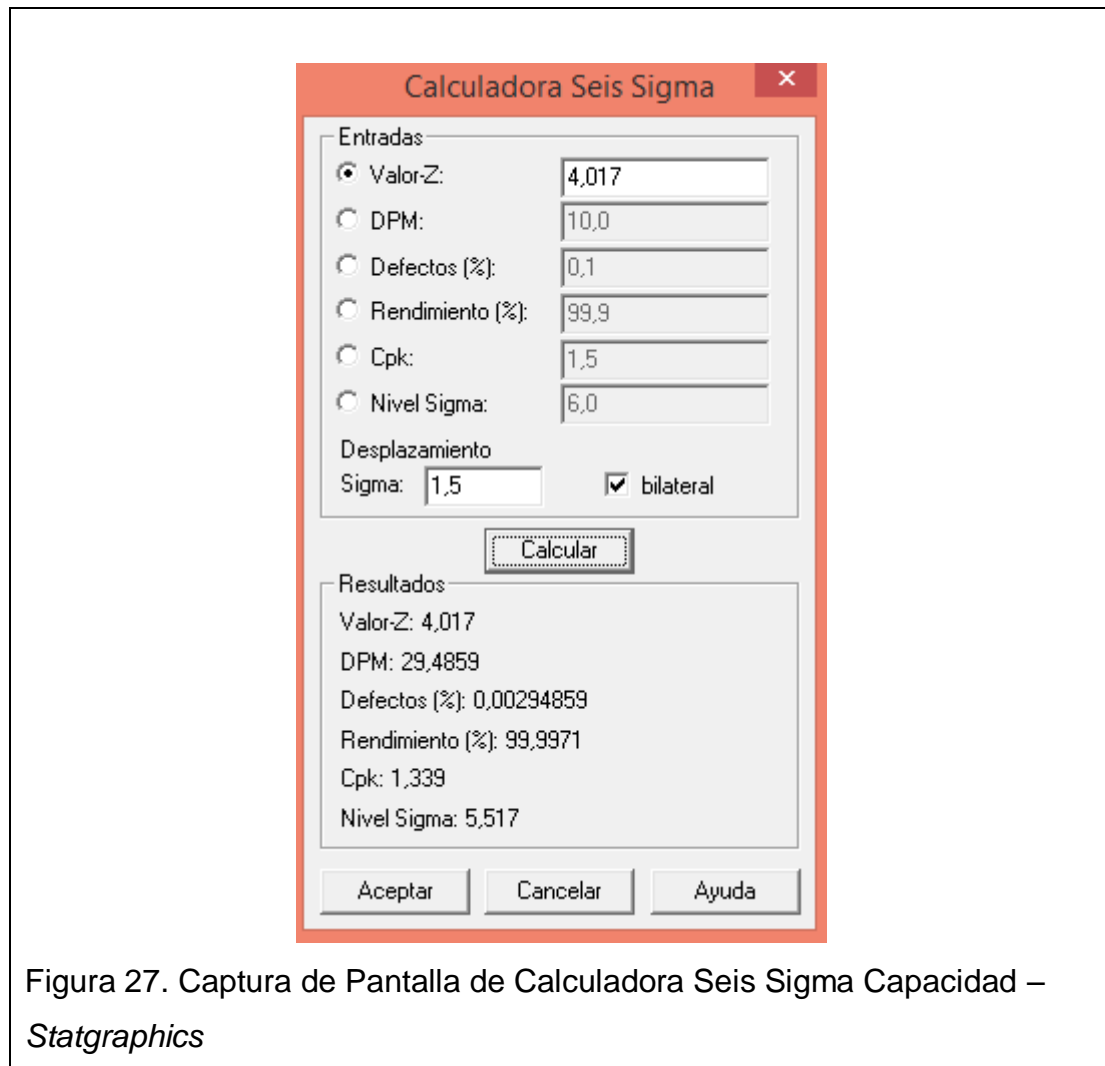
Mediante el valor de Z obtenido en el análisis, y el desempeño del proceso se puede verificar la capacidad del mismo.

$$Z = 2,5175$$

$$P(z < 2,5175) = 0,994$$

99,4% de los datos se encuentran dentro de las especificaciones.

Con el valor de Z obtenido, se utilizó la herramienta Calculadora Seis Sigma perteneciente al *software Statgraphics*, con el fin de determinar el valor Cpk correspondiente a la capacidad del proceso.



El Cpk obtenido es de 1,339, que demuestra que el proceso es capaz.

Para el enfoque complementario, de roturas de producto en color, se determinó que el proceso es capaz, lo cual es un resultado esperado debido al bajísimo porcentaje de roturas por lote pintado.

3.7. Nivel Sigma

Para determinar el nivel sigma ambos enfoques utilizaremos el cambio de 1,5 sigma perteneciente a la variación de la media a largo plazo.

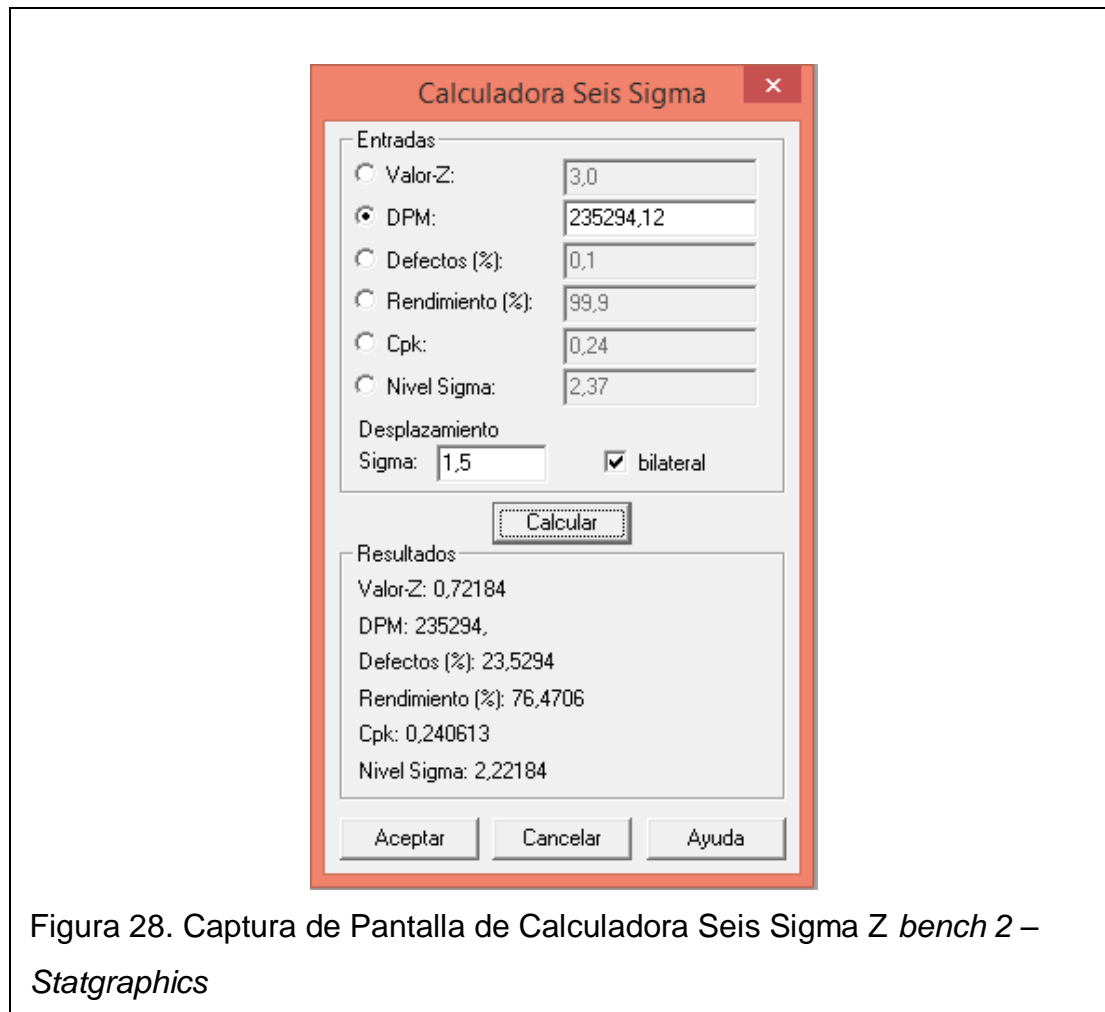
3.7.1. Enfoque Principal

A continuación se tiene los valores de PPM resultados de los análisis previos de capacidad para el enfoque de variabilidad del rendimiento de pintura para Teja Residencial.

Tabla 13. Desempeño Observado PPM – Enfoque Principal

Desempeño Obervado	
PPM > LEI	0,00
PPM < LEI	235294,12
PPM TOTAL	235294,12

Con el valor de PPM obtenido, se utilizó la herramienta Calculadora Seis Sigma perteneciente al *software Statgraphics*, con el fin de determinar el valor de *Z bench*.



El valor de Z obtenido es de 0,721, a este valor se le suma el valor equivalente de 1,5 de la desviación natural de los procesos:

- $Z_{bench} + 1,5 \text{ Sigma shift}$
- $0,721 + 1,5$
- Nivel Sigma Enfoque Principal = 2,22

Tabla 14. Nivel sigma - Enfoque Principal

Nivel		
Sigma	PPM	Rendimiento
2,22	235294,12	76,47%

El nivel sigma perteneciente al enfoque de variabilidad de rendimiento de pintura actualmente es de 2,22, tiene un índice de defectos de 235294,12 partes por millón y genera a un rendimiento del 76,47%.

3.7.2. Enfoque Complementario

Para determinar el nivel sigma del enfoque de roturas en color, se tomó el valor Z perteneciente al análisis de capacidad previo que arrojó la tabla a continuación:

Tabla 15. Resumen Estadístico de Capacidad de Proceso

Estadística de Resumen	
(95% de Confianza)	
% Defectuoso	0,59
IC Inferior	0,50
IC Superior	0,69
Objetivo	50,00
Def. PPM	5909
IC Inferior	5012
IC Superior	6920
Z del Proceso	2,5175
IC Inferior	2,4614
IC Superior	2,5750

El valor Z del proceso es de 2,5175, a lo que también se le suma el valor de 1,5 correspondiente a la variación natural del proceso:

- $Z_{\text{bench}} + 1,5 \text{ Sigma shift}$
- $2,5175 + 1,5$
- Nivel Sigma Enfoque Principal = 4,017

Tabla 16. Nivel Sigma - Enfoque Complementario

Nivel		
Sigma	PPM	Rendimiento
4,017	5909	99,40%

El nivel sigma perteneciente al enfoque de roturas en color para Teja Residencial actualmente es de 4,017, tiene un índice de defectos de 5909 partes por millón y genera a un rendimiento del 99,40%.

3.8. Conclusión de la etapa Medir

La tabla a continuación contiene toda la información obtenida del proceso de coloración de Teja Residencial para ambos enfoques del trabajo de titulación.

Tabla 17. Resumen de la etapa Medir

	Enfoque Principal	Enfoque Complementario
Estabilidad	No es Estable	No es Estable
Capacidad	No es Capaz	Es Capaz
Rendimiento	76,47%	99,40%
PPM	235294,12	5909
Nivel Sigma	2,22	4,017

CAPÍTULO 4

4. Analizar (*Analyze*)

Continuando con la metodología procedemos con la fase Analizar (*Analyze*) para los focos de mejora correspondientes a variabilidad de rendimiento de pintura y roturas en color para Teja Residencial, el objetivo de esta etapa es encontrar las causas que generan variabilidad en el proceso.

4.1. *Brainstorming* (Lluvia de Ideas)

Para empezar con la etapa se realizó una lluvia de ideas para ambos enfoques con el fin de facilitar el surgimiento de nuevos factores que incidan en la variabilidad del rendimiento de pintura y la rotura de producto en color.

Las ideas fueron tomadas en conjunto con el personal que trabaja en coloración, con el fin de profundizar y ampliar la perspectiva que tenemos del problema.

El esquema está formado por causas generales, algunas de ellas se derivan en causas secundarias que han sido ubicadas debajo de cada una respectivamente.

4.1.1. Enfoque Principal

Lluvia de Ideas orientada a la variabilidad del rendimiento de pintura de Teja Residencial:

- Reprocesos y desperdicios no se controlan de manera independiente
- Personal operativo desconoce la especificación estándar exigida

- Pintura no se adhiere totalmente
 - Superficie Húmeda
 - Superficie Sucia

- Ingreso de placas en mal estado
 - Detección Ineficiente
 - Falta de concentración del personal
 - Personal no sabe identificar placas en mal estado

- Falta de respuesta rápida a paras
 - Falta de observación

- Paras no programadas
 - Taponamiento de boquilla
 - Cortes de energía

- Cerdas de rodillo no limpian la placa
 - Altura del rodillo inadecuada

- Placas desalineadas
 - Falta de Guías

- Pintado Incompleto
 - Montado de placas
 - Cambios de rodillos a cadena
 - Apoyo de placa entre pallets

- Detección de defectos tardía
 - No se verifica el estado de la placa en el transcurso del proceso

- Parámetros de funcionamiento del tren de coloración incorrectos
 - Velocidades incorrectas (entrada, salida y de rodillo)

- Presión incorrecta
- Temperaturas incorrectas (precalentamiento y secado)

- Horno de secado sucio
 - Falta de limpieza periódica

4.1.2. Enfoque Complementario

Lluvia de Ideas orientada a las roturas en color para Teja Residencial:

- Placa fisurada

- Material Particulado
 - Falta de limpieza en bodega
 - Residuos de proceso de resanado

- Detección ineficiente de defectos
 - Falta de concentración
 - Personal no sabe identificar defectos

- Mala manipulación
 - Movimientos sin estandarizar

- Placas desalineadas
 - Falta de guías

- Reprocesos
 - Placa manchada
 - Placa mal pintada

- Apoyo de placa entre pallets
 - Falta de estandarización

- Ahorro de espacio
- Aplastamiento de ramas
 - Acumulación de inventarios

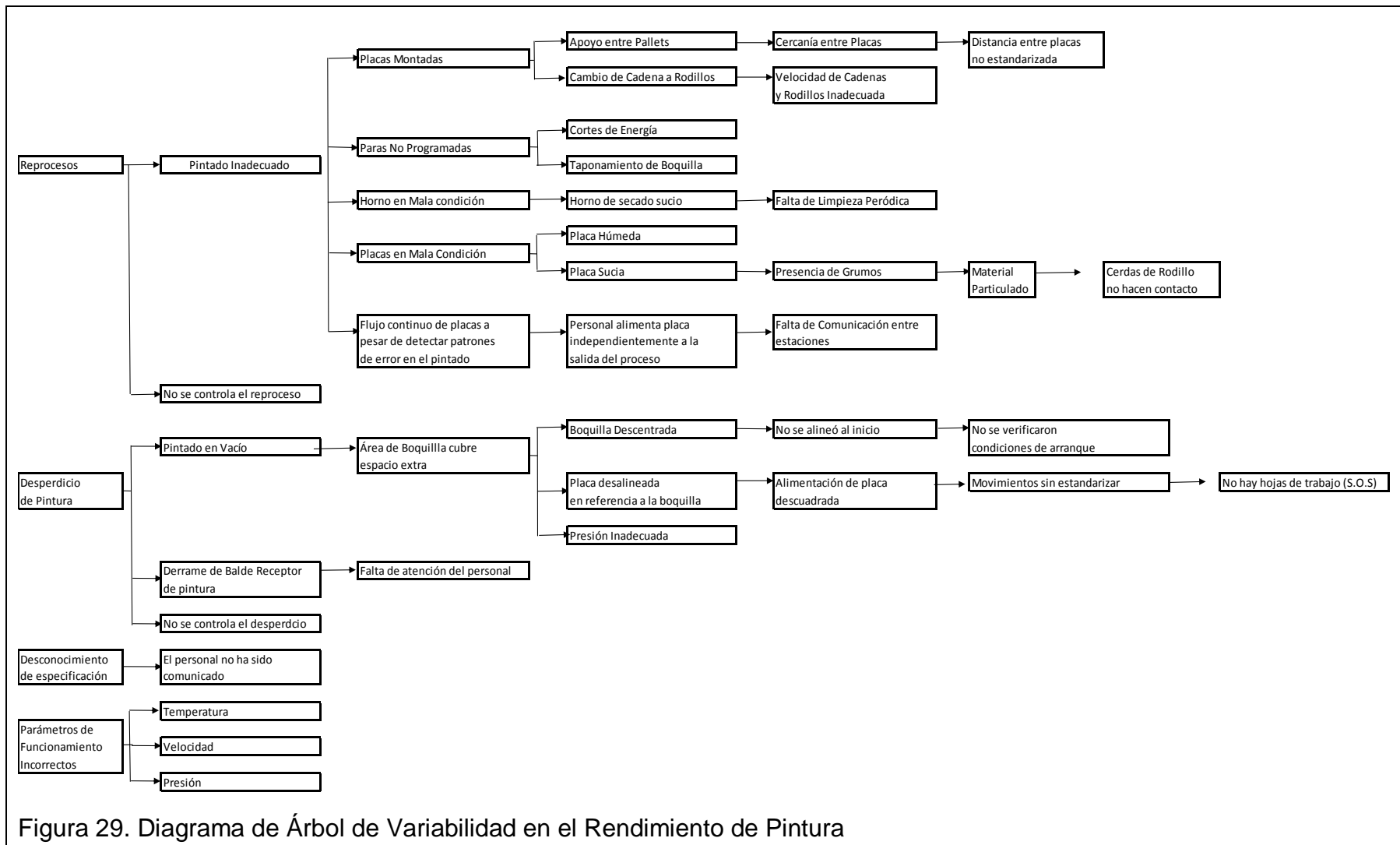
4.2. Diagrama de Árbol

Con el diagrama de árbol a continuación se procede a tomar los factores resultados del *Brainstorming* realizado previamente de ambos enfoques y a ordenarlos con el objetivo de determinar la relación existente entre las causas secundarias y las principales. Con esto se puede visualizar la complejidad que posee cada factor y permitirá llegar a la causa raíz de los problemas detectados.

Se realizó el diagrama de árbol correspondiente a los dos enfoques del trabajo de titulación y posteriormente un análisis más profundo de las causas identificadas.

4.2.1. Enfoque Principal

Diagrama de Árbol correspondiente al enfoque de variabilidad de rendimiento de pintura para Teja Residencial:



Las causas de que el producto tenga tanta variabilidad en su rendimiento (gr/m^2) pueden ser distintas, el diagrama de árbol nos presenta 4 categorías de causas generalizadas entre las que están:

- Reprocesos

El reproceso no está siendo controlado, es decir, no se lo incluye dentro del informe de producción afectando el rendimiento general.

- Desperdicios de Pintura

Pintura que no se utiliza de manera óptima afecta el rendimiento final de cada lote.

- Desconocimiento

El estándar de especificación para teja residencial no es conocido por el personal operativo, hay que recordar que el estándar es de $130 gr/m^2$.

- Parámetros de Funcionamiento

Es la parte más importante y está relacionado con la máquina (Tren de Coloración), incluye a todos aquellos parámetros que el encargado del tren de coloración regula para el desempeño del proceso de pintado, sus parámetros son la velocidad de entrada, velocidad de rodillo, velocidad de salida, temperatura de secado, temperatura de precalentamiento y presión.

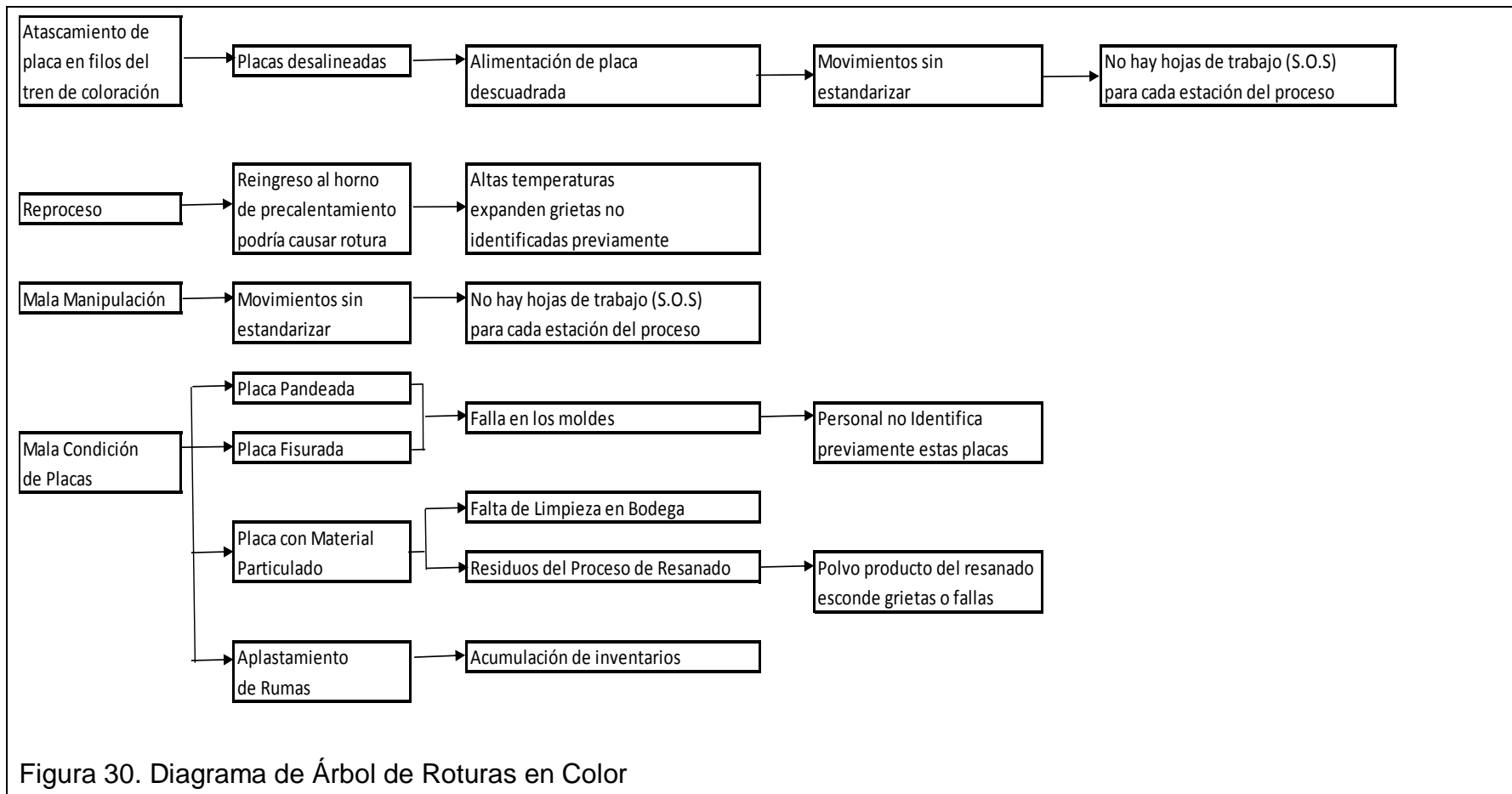
Los distintos niveles del diagrama de árbol resaltan principalmente posibles causas raíz de cada categoría revisada previamente, estas causas son:

- Falta de estandarización de trabajo
- Taponamiento de boquilla
- Desperdicio de pintura
- Falta de comunicación entre estaciones

- Parámetros de funcionamiento incorrectos (Velocidades, Temperaturas y Presión)
- Desconocimiento del personal sobre la especificación exigida.

4.2.2. Enfoque Complementario

Diagrama de Árbol correspondiente al enfoque de roturas en color para Teja Residencial:



El diagrama de árbol para el enfoque de roturas lleva a 4 categorías de causas generalizadas las cuales son:

- Placas Desalineadas

Placas atascadas en las salidas o entradas de las estaciones del tren de coloración pueden causar impactos en fila.

- Reproceso

Reingreso repetitivo de una Teja en el Tren de Coloración puede causar su rotura, debido a que las placas son sometidas a altas temperaturas, y en el caso de placas con grietas muy pequeñas que no hayan sido advertidas por el personal, tienden a expandirse dentro de proceso.

- Mala Manipulación

La rotura va de la mano con la forma en que el personal desempeña su trabajo y actualmente no existe una hoja de trabajo para cada estación que sirva como guía para el personal.

- Mala Condición de Placas

Placas fisuradas, pandeadas o sucias pueden causar problemas durante el proceso.

Entre los factores más importantes y posibles causas raíz de las categorías anteriores pertenecientes a rotura están:

- Falta de Guías
- Altas Temperaturas en hornos de secado y precalentamiento
- Estaciones de trabajo sin estandarizar
- Identificación ineficiente de defectos por parte del personal
- Residuos de procesos previos
- Acumulación de inventarios

4.3. Pruebas de Hipótesis

Se utilizan para determinar si una variable X afecta el comportamiento de la variable de respuesta Y.

Para este proyecto de titulación las hipótesis serán las siguientes:

Hipótesis Nula

H_0 =No existe relación entre X y Y.

Hipótesis Alternativa

H_a =Existe relación entre X y Y.

Esto para todas las X:

X_1 : Presión

X_2 : Temperatura de Precaentamiento

X_3 : Temperatura de Secado

X_4 : Velocidad de entrada

X_5 : Velocidad de rodillo

X_6 : Velocidad de salida

Y para la Y:

Y: Rendimiento de Pintura

Para el análisis de varianza, las hipótesis cambian y están relacionadas con el modelo de regresión.

Hipótesis Nula

H_0 =No hay relación entre X y Y ó $(u_1=u_1=u_1=\dots=u_n)$

Sus medias son iguales.

Hipótesis Alternativa

H_a =Existe relación entre X y Y. (Al menos dos medias son distintas)

4.4. Selección de Herramienta de Análisis.

Las herramientas para un adecuado análisis de causas dependen de los tipos de datos que manejamos en las variables X y Y.

Tabla 18. Criterio para selección de herramientas de análisis

		Variable Independiente (X)	
		CONTINUA	DISCRETA
Variable Dependiente (Y)	CONTINUA	Análisis de Regresión y de Correlación	ANOVA, Pruebas de Z y T, Pruebas No Paramétricas
	DISCRETA	Regresión Logística	Pruebas de Ji-Cuadrada, Pruebas de Proporciones

Tomado de Tecnológico de Monterrey, ModuloIV:Analizar (s.f.), p. 85.

Los datos tomados en este trabajo de titulación, tanto para la variable de respuesta como las variables independientes son de tipo continuos por lo que la herramienta para el análisis de causa a escoger es el análisis de regresión y correlación.

4.4.1. Análisis de Regresión

Se realizó un análisis de regresión múltiple con todas las variables implicadas en el proceso de coloración con un nivel de confianza del 95%. Las variables para el estudio son:

Variable dependiente:

Rendimiento de Pintura

Variables independientes:

Presión

Temperatura de Pre calentamiento

Temperatura de Secado

Velocidad de Entrada

Velocidad de rodillo

Velocidad de Salida

El análisis se lo realizó en el *software* Minitab, los resultados son los siguientes:

Tabla 19. Resultados Regresión Lineal Múltiple 1

<i>Parámetro</i>	<i>Error</i>		<i>Estadístico</i>	
	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-74,3974	65,6931	-1,1325	0,2674
Presión	1,56259	0,243982	6,40455	0,0000
Temperatura de Pre calentamiento	0,549611	0,149231	3,68296	0,0010
Temperatura de Secado	0,0860317	0,211023	0,407689	0,6867
Velocidad de Entrada	-26,5905	14,6589	-1,81395	0,0808
Velocidad de rodillo	3,33969	7,67286	0,43526	0,6668
Velocidad de Salida	26,198	11,1867	2,3419	0,0268

Tabla 20. Análisis de Varianza 1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	10670,3	6	1778,38	31,03	0,0000
Residuo	1547,32	27	57,3083		
Total (Corr.)	12217,6	33			

R-cuadrada = 87,3353 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 84,5209 porciento

Este modelo indica que los datos pertenecientes a las variables independientes representan el 87,33% de la variación en el rendimiento, sin embargo al analizar el valor $-P$ de cada variable, se observan tres variables que no están relacionadas, es decir cuyo valor $-P$ es mayor a 0,05. Aceptando la hipótesis nula, que indica que no existe relación entre estas variables y la variable de respuesta.

A pesar de esto el valor $-P$ del análisis de varianza es menor a 0,05, lo que rechaza la hipótesis nula e indica que el modelo es significativo.

Por lo que a continuación se realizó otro análisis de regresión con el fin de obtener un resultado más confiable, esta vez sacando las variables con el valor $-P$ más alto de una en una, empezando con la temperatura de secado.

A continuación tenemos los resultados de regresión para las cinco variables restantes.

Tabla 21. Resultados Regresión Lineal Múltiple 2

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error</i>		<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>		
CONSTANTE	-65,4653	61,003	-1,07315	0,2924	
Velocidad de rodillo	2,58385	7,33381	0,35232	0,7272	
Presión	1,58332	0,235046	6,73623	0,0000	
Temperatura de Precalentamiento	0,562852	0,143469	3,92316	0,0005	
Velocidad de Salida	25,0746	10,6793	2,34796	0,0262	
Velocidad de Entrada	-24,6195	13,6311	-1,80612	0,0817	

En este nuevo cuadro de resultados, se observa que la velocidad del rodillo tiene un valor $-P$ mayor a 0,05, de este modo se acepta la hipótesis nula y se concluye que esta variable no tiene relación con el rendimiento.

Por lo que a continuación se la retira de las variables independientes para el siguiente análisis de regresión.

Tabla 22. Resultados Regresión Lineal Múltiple 3

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error</i>		<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>		
CONSTANTE	-58,6144	56,941	-1,02939	0,3118	
Presión	1,61758	0,210739	7,67574	0,0000	
Temperatura de Precalentamiento	0,549792	0,136489	4,02811	0,0004	
Velocidad de Salida	24,7271	10,4718	2,36129	0,0251	
Velocidad de Entrada	-21,4357	10,0499	-2,13293	0,0415	

Tabla 23. Análisis de Varianza 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	10653,8	4	2663,46	49,39	0,0000
Residuo	1563,75	29	53,9224		
Total (Corr.)	12217,6	33			

R-cuadrada = 87,2008 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 85,4354 porciento

En esta ocasión observamos que todas las variables tienen un valor $-P$ menor a 0,05. Y los datos de las variables representan el 87,20% de la variación del rendimiento, sin cambiar mucho comparándolo con el primer análisis realizado con todas las variables.

También el análisis de varianza resalta un valor $-P$ menor a 0,05 en el modelo, rechazando la hipótesis nula e indicando que el modelo sigue siendo significativo.

Sin embargo el problema ahora es el valor de la constante el cual es mayor a 0,05, lo que quiere decir que no ayuda a ajustar bien el modelo y debería ser despreciada.

De esta manera, despreciando el valor de la constante del modelo, el análisis de regresión final queda de la siguiente manera:

Variable dependiente: Rendimiento

Variables independientes:

Presión

Temperatura de Pre calentamiento

Velocidad de Salida

Velocidad de Entrada

Tabla 24. Resultados Regresión Lineal Múltiple 4

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error</i>		<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>		
Presión	1,61755	0,210948	7,66799	0,0000	
Temperatura de Pre calentamiento	0,475487	0,115954	4,10065	0,0003	
Velocidad de Salida	28,9005	9,66479	2,99028	0,0055	
Velocidad de Entrada	-27,8085	7,9246	-3,50913	0,0014	

Tabla 25. Análisis de Varianza 3

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	644486,0	4	161121,5	2982,1	0,0000
Residuo	1620,89	30	54,0296		
Total	646107,0	34			

R-cuadrada = 99,7491 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,724 por ciento

Como la constante no ayudaba a ajustar el modelo, no era significativa en el mismo. Por lo que una vez retirada se observó una mejoría considerable los indicadores del modelo. La tabla ANOVA indica que el modelo es significativo y el valor de R-cuadrada indica que los datos de estas variables explican el 99,74% de la variación de la variable de respuesta.

4.4.2. Validación del modelo

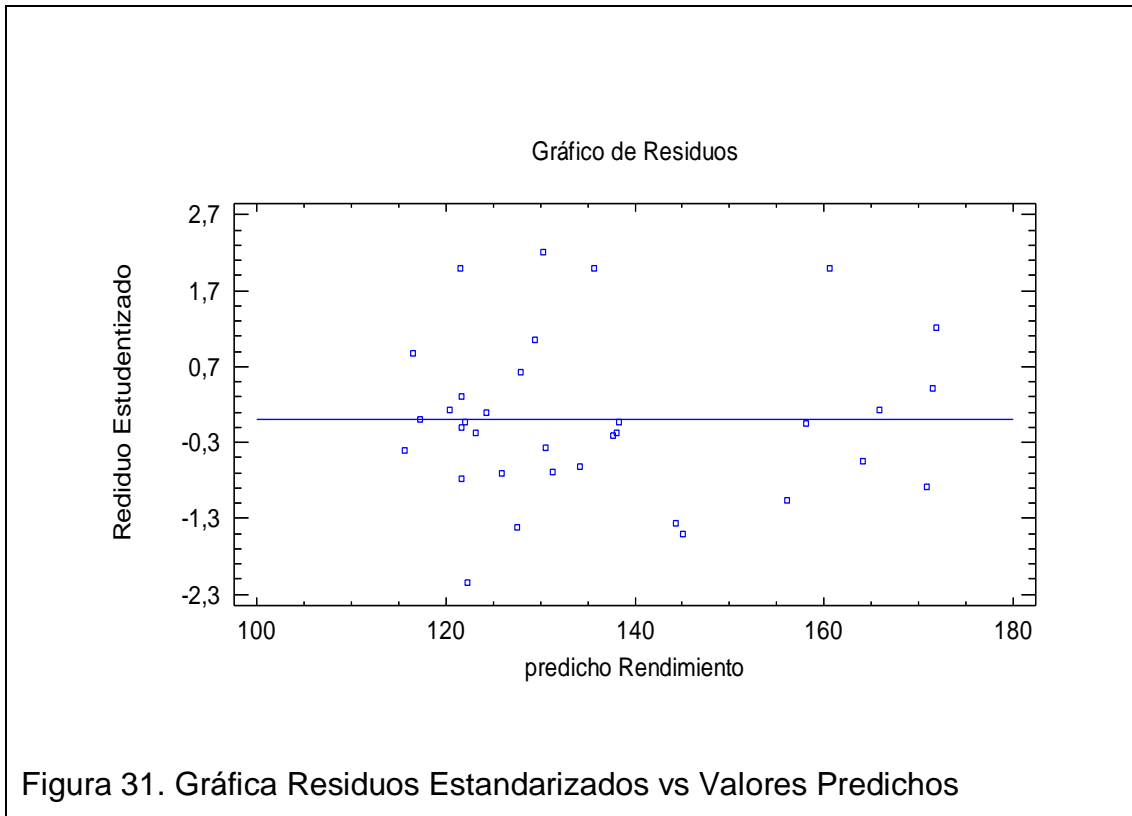
Para la verificación del modelo se necesita realizar un análisis de residuos, para el cual se debe constatar de manera visual distintos gráficos para cada caso y determinar si existe homocedasticidad o heterocedasticidad.

El modelo debe cumplir con los siguientes supuestos para verificar si es el adecuado para predecir la variable de respuesta.

- Linealidad

Si se aprecia un patrón con forma de embudo o algún tipo de curva, entonces se debe seleccionar otro modelo, cuadrático, cúbico o de cualquier otro tipo. Es decir, si existe heterocedasticidad el modelo no es adecuado.

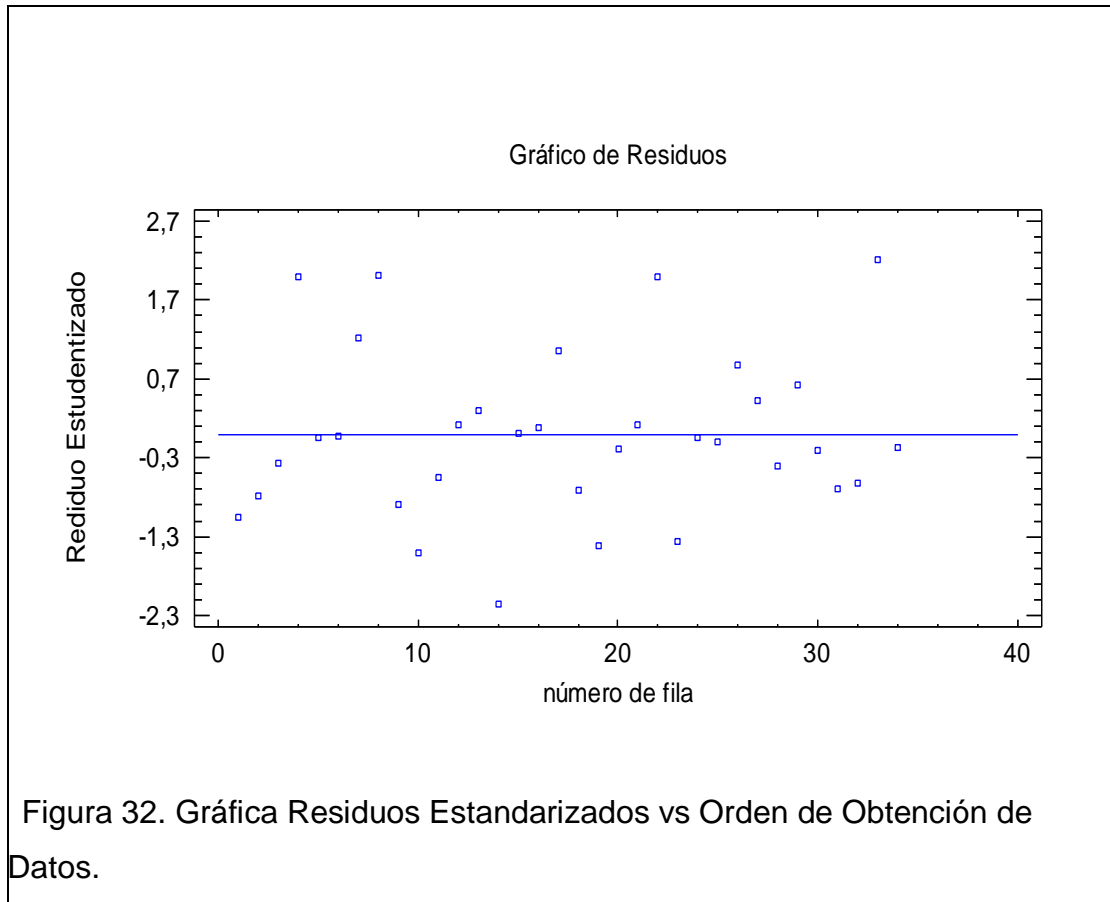
Para este análisis se utilizó una gráfica de residuos vs valores predichos.



En este gráfico se puede observar una distribución aleatoria sin ningún patrón específico por lo que podemos determinar la existencia de homocedasticidad en el modelo. Es decir, el modelo es adecuado parcialmente.

- Independencia

Para corroborar la independencia de los residuos, se utiliza una gráfica de residuos vs orden de obtención de datos, para lo cual de nuevo se debe identificar homocedasticidad para validar el modelo.



En este gráfico no se observa una tendencia o patrón que haga que pueda sugerir un incumplimiento de la suposición de independencia.

El gráfico presenta homocedasticidad, por lo que este supuesto indica que el modelo es adecuado y procedemos a continuación a verificar la distribución de los residuos.

- Normalidad

Para constatar la normalidad de los residuos se realizó un test de normalidad, en inicio de Kolmogorov-Smirnov ya que es más sensible a los valores cercanos a la mediana y para darle contundencia un test de Anderson-Darling ya que es más sensible a los extremos de la distribución.

A continuación realizamos una gráfica de probabilidad para los residuos estandarizados perteneciente al test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

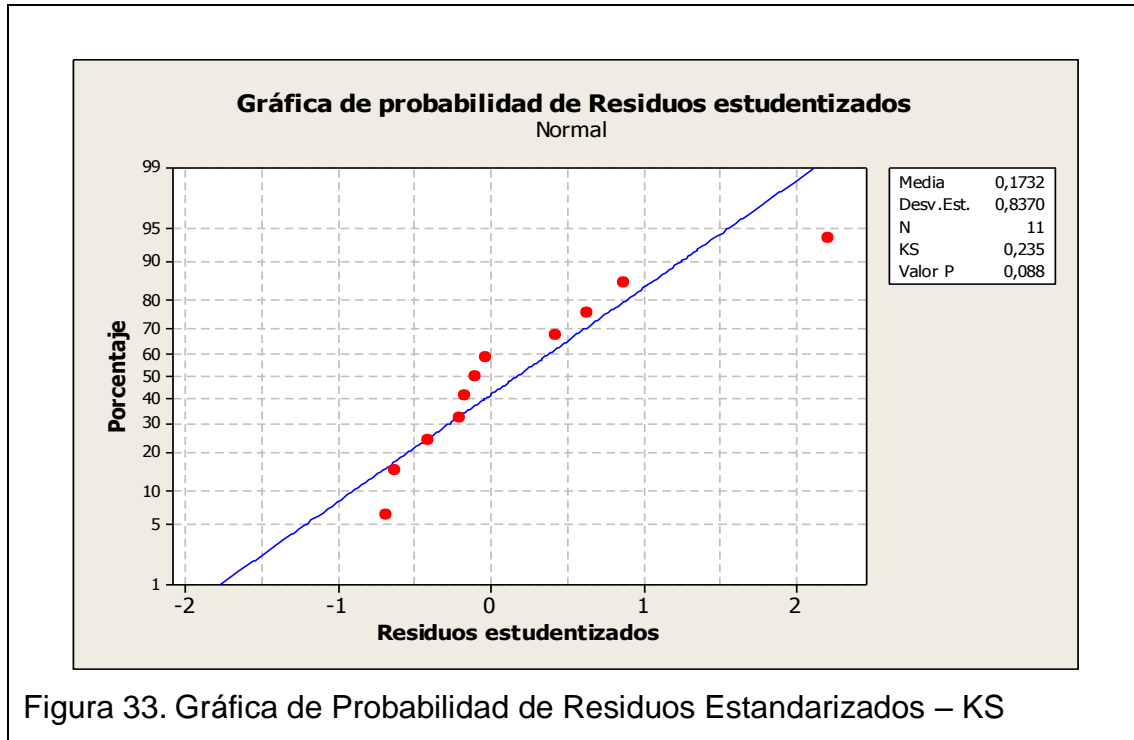
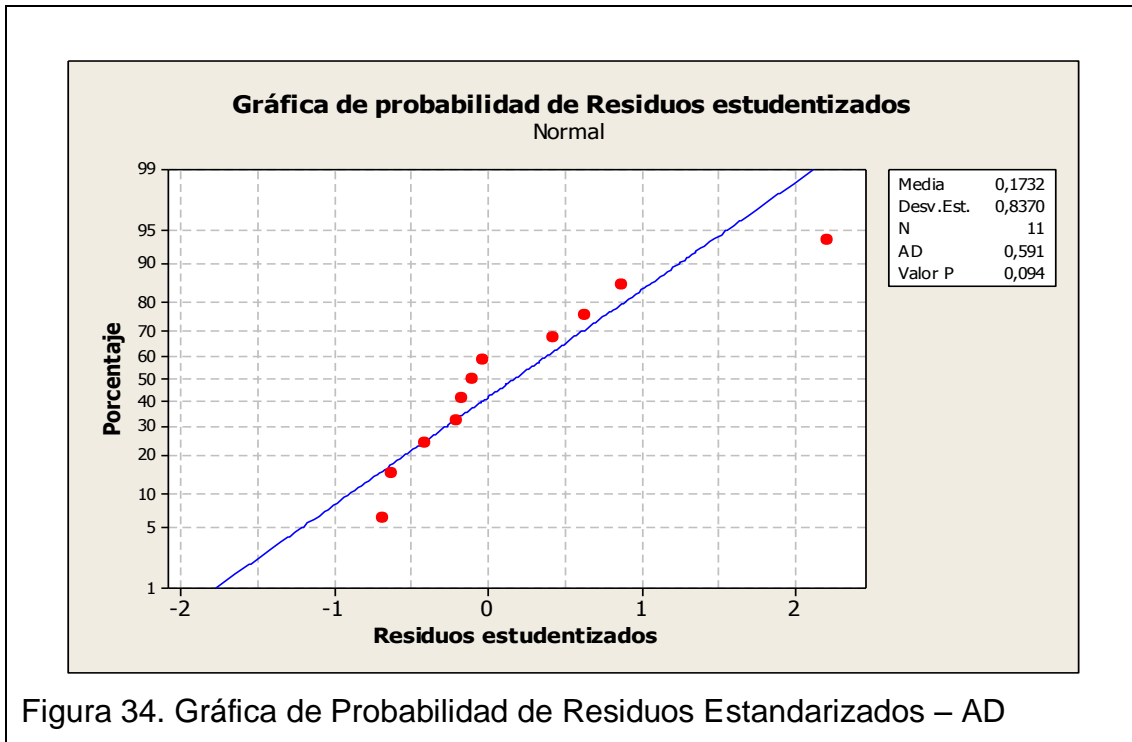


Figura 33. Gráfica de Probabilidad de Residuos Estandarizados – KS

El valor-P value de esta prueba es de 0,088, al ser mayor al nivel de significancia que es de 0,05 podemos determinar que los residuos siguen una distribución normal.

A continuación realizamos la misma gráfica de probabilidad pero perteneciente al test de normalidad de Anderson-Darling.



El valor $-P$ value para esta prueba es de 0,094, mayor al nivel de significancia de 0,05, de igual manera se confirma la normalidad de los residuos.

En ambas pruebas de normalidad se pudo determinar que nuestros residuos estandarizados siguen un probabilidad normal.

En conclusión, los tres supuestos se confirmaron, por lo que se confirma el modelo de regresión múltiple realizado.

4.5. Causas Potenciales

A continuación se define las causas para cada enfoque del trabajo de titulación una vez realizado los análisis anteriores.

4.5.1. Enfoque Principal

4.5.1.1. Falta de comunicación entre estaciones

El personal encargado de la alimentación del tren de coloración está obligado a usar tapones de protección auditiva debido al sonido generado por la máquina, esto hace muy difícil la comunicación entre las zonas del proceso (alimentación, pintado y descarga).

Sin embargo el personal intenta comunicarse mediante gritos o silbidos, al final esto resulta inútil. El personal encargado de la alimentación siempre ingresa placas al tren de coloración sin importar que:

- Una placa se haya atascado en el proceso
- La boquilla se encuentre tapada
- Se detecte un patrón irregular de pintado
- Placas montadas entre sí

Estas son las actividades más relevantes que pueden suceder en el proceso y al mismo tiempo son causantes de reprocesos y desperdicios, que al final solo afectan al rendimiento de pintura. En el caso que cualquiera de estas actividades ocurra el personal encargado de la alimentación debería detener el ingreso de placas.

4.5.1.2. Parámetros de funcionamiento incorrectos

Previamente, en el análisis de regresión realizado, se descartaron los siguientes parámetros operativos del Tren de Coloración como posibles causas:

- Velocidad de rodillo

- Temperatura de Secado

Al final el trabajo de titulación se centró en los parámetros de funcionamiento que tienen relación con el rendimiento de pintura de Teja Residencial siendo estos:

- Presión
- Temperatura de Pre calentamiento
- Velocidad de Entrada
- Velocidad de Salida

4.5.1.3. Desconocimiento del personal con respecto a la especificación exigida de rendimiento

El personal que trabaja en el tren de coloración desconoce que la teja residencial debe llevar 130 gr/m². La desinformación que el personal maneja de estos datos podría ser tomado de mala manera, generando falta de confianza por parte del operador y una falta de compromiso con la empresa.

El desempeño laboral del área de coloración se mide bajo el parámetro de rendimiento, por lo que es muy importante que el personal conozca las exigencias de la empresa.

4.5.1.4. Desperdicio de Pintura

Se refiere a la pintura que se pierde, independientemente de aquella que se va en tejas reprocesadas. Cuando la boquilla de rociado no está centrada, o el producto ingresa en la cabina de pintado desviado, las zonas de pintado al vacío generan pérdidas de pintura.

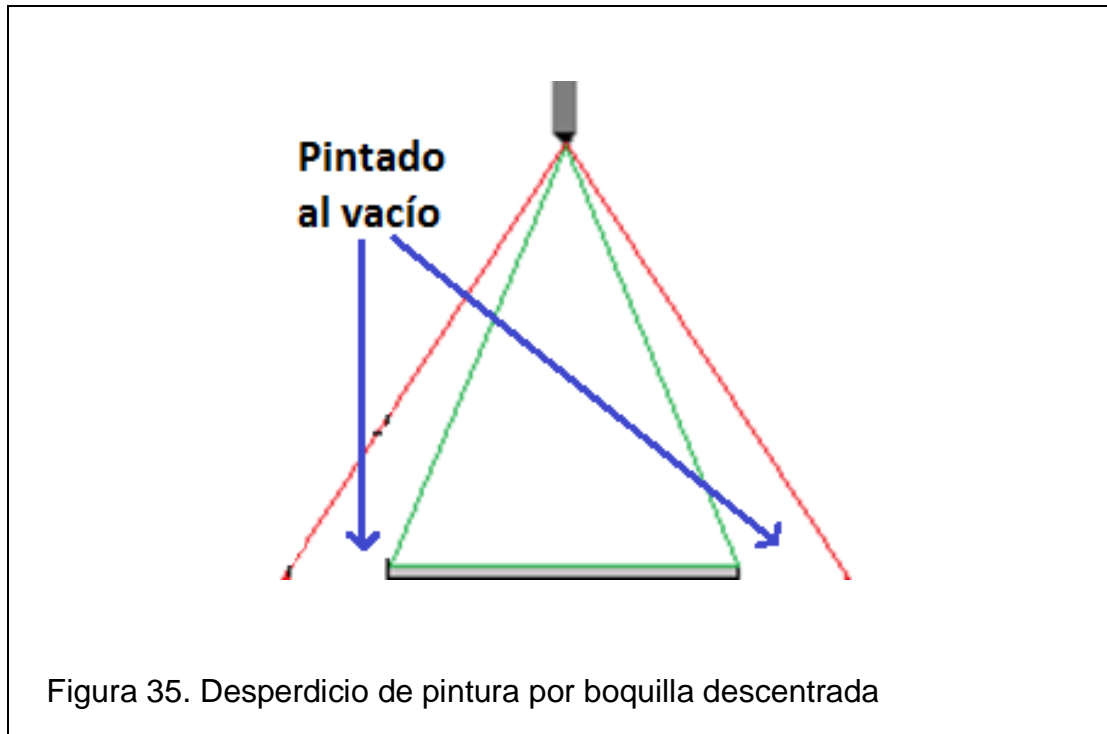


Figura 35. Desperdicio de pintura por boquilla descentrada

Esta pintura no se desperdicia en su totalidad, debido a que cae en una especie de tolva que ocupa el ancho de la cabina de pintado, lo que mediante caída lleva la pintura a unos baldes ubicados en la parte inferior para su reutilización.



Figura 36. Pintura desperdiciada en tolva

Como se puede observar en la fotografía la tolva también está cubierta de pintura, la cual en gran parte se pega a las paredes de la misma, causando otro desperdicio más de pintura.

La pintura que cae es depositada en baldes, sin embargo durante el proceso la pintura se acumula de tal manera que empieza a desbordarse de los baldes ocasionando un desperdicio de pintura.



Figura 37. Pintura derramaba en baldes de recolección

La pintura recolectada es reingresada al proceso, sin embargo la cantidad que se pierde es importante, ya que el transporte de los baldes hacia el barril de pintura principal se realiza por encima de la cadena de transportación del Tren de Coloración.

Para esto el encargado debe subir y bajar tres gradas respectivamente hasta su destino final, lo que es muy complicado con los baldes llenos de pintura recolectada causando desperdicio de pintura en el camino.



Figura 38. Pintura derramada en baldes de recolección 2

4.5.2. Enfoque Complementario

4.5.2.1. Tipos más comunes de defectos causantes de rotura

Para este enfoque se realizó un análisis de Pareto con el fin de determinar los tipos de defectos más significativos que influyen como causantes de rotura.

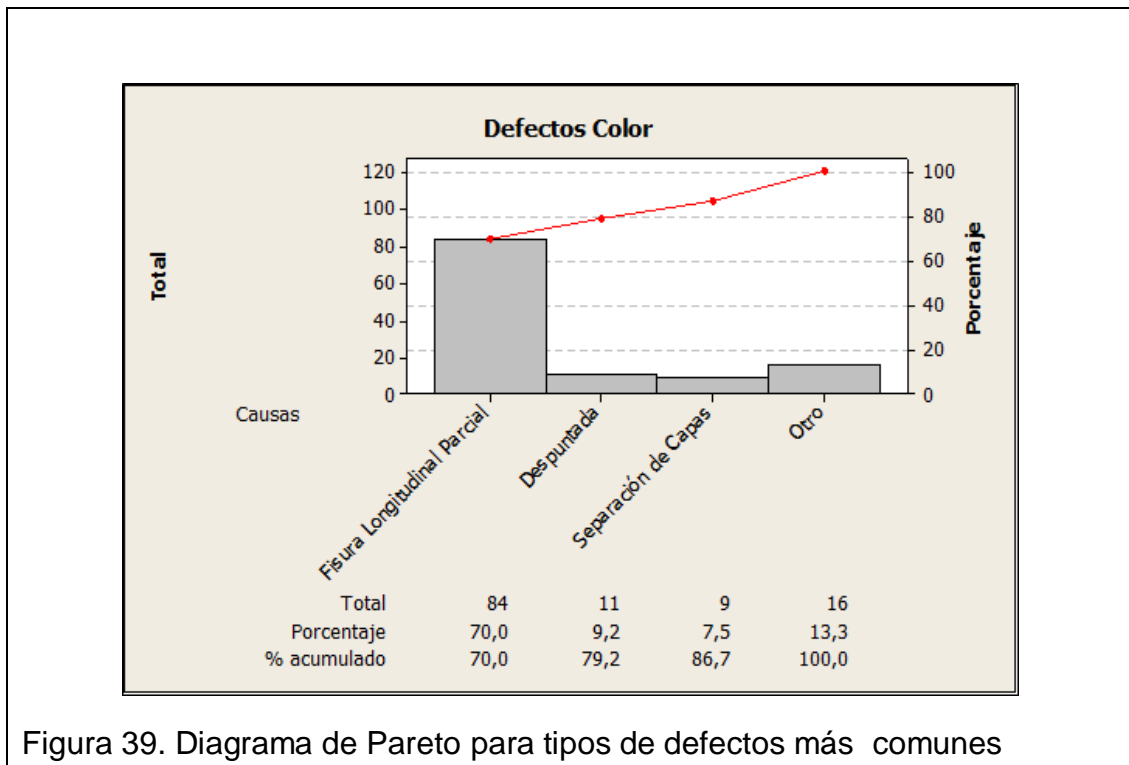


Figura 39. Diagrama de Pareto para tipos de defectos más comunes

El análisis de Pareto refleja que aproximadamente el 86,7% de los tipos de rotura equivalen a:

4.5.2.1.1. Fisura Longitudinal Parcial



Figura 40. Ejemplos de Fisura Longitudinal Parcial

Este tipo de rotura se da por dos razones, falla en los moldes previos de producción y por mala manipulación.

En la zona de moldaje se realiza el proceso para dar forma de ondas a la Teja Residencial y otros productos, el fallo se da al momento de retirar el molde que es cuando se generan pequeñas fisuras.

El alcance de este trabajo de titulación está orientado al proceso de coloración por lo cual se va a enfocar en la mala manipulación como causa de la fisura longitudinal parcial.

4.5.2.1.2. Despuntada



Este defecto se da por posicionamiento de pallets de apoyo y está directamente relacionado con la posición en la que el personal de coloración ubica el producto sobre los pallets de apoyo.



Figura 42. Pallets de apoyo

Estos pallets sirven de base para la alimentación de producto, el fin de su utilización es evitar que durante el transcurso del proceso, los residuos de pintura presentes en las cadenas de transportación sumadas a la pintura que no se adhiere totalmente causen manchas de pintura en la parte inferior de la placa.

Al ubicar producto entre dos pallets de apoyo estos tienden a separarse como consecuencia del cambio entre cadena y rodillos transportadores

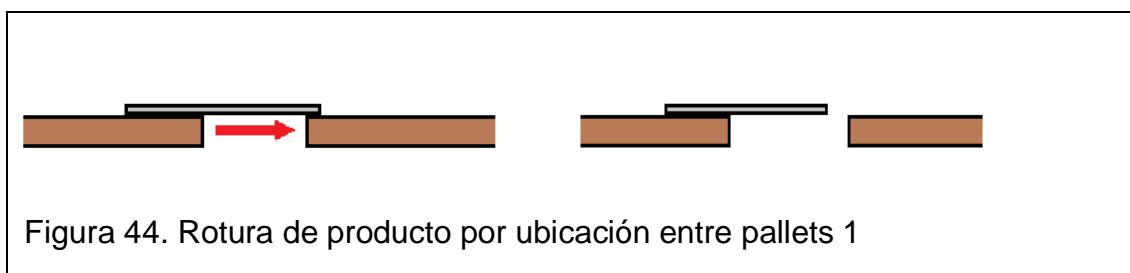


Figura 43. Producto ubicado entre dos pallets

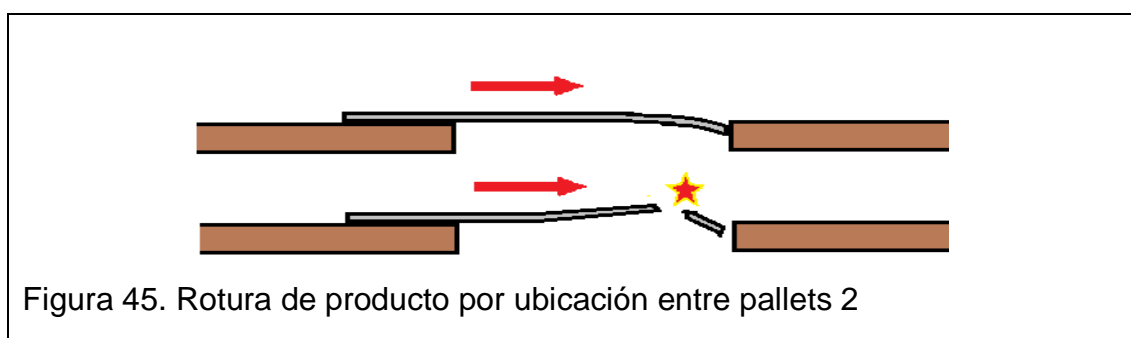
En el gráfico se puede apreciar este caso, el producto está sobre dos pallets distintos.

Hay que tomar en cuenta que en el proceso se dan tres cambios de banda de transportación. El primero (cadena) inicia en la zona de alimentación, el segundo (rodillos) inicia en la zona de pintado y el tercero (cadena) empieza en la zona de descarga. Estas tres fuentes de transporte manejan su propia velocidad, como ya lo analizamos en el análisis de regresión previo.

El cambio entre cadena y rodillos, junto con la velocidad provoca que de a poco las placas se vayan separando de los pallets anteriores.



En el próximo cambio, el pallet con la placa se choca contra el pallet del que se despegó en un inicio causando rotura.



La causa de esto es principalmente cuando las placas no se encuentran alineadas o el personal no las colocó de manera correcta como vemos a continuación:

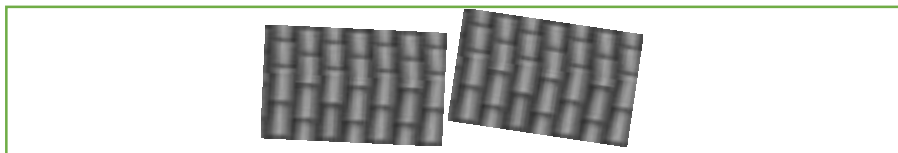


Figura 46. Ubicación Incorrecta de placas en alimentación

4.5.2.1.3. Separación de Capas



Figura 47. Ejemplo de separación de capas

Se puede dar por dos motivos, temperaturas del horno de precalentamiento y secado y por detección ineficiente de defectos por el personal.

En el primer caso, durante el proceso todas las Tejas Residenciales pasan por ambos hornos y no todas se rompen, por lo que la clave está en el reingreso reiterado de las placas por los hornos, es decir reprocesos. En ese caso las altas temperaturas pueden expandir grietas, mas no por el proceso normal de pintado.

Y en el segundo caso, la detección ineficiente de defectos por parte del personal viene generado desde moldaje, el personal de dicha área lija el producto para quitar rebabas existentes con el fin de que sea liberado y transferido al tren de coloración.

Sin embargo el material particulado o polvo producto de este resanado se queda en la placa, tapando las separaciones entre capas que existen en el producto y que al momento de entrar en el tren de coloración, se esparce por el aire generado en los hornos dejando visible la grieta de la separación y en muchos casos expandiéndola.

Cabe decir que al inicio del proceso de pintado en el tren de coloración, específicamente en el proceso de resanado también se realiza un lijado general de placas, por lo que también existe la posibilidad de que el material particulado resulte como resultado de este proceso. En el Anexo 5: Diagrama de Flujo del Proceso de Resanado, podemos observar las actividades relacionadas con este proceso actualmente.

4.5.2.2. Altas temperaturas en hornos de secado y precalentamiento

Las roturas en este aspecto quedarían en su totalidad relacionadas al reproceso reiterado como se explicó previamente, mas no a un error en los parámetros de funcionamiento del tren de coloración.

4.5.2.3. Identificación Ineficiente de defectos por parte del personal

El Personal no verifica de manera minuciosa las placas previo y durante el proceso de resanado, causando que placas con defectos ingresen al proceso.

La teja residencial viene procedente del área de moldaje, de donde puede ingresar al área de pintado producto defectuoso que no fue identificado por el personal de moldaje o que en el momento del transporte hacia coloración fue golpeado por el montacargas.

4.5.2.4. Acumulación de Inventarios

La razón por la que la acumulación de inventarios causa rotura es específicamente el aplastamiento entre rumas y la transportación de producto terminado en el momento en que se ubica en lugares donde ya existe producto almacenado, esto genera choques que rompen el producto y en ocasiones rumas completas.

La demanda es muy cambiante para producto a color por lo que no es muy factible realizar una zonificación fija para cada tipo de producto.

En las áreas destinadas a almacenamiento de placas también existe mucho producto que no sirve o que no se le da uso, producto dañado en grandes cantidades ocupan un espacio de almacenamiento cada uno.



Figura 48. Producto dañado en zona de almacenamiento

En el área de producto terminado también existe producto almacenado por mucho tiempo que nunca fue retirado por almacenes, a pesar de que está liberado por calidad y solo quita espacio que sirve para el producto recién pintado.



Figura 49. Producto sin retirar de zona de producto terminado

Actualmente el producto recién pintado se ubica en cualquier zona donde exista espacio disponible, sin tomar en cuenta la zona que sea. El aplastamiento se da por este motivo, se sobrecarga con producto terminado rumas de placas previamente pintadas, y se acumulan una sobre otra ya que no hay espacio para ubicar el producto.

Y mientras el personal maniobra con el montacargas para ubicar rumas de producto en lugares pequeños se producen impactos en paredes o contra otras rumas de producto causando rotura.

A continuación se realizó un *layout* del estado actual del área de coloración donde se puede observar las zonas de almacenamiento y producto terminado y el tipo de producto que tienen en cada espacio.

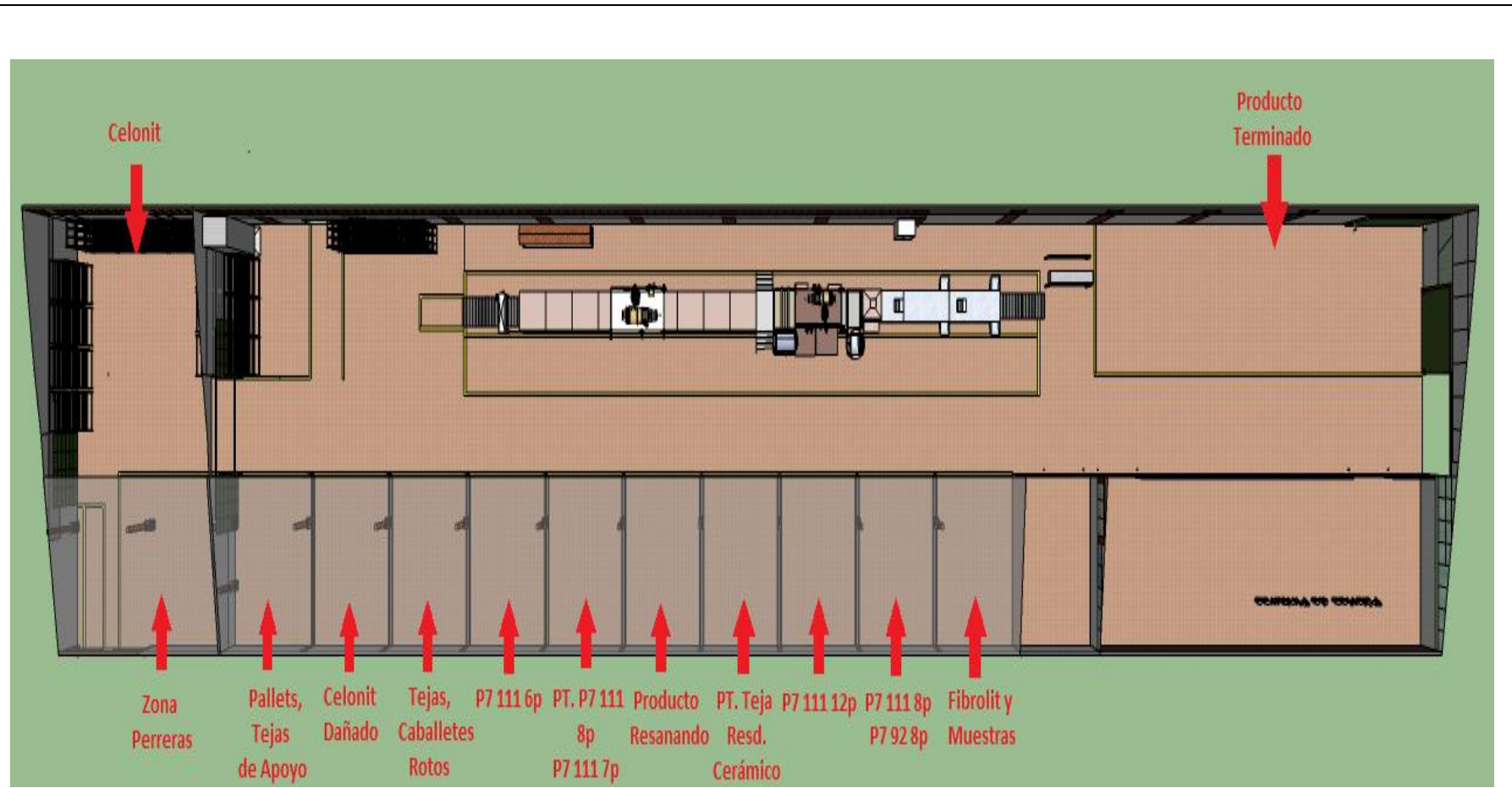


Figura 50. *Layout* actual de producto en zonas de almacenamiento

4.5.3. Enfoque en Común

4.5.3.1. Falta de estandarización de estaciones de trabajo

En ambos enfoques encontramos factores relacionados al trabajo sin estandarizar y la mala manipulación del producto en cada etapa del proceso, para esta parte del análisis vamos a dividir el proceso en las tres zonas previamente mencionadas.

- Zona de Alimentación

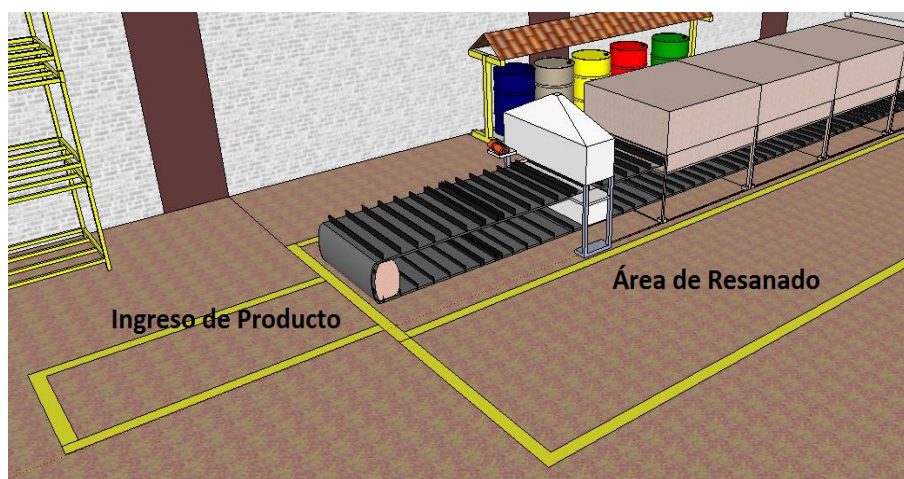


Figura 51. Zona de Alimentación

- Zona de Pintado

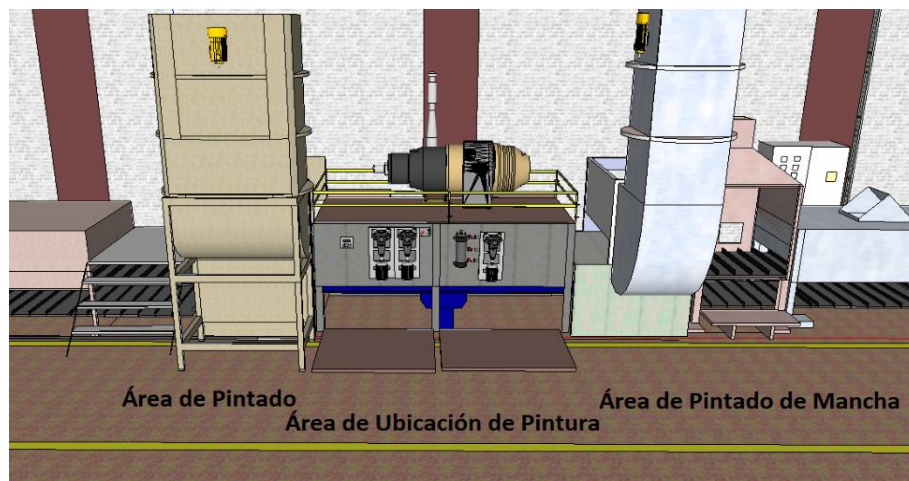


Figura 52. Zona de Pintado

- Zona de descarga

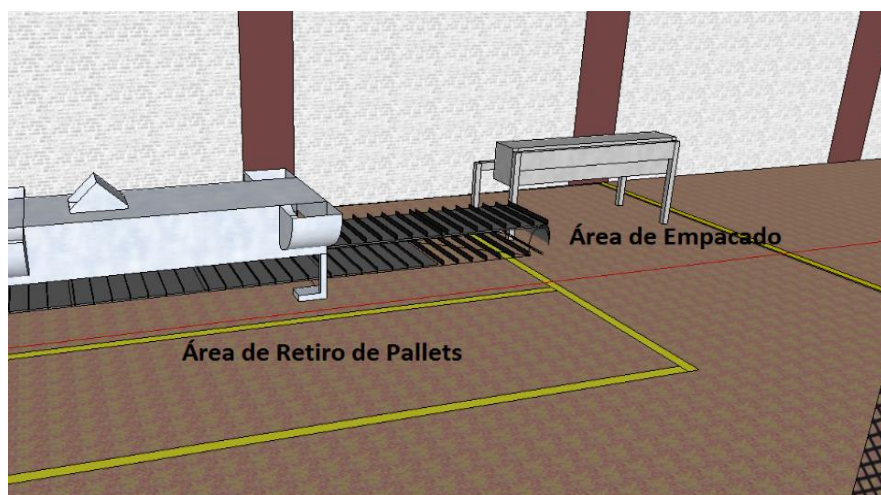


Figura 53. Zona de Descarga

Se realizó un estudio de tiempos y movimientos para cada operador del área de coloración y se dividió de acuerdo a las zonas en las que estos se desenvuelven, en el estudio se incluyó distancias recorridas y tiempos de cada actividad.

4.5.3.1.1. Zona de Alimentación

En esta área se realiza el resanado de placas, el ingreso al tren de coloración y es el punto receptor de pallets de apoyo.

El estudio de tiempos y movimientos para las actividades que se encuentran a continuación se encuentran en el Anexo 6: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Alimentación.

- **Actividades:**

Resanado

Esta actividad está dividida en dos, la primera está compuesta por actividades relacionadas a cada teja residencial. La segunda parte refiere a las actividades realizadas posteriormente, pero relacionadas a la ruma o conjunto de tejas residenciales.

Alimentación al TDC

4.5.3.1.2. Zona de Pintado

En esta área se realiza el pintado de mancha para el color cerámico. El análisis de Tiempos y Movimientos para la actividad a continuación se encuentra en el Anexo 7: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Pintado.

- **Actividades**

Pintado de Mancha

4.5.3.1.3. Zona de Descarga

En esta zona se realizan actividades de retiro de pallet de apoyo y empaçado. El análisis de tiempos y movimientos para las actividades a continuación se encuentran en el Anexo 8: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Descarga

- **Actividades**

Retiro de Pallet de Apoyo

Empacado

4.5.3.2. Reprocesos

Con respecto a la variabilidad en el rendimiento de pintura, la placa reprocesada utiliza más pintura dependiendo de las veces que esta se reprocese. Y tomando en cuenta que no se tiene un conteo de la cantidad de placas reprocesadas podría alterar los datos del rendimiento total del lote producido.

El reproceso también está enfocado a la rotura de producto a color mediante la cantidad de veces que el producto se reprocesa y mediante distintos factores operativos que causan rotura en el transcurso del proceso.

A continuación se analizarán las causas descritas previamente en el diagrama de árbol que están relacionadas con el reproceso de Teja Residencial.

4.5.3.2.1. Placas Desalineadas

Mientras el personal no tenga estandarizado un método de alimentación, seguirán existiendo placas mal pintadas y por ende se reprocesarán y si alguna de ellas tenía algún defecto omitido previamente por el personal, al pasar por los hornos reiterativamente se romperán.

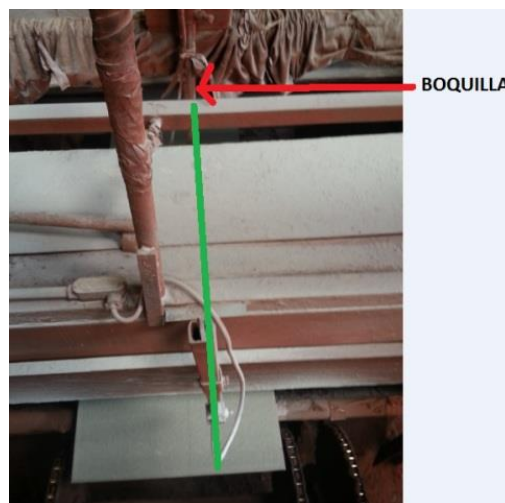


Figura 54. Boquilla Descentrada

En esta imagen se puede apreciar como el centro de la boquilla no está alineada con el centro del producto.

Teniendo en cuenta que la boquilla que se utiliza es de abanico es muy probable que se esté pintando en vacío, es decir que el producto se está pintando a medias por lo que habría la necesidad de reprocesarlo.

También se deben verificar las condiciones de arranque para constatar que la boquilla se encuentre centrada antes de iniciar el proceso.

4.5.3.2.2. Grumos

A pesar de contar con un rodillo limpiador cuya finalidad es eliminar el material particulado de la placa con el fin de evitar grumos en el producto final, éste no funciona de la manera adecuada.

Las cerdas limpiadoras ni siquiera están en contacto con la placa en su totalidad, las cerdas no llegan a tocar la cavidad entre ondas. Al final del proceso las placas salen con los grumos pintados en la superficie.



Figura 55. Cerdas de Rodillo Limpiador



Figura 56. Teja residencial con material particulado

El personal remueve los grumos con una espátula o lija, dejando ver los espacios de la placa que no se pintaron de manera adecuada y por ende las placas son reprocesadas.



Figura 57. Grumos en producto pintado

Esta foto muestra los grumos que se produjeron en la teja residencial.

4.5.3.2.3. Mal Pintado

Este defecto se origina en el área de Rociado de pintura, y tiene mucho que ver con la boquilla. Se identificó que debido a la contextura de la pintura Túnel después de un periodo de pintado, la boquilla comienza a taparse causando un irregular patrón de pintado.

Este defecto no es advertido de manera inmediata, sino al final del proceso de coloración.



Figura 58. Ejemplos de placa mal pintada

4.5.3.2.4. Montado de Placas

El montado de placas también es causante de una placa mal pintada y por ende de reproceso, y se da debido al cambio de cadena a rodillos y viceversa, este cambio se produce entre el horno de calentamiento, la cabina de pintado y la secadora de placas.

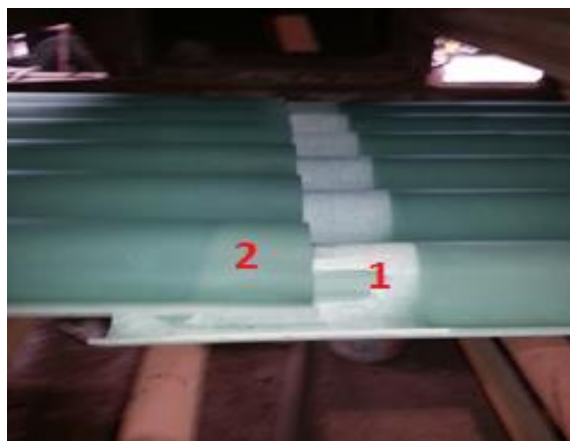


Figura 59. Ejemplo de Placas Montadas

En este ejemplo se observa que La placa 2 se posicionó sobre la 1, por lo que la pintura no cubrió la parte inferior de la placa 1, esta debió ser reprocesada.

El montaje de placas también se da por el choque entre placas, el tope entre dos placas produce que la anterior se frene provocando que la placa que les sigue a ambas se clave debajo de la segunda placa.



Figura 60. Placa con pintado incompleto debido a placas montadas

Otra causa es la distancia a la que se ubican las placas al momento de la alimentación al tren de coloración. Actualmente no está estandarizada una distancia y el personal lo ubica de manera aleatoria.



Figura 61. Placas alimentadas a 6cm de distancia aproximadamente

En la fotografía que está a continuación se observa que el personal colocó las placas entre una distancia de 6 cm.



Figura 62. Placas alimentadas a 3.5cm de distancia aproximadamente

En esta fotografía la distancia entre placas es aún menor, 3.5 cm.

Y así sucesivamente, el personal ubica placas con distancias muy pequeñas entre sí, muchas veces con el afán de terminar rápido el trabajo.

4.5.3.2.5. Placa Manchada

Este efecto se origina exclusivamente en el área de la secadora, donde los ventiladores levantan el polvo de pintura perteneciente a producciones anteriores, color ladrillo, rojo, etc.



Figura 63. Ejemplos de Placa Manchada

Los ventiladores del horno de secado no están funcionando de la manera adecuada, puesto que no debería existir dicha acumulación de partículas de pintura.



Figura 64. Horno de Secado por dentro

4.5.3.2.6. Paras No Programadas

Este es un problema que tiene como consecuencia el desperdicio de pintura, ya que el personal continúa alimentando placas mientras se procede con el mantenimiento correctivo para destapar la boquilla.



Figura 65. Limpieza de boquilla de pintado

El destapado de la boquilla se realiza con agua y aire comprimido, lo que toma alrededor de 4 minutos aproximadamente, tiempo durante el cual el personal encargado de la alimentación del TDC continúa ingresando placa al proceso.

Una vez limpiada y reinstalada la boquilla, ésta toma de 2 a 3 minutos para estabilizar su disparo, causando más producto no conforme a reprocesar.



Figura 66. Pintado irregular

La placa que muestra la foto pasó por la cabina de pintado una vez reinstalada la boquilla y podemos apreciar la irregularidad en el pintado.

En total son aproximadamente 8 minutos que toma el mantenimiento correctivo y estabilización de disparo. En este tiempo el personal continúa alimentando placas, como no son pintadas se reprocesan y pasan por los hornos de manera continua, causando grietas por altas temperaturas.

La boquilla se tapa principalmente con el cambio de color a pintar, y también cuando se inicia un lote de pintado sin tomar en cuenta las condiciones de arranque exigidas.

4.6. Conclusión de la etapa Analizar

La tabla a continuación es un resumen de todos los problemas identificados en este proyecto de titulación, al lado de cada problema encontramos al enfoque al que pertenece, sea variabilidad en el rendimiento de pintura o roturas en color.

Tabla 26. Resumen de etapa Analizar

Problema	Causa	Enfoque
Falta de comunicación entre estaciones	Debido al ambiente el personal de alimentación no percibe de manera clara llamados de atención o indicaciones, por lo que no para de ingresar producto a pesar de cualquier situación que se presente	Rendimiento de Pintura
Parámetros de funcionamiento incorrectos	Presión, Temperatura de Precalentamiento, Velocidad de salida y velocidad de entrada incorrectos	Rendimiento de pintura
Desperdicio de pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Boquilla Descentrada • Presión Incorrecta 	Rendimiento de pintura
Ubicación incorrecta de placas en alimentación	No existe estandarización	Rotura en Color

Rotura por fisura longitudinal parcial y placa despuntada	<ul style="list-style-type: none"> • Uso Incorrecto de Pallets de Apoyo • Alimentación de producto desalineado 	Rotura en Color
Separación de capas	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas Indetectadas • Paso Reiterativo de producto por altas temperaturas 	Rotura en color
Acumulación de inventarios	No hay estandarización de espacios de almacenamiento	Rotura en color
Presencia de grumos	Material Particulado en la superficie del producto	Rendimiento de pintura
Horno secador sucio	Mantenimiento Incorrecto	Rendimiento de pintura
Taponamiento de boquilla	Mantenimiento Incorrecto	Rendimiento de Pintura
Montado de placas	Distancias de alimentación incorrectas	Rendimiento de Pintura
Boquilla descentrada	Condiciones de arranque incompletas	Rendimiento de Pintura
Desconocimiento del Personal sobre estándar exigido	No ha habido charlas de capacitación al respecto	Rendimiento de Pintura

CAPÍTULO 5

5. Mejorar (*Improve*)

Previamente se identificaron las causas relacionadas con los enfoques de variabilidad de rendimiento de pintura y rotura en color para teja residencial. En este capítulo se van a proponer las mejoras correspondientes a dichas causas.

5.1. Enfoque Principal

A continuación vamos a presentar las mejoras propuestas relacionadas exclusivamente a la variabilidad en el rendimiento de pintura en el proceso de coloración para Teja Residencial.

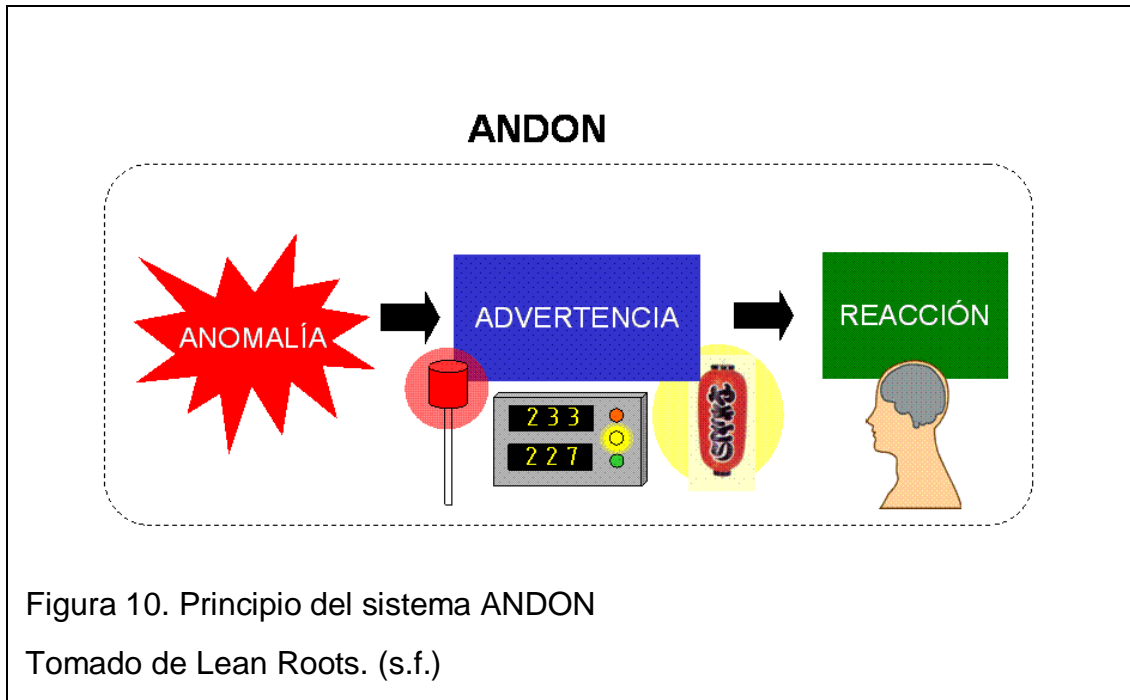
5.1.1. Falta de comunicación entre estaciones

Este problema podemos erradicarlo mediante un sistema de gerenciamiento visual ANDON, el cual sirve para la detección de errores, paras de producción u otros factores que afecten o den como resultado un producto no conforme al final del proceso.

Para el caso de este trabajo de titulación, entre las situaciones que se pueden suscitar tenemos:

- Una placa se haya atascado en el proceso
- La boquilla se encuentre tapada
- Se detecte un patrón irregular de pintado
- Placas montadas entre sí

Sin embargo este sistema va a servir para cualquier tipo de evento que se suscite durante el proceso. El siguiente gráfico nos muestra el principio de la herramienta ANDON:



Adaptándola al presente trabajo de titulación, la anomalía vendría a ser todo producto que se encuentre mal pintado, o en su caso manchado, o cualquier otra situación que se pudiera presentar, la señal de advertencia propuesta es un sistema de luces de dos colores.

El sistema funcionará de la siguiente manera:



Debido al tiempo que toma el encendido del tren de coloración, es muy difícil apagarlo si existiese algún problema con la boquilla de pintado, debido a que el reinicio tomaría tiempo. Por lo tanto es mucho mejor detener la alimentación de placas, lo que daría como resultado un producto de mejor calidad y si la detección de la falla de la boquilla es inmediata, un gran ahorro en pintura.

Esta detención mencionada debe ser inmediata y el sistema ANDON propuesto es de gran ayuda para que el personal descontinúe la alimentación de producto inmediatamente.

Cualquier caso de producto mal pintado deriva en reproceso y si tomamos en cuenta que la temperatura a la que se somete a las placas es causante de expansiones de microfisuras, sería un problema tener que someter dos veces a una placa al horno de calentamiento (en el caso de un reproceso), lo que daría como resultado un producto de baja calidad.

5.1.1.1. Ubicación del Sistema ANDON

La ubicación de la botonera será en el área de la cabina de pintado, lo que permitirá una rápida reacción al momento de detectar problemas y al momento de reiniciar la alimentación de placas.



Mientras que la ubicación de la luz de advertencia será en la zona de alimentación, cerca de la limpiadora de rodillos para que sea fácilmente detectable por el personal.



Las medidas de la luz de alerta para el sistema ANDON se diseñaron tomando las posiciones ya estandarizadas y mejoradas en este proyecto y se hicieron con el fin de que los tres operadores encargados de la alimentación la observen de manera clara una vez accionada.



Como se observa en la imagen, dos de los tres operadores tienen visión amplia de la señal ANDON de alerta, un tercero se encuentra de espaldas a la señal, pero la actividad que realiza es compartida con el operario de enfrente por lo que no existiría problema en el momento de suspender la alimentación de producto inmediatamente.

5.1.1.2. Medidas de la luz de alerta

Una vez revisadas las posiciones y la visibilidad de los operadores con respecto a la luz de alerta, se realizó el plano con las medidas pertinentes para la fabricación de la luz de alerta tipo semáforo del sistema ANDON, las cuales se encuentran en el Anexo 4: Luz de alerta sistema ANDON.

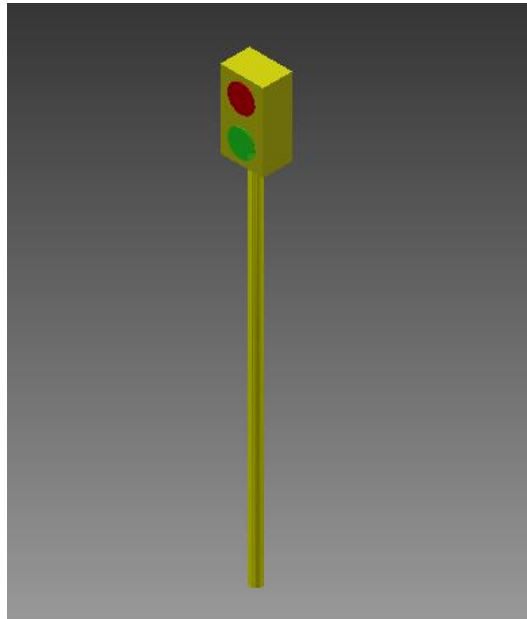


Figura 71. Luz de alerta en 3D

5.1.2. Parámetros de funcionamiento incorrectos

Se propone un Diseño de Experimentos para este aspecto, el cual tendrá como objetivo establecer los parámetros adecuados de desempeño con el fin de llegar al estándar exigido de rendimiento para teja residencial que es de 130 gr/m^2 .

Primeramente se categorizaron los datos correspondientes a cada variable independiente que tiene relación con el rendimiento de pintura, en la fase Analizar ya se identificaron, siendo estas:

- Presión
- Temperatura de Pre calentamiento
- Velocidad de Entrada
- Velocidad de Salida

La tabla a continuación demuestra como quedarían los datos para el diseño experimental.

Tabla 27. Criterios de Categorización por Variable

Variable	Criterios de Categorización		
Presión	Presión Baja	Presión Media	Presión Alta
Temperatura de Precalentamiento	Temperatura Baja	Temperatura Media	Temperatura Alta
Velocidad de Entrada	Velocidad Baja	Velocidad Media	Velocidad Alta
Velocidad de Salida	Velocidad Baja	Velocidad Media	Velocidad Alta

Para esta categorización se tomó en cuenta la cantidad de datos tomados y se los dividió, con el fin de mantener el mismo número de datos para las tres categorías de cada variable.

Sin embargo las características de los datos no permitieron equiparar las tres categorías, por lo que tendríamos un modelo desbalanceado.

5.1.2.1. Estructura de Datos para el Modelo

Para el diseño experimental, los datos de las variables independientes deben estar relacionados con los rendimientos resultantes de cada categoría.

En base al criterio de categorización de datos previamente revisado, los datos pertenecientes a las variables independientes para el modelo quedaron estructurados de la siguiente manera:

Tabla 28. Datos de Rendimiento en función de la Presión.

Presión (PSI)	A	B	C
	116,018	150,98	135,496
	107,881	136,93	136,211
	121,33	121,884	138,017
Rendimiento	122,678	132,492	134,72
(gr/m²)	117,369	126,316	173,611
	120,96	129,688	157,828
	112,766	145,22	165,066
	121,881	120,845	160,272
	135,054	127,861	166,667
	123,889	149,254	174,275
		124,949	179,237
		117,863	
		136,93	

Tabla 29. Datos de Rendimiento en función de la Temperatura de Precaentamiento

Temperatura de Precaentamiento °C	A	B	C
	112,766	107,881	179,237
	117,863	124,949	134,72
	135,054	122,678	160,272
	121,884	123,889	149,254
Rendimiento (gr/m²)	117,369	132,492	129,688
	121,881	127,861	136,93
	121,33	136,211	166,667
	120,96	157,828	150,98
	116,018	136,93	174,275
	120,845	145,22	135,496
		126,316	165,066
		138,017	173,611

Tabla 30. Datos de Rendimiento en función de la Velocidad de Entrada

Velocidad de Entrada (m/min)	A	B	C
	150,98	136,93	116,018
	157,828	136,93	127,861
	179,237	134,72	173,611
	165,066	123,889	121,881
		117,369	135,054
		124,949	160,272
		135,496	166,667
Rendimiento (gr/m²)		138,017	107,881
		112,766	120,845
			117,863
			121,884
			121,33
			149,254
			120,96
			122,678
			174,275
			132,492
			136,211
			126,316
			129,688
			145,22

Tabla 31. Datos de Rendimiento en función de la Velocidad de Salida

Velocidad de Salida (m/min)	A	B	C
	157,828	150,98	116,018
	179,237	134,72	127,861
	165,066	123,889	173,611
		117,369	121,881
		124,949	135,054
		136,93	160,272
		135,496	166,667
		138,017	107,881
		112,766	120,845
		136,93	117,863
		122,678	121,884
			121,33
			149,254
			120,96
			174,275
			132,492
			136,211
			126,316
			129,688
			145,22

5.1.2.2. Modelo Lineal Generalizado

Este modelo se escogió debido al tipo de datos tomados, los cuales no estaban equiparados entre las categorías de cada variable independiente. El Modelo Lineal Generalizado es ideal para modelos desbalanceados como el que presenta este trabajo de titulación.

El método de comparación múltiple de medias a utilizar es el de Tukey-HSD, ya que es ideal para muestras desiguales como lo son los datos correspondientes a las cuatro variables a estudiar.

5.1.2.2.1. Presión

Para el modelo, las categorizaciones de la variable de Presión serán de tres tipos:

- A: (63 - 64) PSI
- B: (65 - 68) PSI
- C: (70 - 90) PSI

Resultados para el Modelo Lineal Generalizado con respecto a la Presión:

Tabla 32. Análisis de Varianza MGL - Presión

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	7342,62	2	3671,31	23,35	0,0000
Residuo	4874,96	31	157,257		
Total (Corr.)	12217,6	33			

El valor $-P$ a un nivel de confianza del 95% es menor a 0,05, lo que estadísticamente indica que existe diferencia de medias en la Presión y por ende el modelo es significativo.

Tabla 33. Prueba de Rango Múltiple – Presión

<i>Presión</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media MC</i>	<i>Sigma MC</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
A	10	119,983	3,96556	X
B	13	132,401	3,47803	X
C	11	156,491	3,78102	X

A un nivel de confianza del 95%, la prueba HSD de Tukey demuestra que entre los tres tipos de Presión, el tratamiento que marca la diferencia en el proceso es el tercero, Presión Tipo C. Estadísticamente, su media es diferente de las de los otros tratamientos de manera significativa.

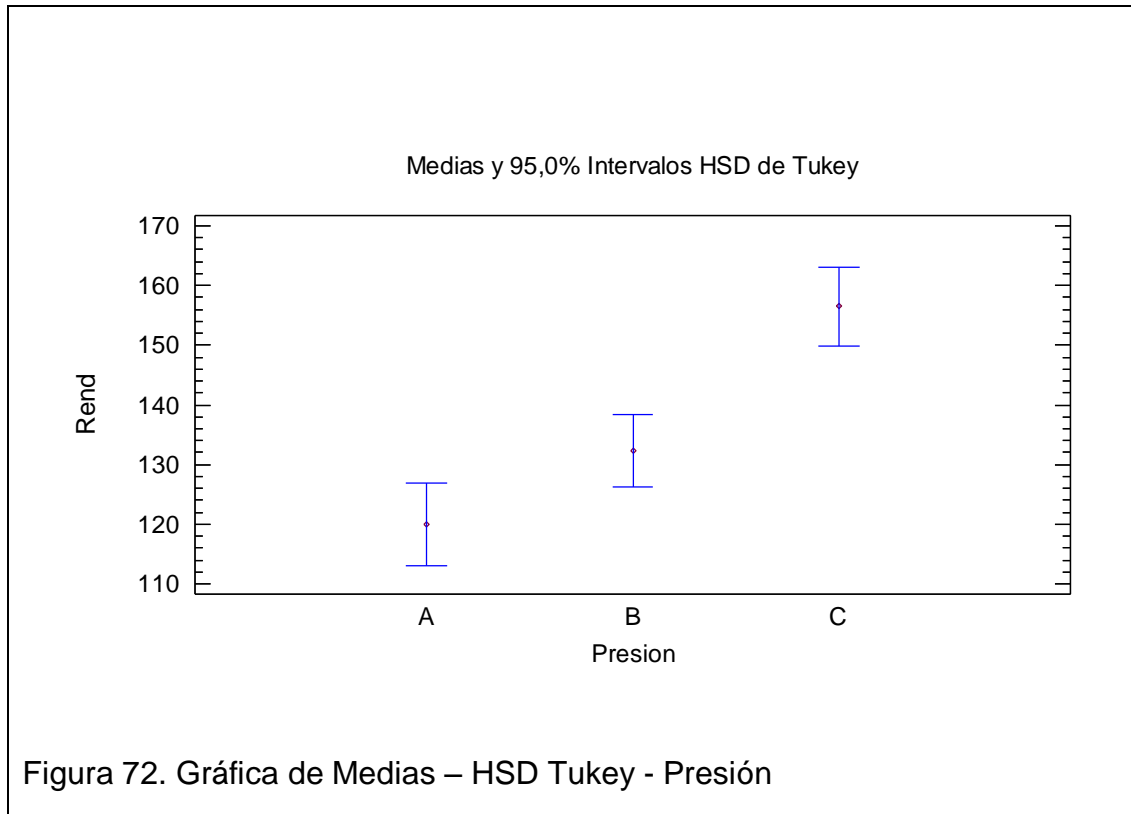
Tabla 34. Tabla de Medias – Presión

<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GENERAL	34	136,291	2,16329	131,879	140,704
Presión					
A	10	119,983	3,96556	111,895	128,07
B	13	132,401	3,47803	125,307	139,494
C	11	156,491	3,78102	148,779	164,202

La tabla de medias indica que a un nivel de confianza del 95% se espera que:

- La Presión A genere un rendimiento promedio entre 111,895 y 128,07
- La Presión B genere un rendimiento promedio entre 125,307 y 139,494
- La Presión C genere un rendimiento promedio entre 148,779 y 164,202

Analizando las medias de cada tratamiento, el valor más cercano al objetivo de 130 gr/m² es de 132,401, el cual pertenece al tratamiento B



La gráfica de medias muestra lo alejada que se encuentra la media del tratamiento C con respecto al A y B.

Lo más importante en esta gráfica, es el valor del rendimiento estándar exigido por la empresa, el cual se está casi al mismo nivel de la media del tratamiento B.

5.1.2.2.2. Temperatura de Pre calentamiento

Para el modelo, las categorizaciones de la variable de Temperatura De Pre calentamiento serán de tres tipos:

- A: (177 - 184) °C
- B: (185 - 199) °C
- C: (200 - 223) °C

Resultados para el Modelo Lineal Generalizado con respecto a la Temperatura de Pre calentamiento:

Tabla 35. Análisis de Varianza MGL – Temperatura de Pre calentamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	6774,16	2	3387,08	19,29	0,0000
Residuo	5443,42	31	175,594		
Total (Corr.)	12217,6	33			

El valor –P a un nivel de confianza del 95% es menor a 0,05, lo que estadísticamente indica que existe diferencia de medias en la Temperatura de Pre calentamiento y por ende, el modelo es significativo.

Tabla 36. Prueba de Rango Múltiple – Temperatura de Pre calentamiento

Temperatura Prec	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
A	10	120,597	4,1904	X
B	12	131,689	3,82529	X
C	12	154,683	3,82529	X

A un nivel de confianza del 95%, la prueba HSD de Tukey demuestra que entre los tres tipos de Temperaturas de Pre calentamiento, el tratamiento que marca la diferencia en el proceso es el tercero, Temperatura Tipo C. Estadísticamente, su media es diferente de las de los otros tratamientos de manera significativa.

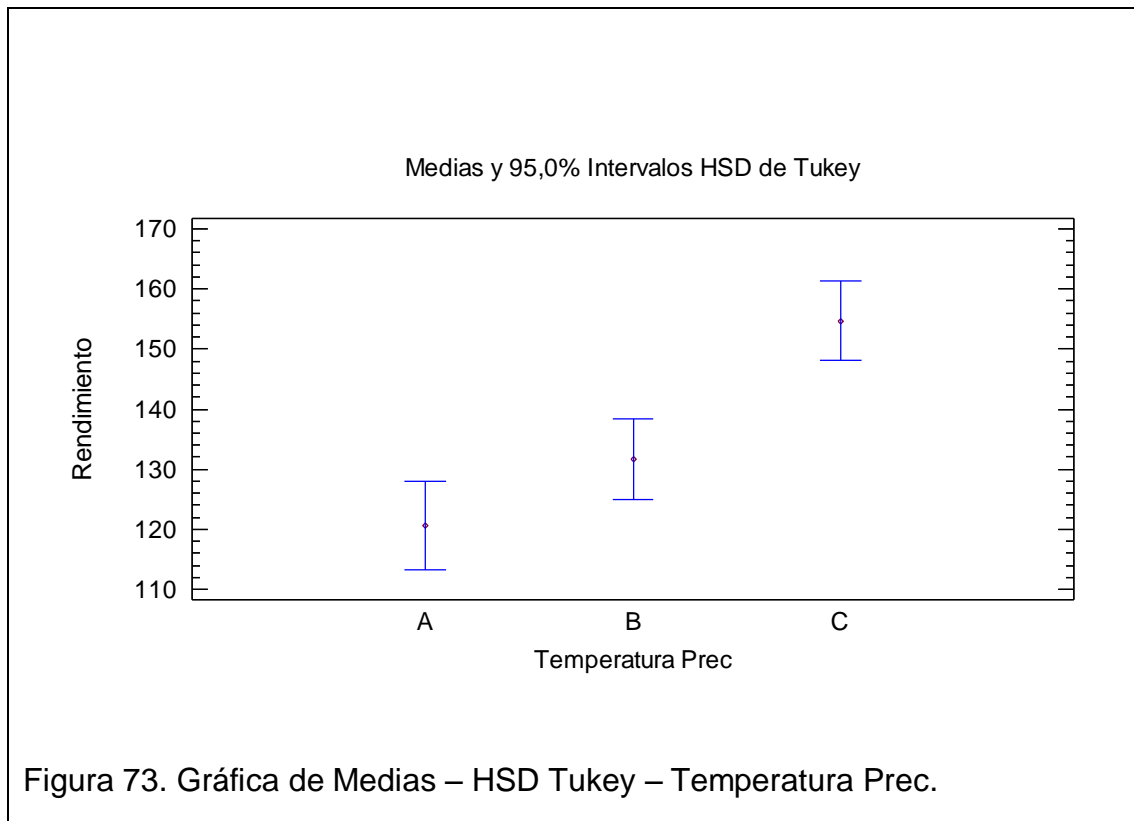
Tabla 37. Tabla de Medias – Temperatura de Precalentamiento

<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GENERAL	34	135,656	2,28096	131,004	140,309
Temperatura Prec					
A	10	120,597	4,1904	112,051	129,143
B	12	131,689	3,82529	123,888	139,491
C	12	154,683	3,82529	146,881	162,485

La tabla de medias indica que a un nivel de confianza del 95% se espera que:

- La Temperatura A genere un rendimiento promedio entre 112,051 y 129,143
- La Temperatura B genere un rendimiento promedio entre 123,888 y 139,491
- La Temperatura C genere un rendimiento promedio entre 146,881 y 162,485

Analizando las medias de cada tratamiento, el valor más cercano al objetivo de 130 gr/m² es de 131,689 el cual pertenece al tratamiento B



La gráfica de medias muestra lo alejada que se encuentra la media del tratamiento C con respecto al A y B.

Lo más importante en esta gráfica, es el valor del rendimiento estándar exigido por la empresa, el cual se está casi al mismo nivel de la media del tratamiento B.

5.1.2.2.3. Velocidad de Entrada

Para el modelo, las categorizaciones de la variable de Velocidad de Entrada serán de tres tipos:

- A: (13,4 – 13,7) m/min

- B: (14,1 – 14,2) m/min
- C: (14,9) m/min

Resultados para el Modelo Lineal Generalizado con respecto a la Velocidad de Entrada:

Tabla 38. Análisis de Varianza MGL – Velocidad de Entrada

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3443,02	2	1721,51	6,08	0,0059
Residuo	8774,56	31	283,05		
Total (Corr.)	12217,6	33			

El valor –P a un nivel de confianza del 95% es menor a 0,05, lo que estadísticamente indica que existe diferencia de medias en la Velocidad de Entrada y por ende, el modelo es significativo.

Tabla 39. Prueba de Rango Múltiple – Velocidad de Entrada

Velocidad Entrada	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
B	9	129,007	5,60803	X
C	21	134,679	3,67132	X
A	4	163,278	8,41205	X

A un nivel de confianza del 95%, la prueba HSD de Tukey demuestra que entre los tres tipos de Velocidades de Entrada, el tratamiento que marca la diferencia en el proceso es el primero, Velocidad de Entrada Tipo A. Estadísticamente, su media es diferente de las de los otros tratamientos de manera significativa.

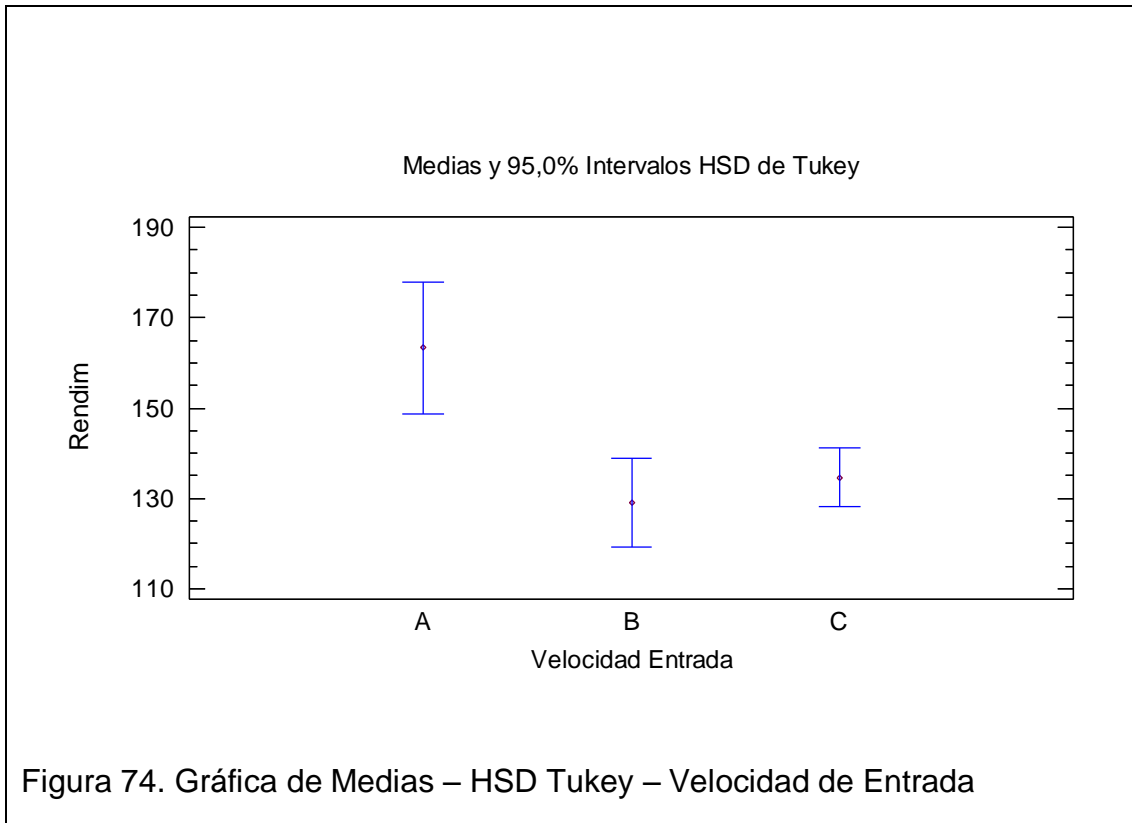
Tabla 40. Tabla de Medias – Velocidad de Entrada

<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GENERAL	34	142,321	3,58533	135,009	149,634
Velocidad Entrada					
A	4	163,278	8,41205	146,121	180,434
B	9	129,007	5,60803	117,57	140,445
C	21	134,679	3,67132	127,191	142,167

La tabla de medias indica que a un nivel de confianza del 95% se espera que:

- La Velocidad de Entrada A genere un rendimiento promedio entre 146,121 y 180,434
- La Velocidad de Entrada B genere un rendimiento promedio entre 117,57 y 140,445
- La Velocidad de Entrada C genere un rendimiento promedio entre 127,191 y 142,167

Analizando las medias de cada tratamiento, el valor más cercano al objetivo de 130 gr/m² es de 129,007 el cual pertenece al tratamiento B.



La gráfica de medias muestra lo alejada que se encuentra la media del tratamiento A con respecto al B y C.

Lo más importante en esta gráfica, es el valor del rendimiento estándar exigido por la empresa, el cual se está casi al mismo nivel de la media del tratamiento B y C.

5.1.2.2.4. Velocidad de Salida

Para el modelo, las categorizaciones de la variable de Velocidad de Entrada serán de tres tipos:

- A: (10,8) m/min
- B: (11,2 – 11,8) m/min
- C: (12) m/min

Resultados para el Modelo Lineal Generalizado con respecto a la Velocidad de Salida:

Tabla 41. Análisis de Varianza MGL – Velocidad de Salida

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3295,28	2	1647,64	5,72	0,0077
Residuo	8922,3	31	287,816		
Total (Corr.)	12217,6	33			

El valor –P a un nivel de confianza del 95% es menor a 0,05, lo que estadísticamente indica que existe diferencia de medias en la Velocidad de Salida y por ende, el modelo es significativo.

Tabla 42. Prueba de Rango Múltiple – Velocidad de Salida

Velocidad de Salida	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
B	11	130,429	5,11518	X
C	20	135,279	3,79352	X
A	3	167,377	9,79483	X

A un nivel de confianza del 95%, la prueba HSD de Tukey demuestra que entre los tres tipos de Velocidades de Salida, el tratamiento que marca la diferencia en

el proceso es el primero, Velocidad de Entrada Tipo A. Estadísticamente, su media es diferente de las de los otros tratamientos de manera significativa.

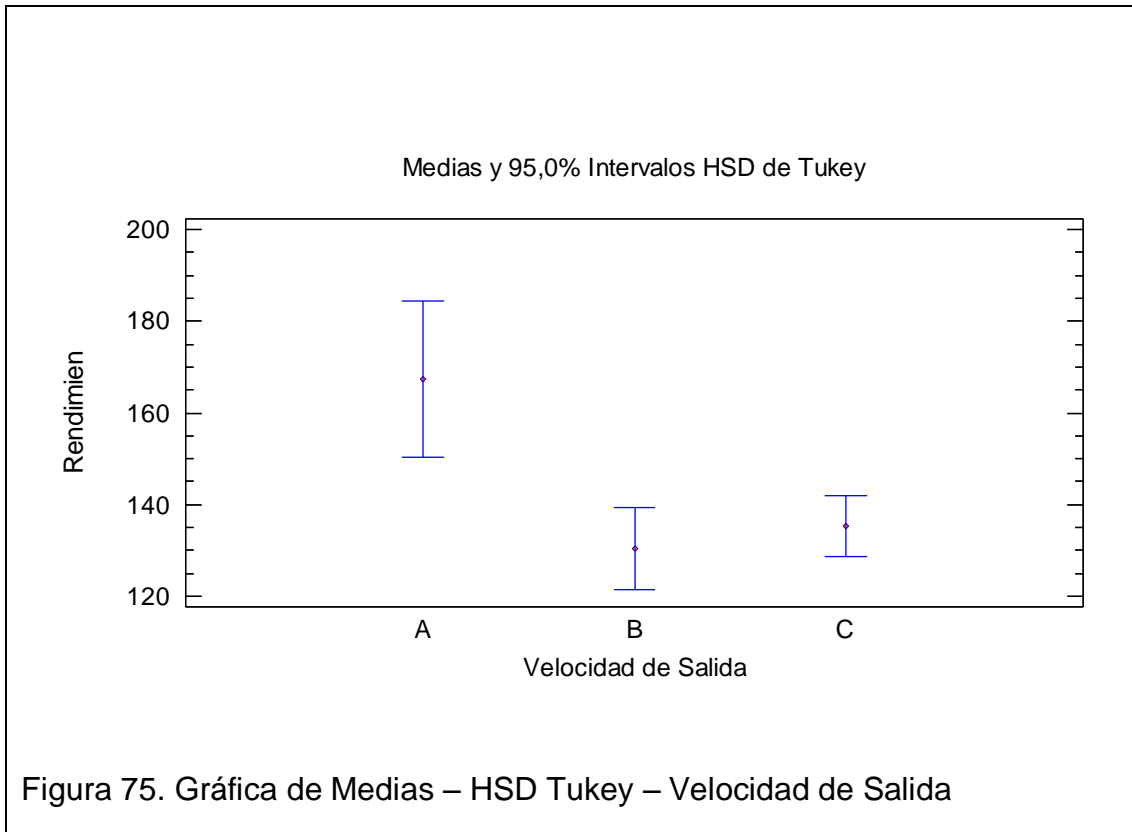
Tabla 43. Tabla de Medias – Velocidad de Salida

<i>Nivel</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GENERAL	34	144,362	3,89436	136,419	152,304
Velocidad de Salida					
A	3	167,377	9,79483	147,4	187,354
B	11	130,429	5,11518	119,997	140,862
C	20	135,279	3,79352	127,542	143,016

La tabla de medias indica que a un nivel de confianza del 95% se espera que:

- La Velocidad de Salida A genere un rendimiento promedio entre 147,4 y 187,354
- La Velocidad de Salida B genere un rendimiento promedio entre 1119,997 y 140,862
- La Velocidad de Salida C genere un rendimiento promedio entre 127,542 y 143,016

Analizando las medias de cada tratamiento, el valor más cercano al objetivo de 130 gr/m² es de 130,429 el cual pertenece al tratamiento B.



La gráfica de medias muestra lo alejada que se encuentra la media del tratamiento A con respecto al B y C.

Lo más importante en esta gráfica, es el valor del rendimiento estándar exigido por la empresa, el cual se está casi al mismo nivel de la media del tratamiento B y C.

5.1.2.2.5. Conclusión del Modelo

El Modelo Lineal Generalizado arrojó resultados muy importantes relacionados a las variables que se estudiaron y la incidencia de las mismas dentro de la variable de respuesta.

El estándar de rendimiento exigido por la empresa es de 130 gr/m², y el modelo realizado determinó las categorías en las que cada variable se desempeña de mejor manera dentro de la especificación exigida.

De esta manera, los datos en los que se debería manejar cada variable son los siguientes:

- Presión

Los parámetros de funcionamiento de esta variable más recomendables para alcanzar la especificación estándar son los siguientes:

Tabla 44. Parámetros de funcionamiento adecuados para Presión.

Tipo	Parámetros (PSI)
B	65
	65,5
	66
	66,5
	68

La media de rendimiento y los rangos en los cuales se desempeñarían estos parámetros de funcionamiento son los siguientes:

Tabla 45. Media y Rangos de desempeño - Presión

Tipo de Presión	Media	Límite Inferior	Límite Superior
B	132,401	125,307	139,494

El desempeño promedio para estos parámetros de funcionamiento es de 132,401 gr/m², el desempeño más bajo es de 125,307 gr/m² y el tope de rendimiento es de 139,494 gr/m².

- Temperatura de Pre calentamiento

Los parámetros de funcionamiento de esta variable más recomendables para alcanzar la especificación estándar son los siguientes:

Tabla 46. Parámetros de funcionamiento adecuados para Temperatura de Pre calentamiento

Tipo	Parámetros (°C)
B	185
	188
	190
	192
	193,5
	195
	197
	199

La media de rendimiento y los rangos en los cuales se desempeñarían estos parámetros de funcionamiento son los siguientes:

Tabla 47. Media y Rangos de desempeño – Temperatura de Pre calentamiento

Tipo de Temperatura de Pre calentamiento	Media	Límite Inferior	Límite Superior
B	131,689	123,888	139,491

El desempeño promedio para estos parámetros de funcionamiento es de 131,689 gr/m², el desempeño más bajo es de 123,888 gr/m² y el tope de rendimiento es de 139,491 gr/m².

- Velocidad de Entrada

Los parámetros de funcionamiento de esta variable más recomendables para alcanzar la especificación estándar son los siguientes:

Tabla 48. Parámetros de funcionamiento adecuados para Velocidad de Entrada

Tipo	Parámetros (m/min)
	14,1
B	14,2
C	14,9

La media de rendimiento y los rangos en los cuales se desempeñarían estos parámetros de funcionamiento son los siguientes:

Tabla 49. Media y Rangos de desempeño – Velocidad de Entrada

Tipo de Velocidad de Entrada	Media	Límite Inferior	Límite Superior
B	129,007	117,57	140,445
C	134,679	127,191	142,167

En este caso, dos tipos de Velocidades de Entrada se manejan en rangos que están dentro de la especificación de 130 gr/m^2 , por lo que ambos tipos se deben considerar para el modelo.

El desempeño promedio para estos parámetros de funcionamiento es de $131,843 \text{ gr/m}^2$ para ambos tipos de Velocidad de Entrada. Para el rango de desempeño de ambos tipos, se consideró el valor más bajo para el límite inferior y el valor más alto para el límite superior. De esta manera desempeño más bajo es de $117,57 \text{ gr/m}^2$ y el tope de rendimiento es de $142,167 \text{ gr/m}^2$.

- Velocidad de Salida

Los parámetros de funcionamiento de esta variable más recomendables para alcanzar la especificación estándar son los siguientes:

Tabla 50. Parámetros de funcionamiento adecuados para Velocidad de Salida

Tipo	Parámetros (m/min)
	11,2
B	11,8
C	12

La media de rendimiento y los rangos en los cuales se desempeñarían estos parámetros de funcionamiento son los siguientes:

Tabla 51. Media y Rangos de desempeño – Velocidad de Salida

Tipo de Velocidad de Entrada	Media	Límite Inferior	Límite Superior
B	130,429	119,997	140,862
C	135,279	127,542	142,016

En este caso, dos tipos de Velocidades de Salida se manejan en rangos que están dentro de la especificación de 130 gr/m^2 , por lo que ambos tipos se deben considerar para el modelo.

El desempeño promedio para estos parámetros de funcionamiento es de $132,854 \text{ gr/m}^2$ para ambos tipos de Velocidad de Salida. Para el rango de desempeño de ambos tipos, se consideró el valor más bajo para el límite inferior y el valor más alto para el límite superior. De esta manera desempeño más bajo es de $119,997 \text{ gr/m}^2$ y el tope de rendimiento es de $142,016 \text{ gr/m}^2$.

5.1.3. Desperdicio de Pintura

Para reducir el desperdicio de pintura se propone la utilización de una bomba que tome la pintura derramada de la tolva ubicada en la cabina de pintado y la transporte hacia el barril ubicado en la zona frontal de la cabina como vemos a continuación.

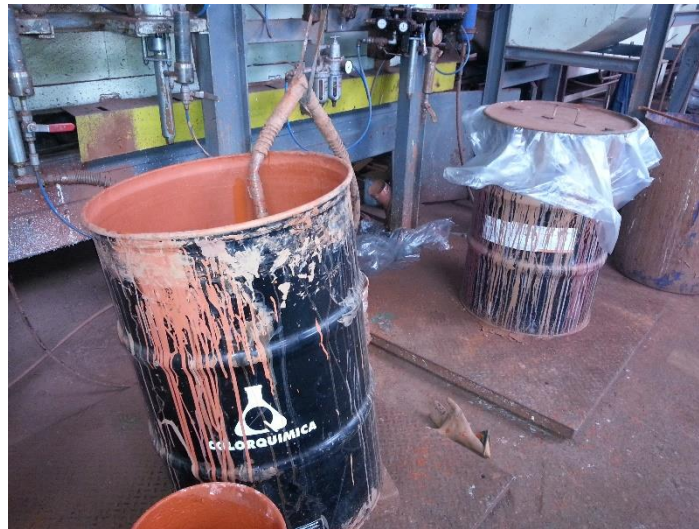


Figura 76. Barril de pintura para producción

La siguiente imagen demuestra la ubicación del balde reciclador de pintura y el barril donde se ubica la pintura destinada para el proceso de pintado.

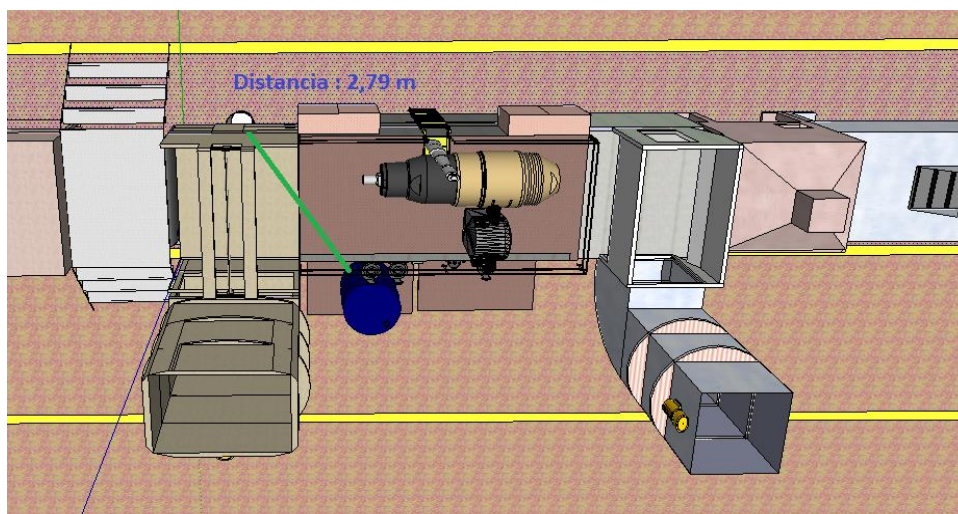


Figura 77. Distancia entre balde recolector y tanque de pintura

La distancia aproximada entre el balde recolector y el barril principal es aproximadamente de 2.79 metros.

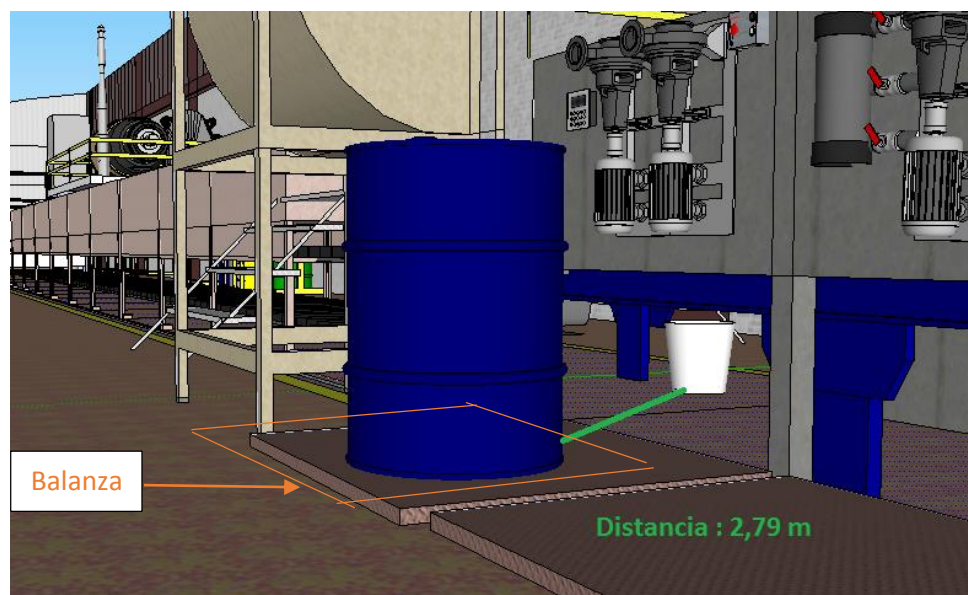


Figura 78. Distancia entre balde recolector y barril de pintura

Esta distancia depende de la ubicación del ambos objetos, sin embargo los 2.79 metros están medidos tomando al barril de pintura centrado en la balanza.

La bomba sugerida funcionará manualmente, con el fin de evitar el consumo de energía cuando se encienda continuamente.

La siguiente foto es de la bomba manual sugerida para el presente proyecto de titulación, es una bomba pequeña con capacidad para 20 litros aproximadamente.



Figura 79. Bomba Manual
Tomada de Todo Agua. (s.f.)

Para su funcionamiento se ingresará el vástago dentro del balde de pintura recolectada y el operador pisará la pata de soporte de la bomba para mantener el equilibrio mientras transfiere la pintura recolectada hacia el barril de pintura para producción.



Figura 80. Bomba manual y Posición del operador.

La bomba y el barril de pintura para producción estarán conectados por una manguera de aproximadamente 3 metros.



Figura 81. Conexión entre balde recolector y barril de pintura

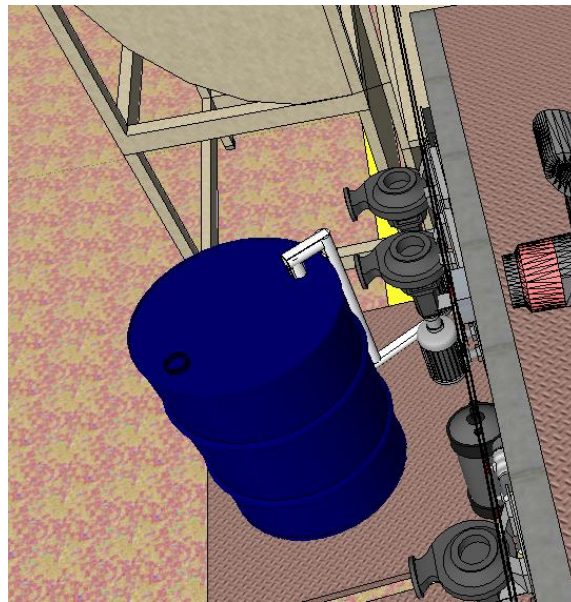


Figura 82. Manguera en barril de pintura.

5.2. Enfoque Complementario

A continuación vamos a presentar las mejoras propuestas relacionadas exclusivamente a las Roturas en Color dentro del proceso de coloración para Teja Residencial.

5.2.1. Tipos más comunes de defectos causantes de rotura

A continuación, se describen las mejoras propuestas para los tipos de defectos más comunes identificados en la etapa Analizar como causantes de roturas en el área de Coloración.

5.2.1.1. Despuntada y Fisura Longitudinal Parcial

La Teja Residencial debe ingresarse de manera alineada para evitar que durante el recorrido del tren existan choques entre placas que provoquen estos dos defectos.

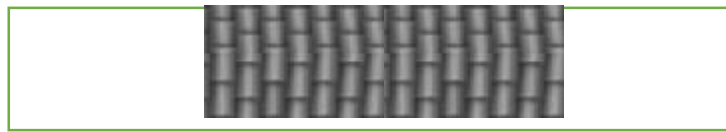


Figura 83. Ubicación correcta de placas en alimentación

5.2.1.2. Separación de Capas

Estos defectos están relacionados con la previa inspección de parte de los operadores, es decir cuando arriba el producto procedente de moldaje y cuando se realiza el proceso de resanado.

Por lo que para evitar que el polvo acumulado en las placas debido al previo proceso de resanado tape las pequeñas grietas en los laterales de las placas, se puede agregar un procedimiento de uso de aire comprimido o una aspiradora en la ruma resanada.

La primera opción es ideal, puesto que a pocos metros del área de resanado ya existe una fuente de aire comprimido que justamente se usa para el subproceso de pintado lateral de placas que se realiza dentro del proceso de resanado.

Este proceso se realizaría después del lijado y pintado parcial de placa, donde se aplicaría el aire comprimido de la misma forma como se realiza el pintado lateral que viene después.

No se retirará placas con fisuras antes de resanar, puesto que tomaría mucho tiempo remover las placas buenas y más aún si se la placa mala se encuentra en la parte media o baja de la ruma.

La extracción se realizará en el proceso de alimentación, donde las fisuras por separación de capas serán visibles y no se introducirán al proceso. El diagrama de flujo correspondiente a estos cambios se encuentra en Anexo 9: Diagrama de Flujo del Proceso de Resanado Mejorado

5.2.2. Altas temperaturas en hornos de secado y precalentamiento

Las altas temperaturas causan rotura por el continuo reingreso de tejas al proceso, lo se da por muchas causas. Por lo que el sistema de alerta ANDON, y las mejoras tomadas en la parte de reprocesos van a evitar que las placas se rompan por altas temperaturas.

5.2.3. Acumulación de Inventarios

Como se analizó en la etapa anterior, es muy difícil zonificar el área de coloración por la demanda, que no es estable para todos los productos a color. Sin embargo si se puede zonificar por criterios distintos, es decir no por producto.

El área de coloración tiene lugares destinados a almacenamiento de productos y un lugar para producto recién pintado, se usa ambos lugares actualmente a azar. Los lugares de almacenamiento de producto no están definidos para el tipo de producto y el área de producto recién pintado tampoco está definida.

Para iniciar se sugiere la remoción de producto dañado y sin uso presente en zonas de almacenamiento, para esto se debe decidir si el producto se desecha o se puede cortar para que se venda con normalidad.

Esto depende del estado del producto, si el área dañada es grande se desecha y si no es grande se puede cortar para comercializarla como producto de menor tamaño, es decir si una placa es de 8 pies y el área dañada es poca, se puede cortar para comercializarla como producto de 6 pies.

Si un producto está en buenas condiciones, pero tiene roturas considerables que hacen difícil cortar para comercializar, la empresa lleva estas placas al molino de carbonato, donde las placas se muelen para usarse como parte de la fórmula para la creación de tejas de fibrocemento.

Para entender de mejor manera el proceder en estos casos, a continuación se realizó un diagrama de flujo con las decisiones a tomar con respecto al producto terminado que continúa disperso en el área de coloración.

Con el siguiente flujograma se pretende dejar el área de coloración sin ningún tipo de producto que no tenga nada que ver con el último proceso de coloración que se haya realizado, es decir, sin producto dañado o que no haya sido liberado.

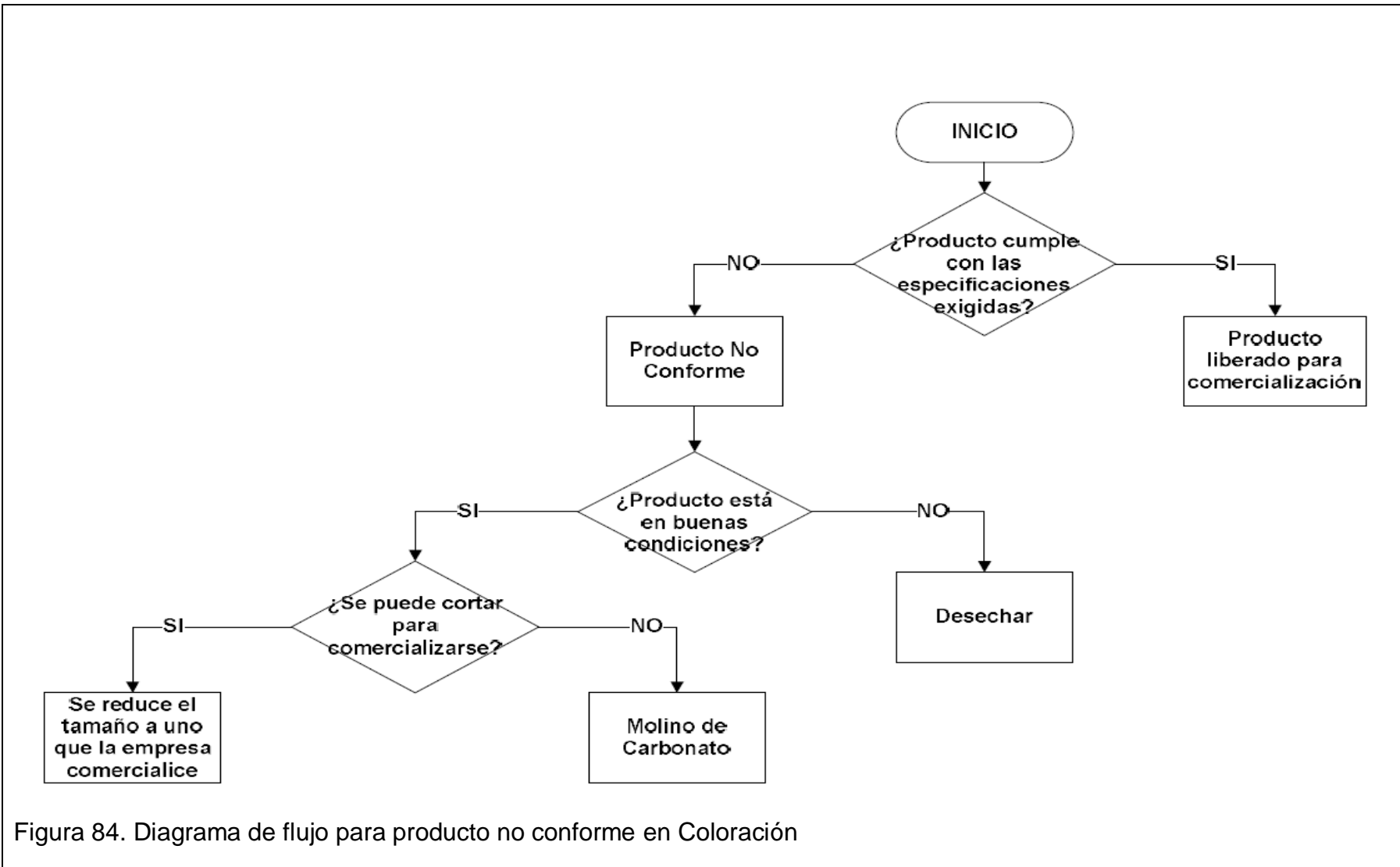


Figura 84. Diagrama de flujo para producto no conforme en Coloración

5.3. Causas en común

A continuación vamos a presentar las mejoras propuestas relacionadas a la Variabilidad del Rendimiento de Pintura y las Roturas en Color dentro del proceso de coloración para Teja Residencial.

5.3.1. Falta de estandarización de estaciones de trabajo

Se utilizaron las mismas cartas de proceso que se usaron en la etapa Analizar para demostrar el estado actual del proceso.

En general las mejoras están dadas en base a movimiento de objetos relacionados directamente a las actividades, se buscó el acercamiento de estos objetos para reducir el tiempo y distancia recorrida del operador. Y también están basadas en cambios de posiciones de los operadores para cada actividad, las zonas se mantienen igual que en la etapa anterior.

5.3.1.1. Zona de Alimentación

El análisis de tiempos y movimientos para los cambios propuestos se encuentran en el Anexo 10: Análisis de Tiempos y Movimientos Mejorado – Zona de Alimentación.

Actividades:

Resanado

Alimentación al TDC

5.3.1.2. Zona de Pintado

En esta área se realiza el pintado de mancha para el color cerámico, y para estas actividades no se realizaron cambios, por lo que se mantiene como estaba descrito en el Anexo 7

Actividades:

Pintado de Mancha

5.3.1.3. Zona de Descarga

El análisis de tiempos y movimientos para los cambios propuestos se encuentra en el Anexo 11: Análisis de Tiempos y Movimientos Mejorados – Zona de Descarga.

Actividades:

Retiro de Pallet de Apoyo

Empacado

5.3.2. Reprocesos

En la etapa Analizar se identificaron las causas potenciales de reprocesos, a continuación se van a proponer soluciones para cada problema en específico.

5.3.2.1. Grumos

Para evitar grumos, que son generados por placa con material particulado es necesario que la limpiadora de rodillo funcione correctamente y las cerdas entren en contacto con la superficie de las placas para asegurar que ingresen totalmente libres de impurezas que causen grumos al final del proceso.

La limpiadora de rodillos tiene un motor para su funcionamiento, sin embargo este no funciona, el rodillo gira por la fricción con la parte superior de las ondas de las placas.



Figura 85. Motor de limpiadora de rodillo.



Figura 86. Cerdas de rodillo limpiador

Existe un tornillo donde podemos modificar la altura a la que está el rodillo, por lo que podemos lograr que incluso placa plana sea limpiada en su superficie.



Figura 87. Tornillo regulador de altura del rodillo

5.3.2.2. Placa Manchada

Para este inconveniente se sugiere una limpieza periódica, se la puede realizar cada 15 días ya que la acumulación de partículas de pintura de procesos anteriores se esparce con la activación de los ventiladores del horno de secado y es ahí cuando dichas partículas manchan el producto en proceso.

El plan de mantenimiento del área de coloración incluye actividades relacionadas con este problema como podemos ver a continuación:

Eternit Ecuatoriana, S.A.		Mantenimiento Preventivo TDC		Jefe de Ma
Fecha:	25/06/2014			Supervi
N° Prog:	PRO- 08-2014			
Hora Inicio planificada:	11:00	Hora fin planificada:	19:00	
N°	ACTIVIDADES			CT
1	Mantenimiento piston sin vastago superior			
2	Mantenimiento sistemas neumaticos			
3	Revisión estado boquillas y mangueras de pintura			
4	Lubricacion sistema de transporte de ingreso			
5	Lubricacion sistema de transporte de salida			
6	Revision y/o cambio de filtros sistema de aspiracion cabina de pintura			
7	Lubricacion sistema de transporte de rodillos			
8	Revision de elementos mecanicos(cadenas-catarinas) sistema de transporte			
9	Revision y lubricacion de chumaceras hornos de calentamiento y secado			
10	Mantenimiento Bombas Graco. Mitad. Continuar mecanizado de eje rectificadora de ejes			
12	Mantenimiento quemador secador			

Figura 88. Plan de Mantenimiento Preventivo del área de coloración

La actividad está descrita como mantenimiento del quemador secador, sin embargo este mantenimiento no se realiza de manera periódica, si no que se lo realiza dependiendo del supervisor de producción, el cual toma la decisión del mantenimiento cuando no existe demanda de producto pintado.

Se realizó un análisis de 5W/1H con el fin de entender la realización de esta actividad. El análisis se hizo en base a dos partes para cada elemento.

La primera parte de todo el cuadro es el accionar actual de la actividad descrita en el plan de mantenimiento preventivo como “Mantenimiento del quemador secador”. La segunda parte es el accionar sugerido en este proyecto de titulación para esta actividad determinada.

Tabla 52. Análisis 5W 1H – Mantenimiento del Horno Secador

WHAT ¿Qué?	WHY ¿Por Qué?
Ahora se realiza una limpieza únicamente superficial del horno secador.	Ahorrar tiempo en el proceso de mantenimiento.
Limpieza superficial externa e interna del horno secador.	En el interior del horno hay partículas de pintura pertenecientes a lotes anteriores que con los ventiladores se levantan y manchan el producto.
WHO ¿Quién?	WHERE ¿Dónde?
Personal de Mantenimiento.	Área de coloración.
WHEN ¿Cuándo?	HOW ¿Cómo?
De manera aleatoria, según el criterio del supervisor de producción y dependiendo de la demanda.	Se limpia la parte superficial y las salidas de los ventiladores.
Al menos una vez al mes, debido a la alta rotación de productos.	Se limpia la parte externa, interna y salida de los ventiladores del horno.

El mantenimiento que se realiza no incluye el interior de los hornos, únicamente se realizaba la limpieza superficial.

5.3.2.3. Mal Pintado

El mal pintado viene de un problema con la boquilla rociadora en la cabina de pintado la cual cuando es limpiada por problemas de taponamiento o pintado irregular toma un tiempo considerable reestablecer el disparo de pintura para que sea uniforme. Por esta razón es necesaria la adquisición de otra boquilla de tipo abanico para reducir el tiempo de para, ya que el cambio toma mucho menos tiempo que la limpieza y estabilización de la boquilla taponada.

Revisando de nuevo el plan de mantenimiento preventivo del área de coloración nos topamos con que también existe una actividad relacionada con la boquilla de pintado como vemos a continuación.

Eternit Ecuatoriana S.A.		Mantenimiento Preventivo TDC		Jefe de Ma
Fecha:	25/06/2014			Superv
N° Prog:	PRO- 08-2014			
Hora Inicio planificada:	11:00	Hora fin planificada:	19:00	
N°	ACTIVIDADES			
1	Mantenimiento piston sin vastago superior			
2	Mantenimiento sistemas neumaticos			
3	Revisión estado boquillas y mangueras de pintura			
4	Lubricacion sistema de transporte de ingreso			

Figura 89. Plan de Mantenimiento Preventivo del área de coloración 2

La actividad está descrita como revisión de estado de boquillas y mangueras de pintura.

Esto no se cumple puesto que como vimos en la etapa Analizar, esta actividad descrita como parte del mantenimiento preventivo se la realiza durante el proceso, causando reprocesos de producto.

Se realizó un análisis de 5W/1H con el fin de entender la realización de esta actividad. La primera parte de todo el cuadro es el accionar actual de la actividad descrita en el plan de mantenimiento preventivo como “Revisión de estado de boquillas y mangueras de pintura”.

La segunda parte es el accionar sugerido en este proyecto de titulación.

Tabla 53. Análisis 5W 1H – Revisión de estado de boquillas y mangueras de pintura

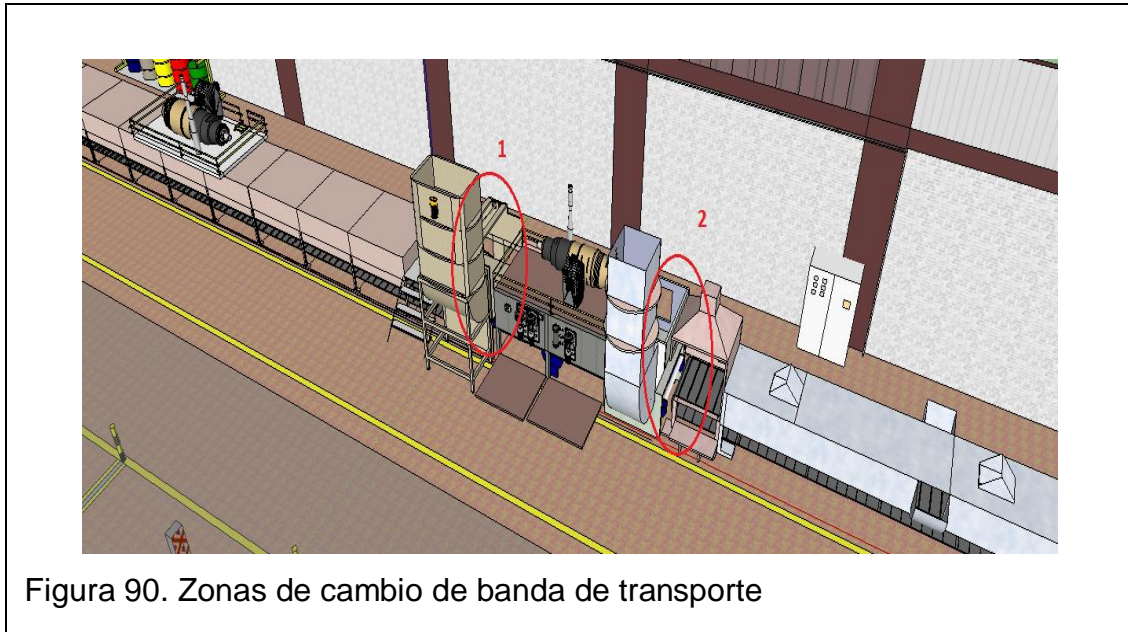
WHAT ¿Qué?	WHY ¿Por Qué?
Actualmente se desarma la boquilla y se la limpia con aire comprimido de la misma manera que lo realiza el operador durante el proceso en caso de taponamiento	Para eliminar la pintura atascada en la punta de la boquilla
Utilizar una boquilla de respaldo	Agilizar el proceso y reanudar el proceso inmediatamente
WHO ¿Quién?	WHERE ¿Dónde?
Personal de mantenimiento y coloración	Área de coloración
WHEN ¿Cuándo?	HOW ¿Cómo?
De manera aleatoria, según el criterio del supervisor de producción y dependiendo de la demanda. En el momento que se taponan la boquilla durante el proceso	Se desarma la boquilla y con aire comprimido se limpia la salida y entrada de la boquilla
En el momento que se taponan la boquilla durante el proceso	Se desarma la boquilla tapada y se ubica la boquilla de respaldo inmediatamente

5.3.2.4. Montado de Placas

El montado de placas como se analizó previamente se da por el choque entre placas al momento de pasar de cadenas a rodillos como medios de transporte,

este cambio es obligado por lo que el factor a corregir es la distancia a la que se alimentan las placas en el proceso.

Para comprender de mejor manera los lugares en donde suceden, vamos a analizar la siguiente imagen general del proceso.



Zona 1. Ubicada en la salida del horno de precalentamiento y entrada a la cabina de pintado



Zona 2. Ubicada a la salida de la cabina de pintado y entrada al horno de secado



Figura 92. Salida de la cabina de pintado

Hay que tomar en cuenta que las placas en cada cambio se acercan una pequeña distancia por el cambio de transporte, y esa es la razón por la que no podemos alimentar producto con una distancia corta entre cada placa.

En la primera zona de cambio se montarían entre sí, causando el pintado irregular y por ende reproceso.

La siguiente foto corresponde a una alimentación entre placas con una distancia entre sí de 23 cm, estas placas terminaron el proceso sin ningún inconveniente.



Figura 93. Alimentación de placas a una distancia de 23 cm

El montado de placas no es un problema que se repita de manera muy frecuente, por lo que para este problema podríamos agregar una recomendación al personal encargado de la alimentación que sería la de ingresar las placas con una distancia aproximada de 20 cm entre placas.

Por cuestiones de tiempo y de optimización del proceso el personal no va a medir esa distancia con exactitud, pero de manera aproximada si lo puede hacer y con esto evita que en los cambios de transporte las placas se monten entre sí.

5.3.2.5. Charla de Capacitación

La charla se deberá realizar con los temas pertenecientes a los dos enfoques, es decir el de variabilidad de rendimiento de pintura y el de roturas en color. El objetivo de estas charlas es capacitar al personal operativo acerca de todos los cambios

- Identificación de defectos por parte del personal
- Especificación exigida de rendimiento de pintura (130 gr/m²)
- Utilización del sistema ANDON de alerta
- Tiempos y Movimientos Nuevos

Estos cuatro temas a tratarse pertenecen al enfoque de variabilidad en el rendimiento de pintura y al de roturas de Teja Residencial en color respectivamente.

5.4. Conclusión de la etapa Mejorar

La siguiente tabla es un resumen de todas las mejoras sugeridas en este capítulo, donde se encuentran categorizadas según el problema del que provienen y el enfoque al cual pertenecen.

Tabla 54. Resumen de la etapa Mejorar

Mejoras Sugeridas	Problema	Enfoque
Sistema ANDON	Falta de comunicación entre estaciones	Rendimiento de pintura
Diseño Experimental – Modelo Lineal Generalizado	Parámetros de funcionamiento incorrectos	Rendimiento de pintura
Bomba para pintura recolectada	Desperdicio de pintura	Rendimiento de pintura
Tiempos y movimientos mejorados	Ubicación incorrecta de placas en alimentación	Rotura en color
	Rotura por fisura longitudinal parcial y placa despuntada	Rotura en color
Aire comprimido en proceso de resanado	Separación de capas	Rotura en color

Organización de espacios de almacenamiento	Acumulación de inventarios	Rotura en color
Regulación de nivel de cerdas de limpieza	Presencia de grumos	Rendimiento de pintura
Actividades extra de plan de mantenimiento	Horno secador sucio	Rendimiento de pintura
	Taponamiento de boquilla	Rendimiento de pintura
Distancia de alimentación entre placas	Montado de placas	Rendimiento de Pintura
Centrar boquilla	Desperdicio de Pintura	Rendimiento de Pintura
Charlas de Capacitación	Especificación Exigida	
	Identificación de defectos	Rendimiento de Pintura
	Sistema ANDON	Rotura en Color
	Tiempos y Movimientos	

CAPÍTULO 6

6. Controlar (*Control*)

En la etapa anterior se propusieron mejoras para las distintas causas encontradas en cada enfoque del presente trabajo de titulación, ahora es necesario garantizar que las mejoras propuestas se van a mantener.

Ese es el objetivo de la etapa de control, estandarizar las medidas tomadas previamente para reducir la variabilidad de un proceso. Si no se toman medidas posteriores el plan de mejora quedará en nada.

Para el caso de este trabajo de titulación, las mejoras no se van a realizar, como se especificó en el alcance, debido a que el plan de implementación depende de la empresa. Sin embargo se realizaron simulaciones de datos y *layouts* para estas mejoras simuladas, de esta forma realizamos planes de control que abarcan el total de actividades propuestas.

Muchas de las mejoras propuestas pueden incluirse en un mismo documento de control, es decir que el mismo plan de control sirve para dos o más mejoras a la vez.

Los planes de control están basados en la estandarización de trabajo, debido a que el personal es el responsable del desarrollo de las actividades de un proceso. Pero siempre necesitan una guía para el trabajo que realizan, la estandarización de trabajo asegura que los cambios que se realicen en el proceso se mantendrán dentro de las acciones a realizar por el personal.

6.1. Sistema ANDON

Es una herramienta de mucha ayuda para el enfoque de rendimiento de pintura, sin embargo la clave de su éxito es comprender y definir las actividades a realizar por el personal de coloración como reacción a la activación del sistema.

Para esto hay que considerar la cantidad de personas involucradas en las actividades de respuesta, para lo cual se diseñó una hoja de partes (JES), con el fin de que el personal comprenda los pasos a seguir en el caso de presentarse una situación que amerite la activación del sistema de alerta.

La hoja de partes también tendrá como objetivo la orientación y guía para personal nuevo o en rotación.

Las actividades a realizar se encuentran en el Anexo 12: Hoja JES para el funcionamiento del sistema ANDON de alerta.

6.2. Bomba de pintura recolectada.

El bombeo de pintura recolectada se deberá realizar cuando el balde de recolección se encuentre por llenarse, sin embargo la velocidad en que el balde se llena depende de la presión a la que se esté pintando en ese momento.

Por lo que se recomienda revisar cada 20 minutos aproximadamente el nivel de pintura en el balde recolector para su posterior bombeo.

Esta actividad está descrita en la hoja JES del proceso de coloración como parte del mismo, lo que se incluyó es lo siguiente:


	8	Bombear pintura recolectada	<p>Verificar cada 20 minutos aproximadamente el estado del balde recolector de pintura que se encuentra debajo de la cabina de pintado. Si se encuentra pasado de la mitad, se debe bombear la pintura al barril principal. Para esto el operador deberá usar su pie para mantener la bomba estable mientras transfiere la pintura con ambas manos.</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
---	---	-----------------------------	---	--

Figura 94. Bombeo de Pintura Recolectada – Hoja JES del Proceso de Descarga

El documento completo se encuentra en el Anexo 15: Hoja JES del Proceso de Descarga.

6.3. Tiempos y Movimientos Mejorados

Se propusieron cambios en tiempos y movimientos para cada estación de trabajo del tren de coloración debido al problema de mala manipulación existente, a esto se añadieron mejoras planteadas en la etapa anterior del proyecto de titulación que incluyen nuevas actividades.

Por lo que con el fin de estandarizarlo todo, se realizó hojas de partes para cada estación de trabajo, estas hojas incluyen tres actividades propuestas en la etapa de mejora que son:

- Utilización de aire comprimido en el proceso de resanado
- Distancia de alimentación entre placas
- Bombeo de pintura recolectada
- Alimentación de placas sin desviaciones

Las hojas JES para el proceso completo están descritas en:

- Anexo 13: Hoja JES del Proceso de Resanado
- Anexo 14: Hoja JES del Proceso de Alimentación
- Anexo 15: Hoja JES del Proceso de Descarga

6.3.1. Ubicaciones finales del personal

Visualmente podemos apreciar a continuación las ubicaciones finales de cada estación de trabajo

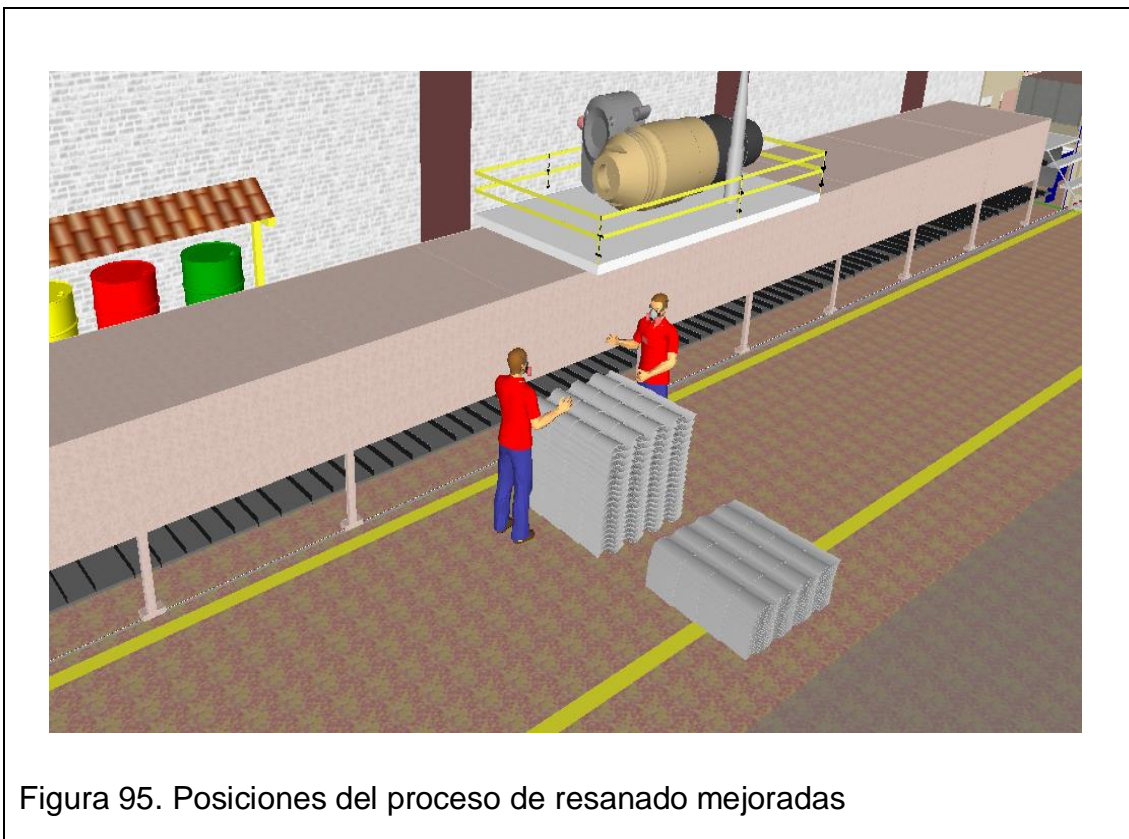


Figura 95. Posiciones del proceso de resanado mejoradas



Figura 96. Posiciones del proceso de alimentación mejoradas

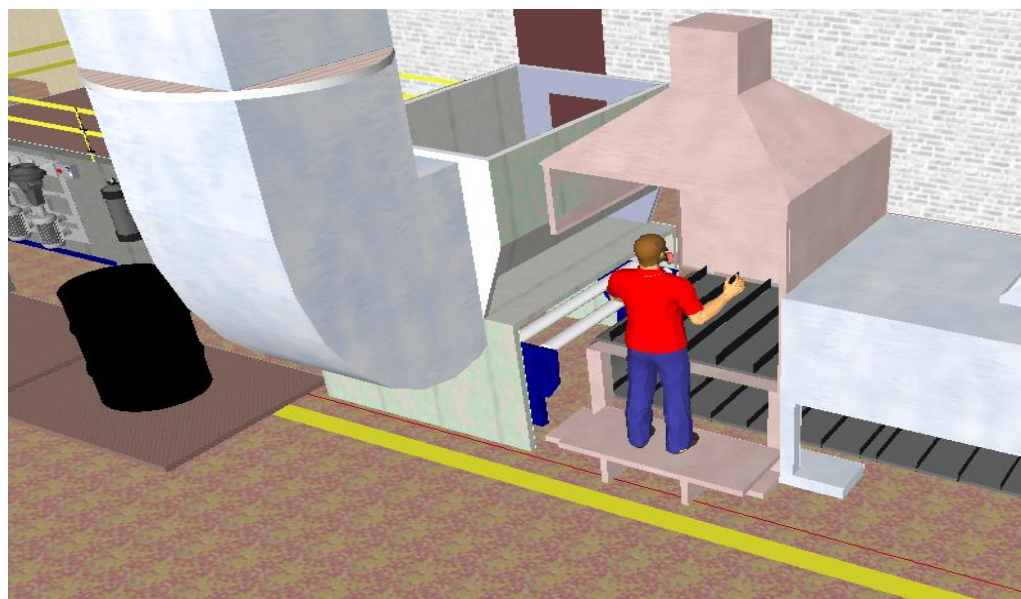


Figura 97. Posiciones del proceso de pintado de mancha mejoradas

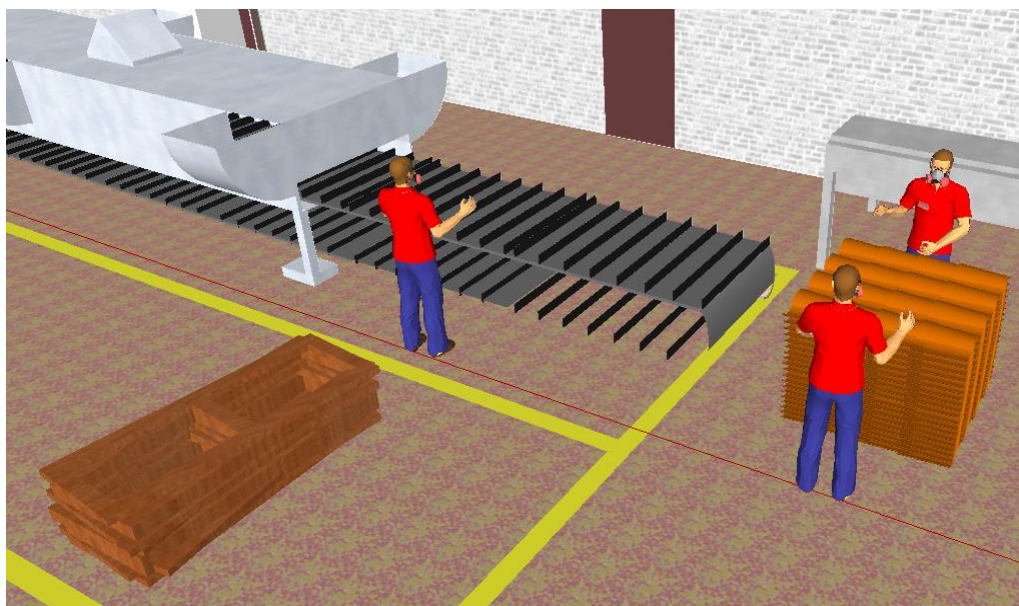


Figura 98. Posiciones del proceso de retiro de pallet de apoyo mejoradas



Figura 99. Posiciones del proceso de empackado mejoradas

6.4. Actividades de Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento sugeridas en la fase anterior, es decir la utilización de una boquilla de respaldo y la limpieza interior del horno secador se van a controlar en base al plan de mantenimiento preventivo para el área de coloración que maneja la empresa.

Sin embargo la utilización de una boquilla de respaldo no se encuentra descrita como tal dentro del plan de mantenimiento preventivo, a diferencia de la limpieza del horno secador que si se encontraba en el plan pero no se la realizaba de manera correcta.

El plan de mantenimiento preventivo quedará descrito tal cual está en estos momentos, ya que analizando la descripción del nombre de las actividades del plan preventivo, se puede observar que en general sí describen las actividades propuestas pero no de manera directa, por lo que la tabla a continuación describe la relación que existe entre la actividad sugerida y el nombre descrito de la actividad dentro del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 55. Relación entre la actividad sugerida y la descripción del plan de mantenimiento preventivo actual

Nombre descrito en el plan de mantenimiento preventivo	Actividad Sugerida	Relación entre ambas
Mantenimiento Quemador Secador	Limpieza interior del horno de secado	Entre las actividades que se realizan como mantenimiento del quemador secador no se encuentra la que sugerimos, por lo que se la deberá tomar en cuenta
Revisión de estado de boquillas y mangueras de pintura	Utilización de una boquilla de respaldo	La actividad descrita en el mantenimiento preventivo indica la revisión de boquillas, al ser una revisión general de boquillas, la de respaldo sugerida también forma parte del mantenimiento realizado

En la etapa anterior se realizó un análisis con la herramienta 5W 1H, para las nuevas actividades sugeridas dentro del plan de mantenimiento preventivo del área de coloración.

Ahora es necesario que el persona conozca las interrogantes 5W 1H definidas para las nuevas actividades, por lo que se propone la publicación del análisis realizado en la fase de mejora.

La ubicación de dicha publicación será en el tablero existente en el área de coloración, al lado de la zona de alimentación y donde actualmente no existe ningún documento publicado.

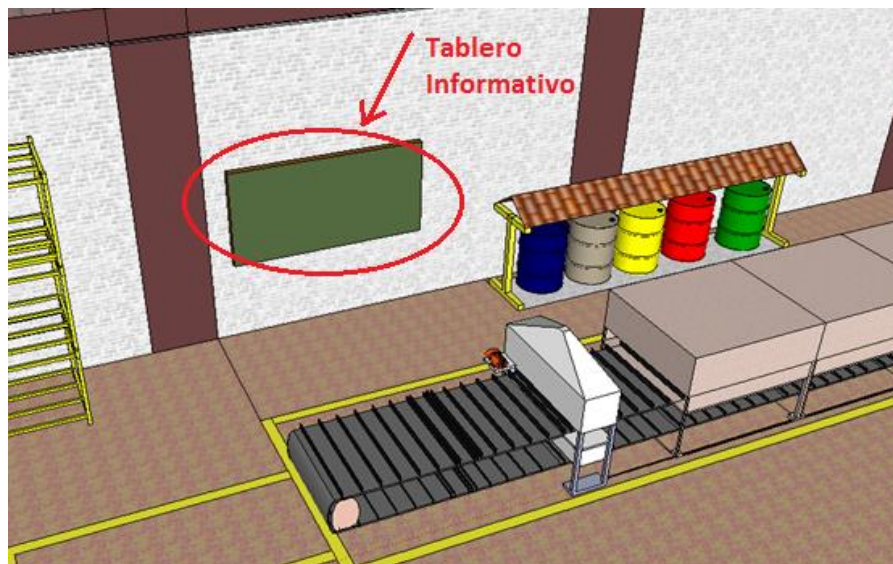


Figura 100. Tablero Informativo del área de Coloración

6.5. CONDICIONES DE ARRANQUE

Dentro de este aspecto entran tres actividades de mejora sugeridas, centrado de boquilla y el uso de una boquilla de respaldo y regulación del nivel de cerdas de limpieza.

Dentro de la empresa, del sistema de gestión existe un documento interno relacionado a las condiciones de arranque. Es un instructivo identificado como: QDP-PR03-IN01 – Preparación de Insumos de cloración y se encuentra en el Anexo 16: Instructivo de Preparación de Insumos.

El instructivo actualmente consta con las siguientes actividades:


Tabla 56. Condiciones de arranque a verificar actualmente

Objetos	Factores a verificar
Tamiz	Red sin roturas o defectos
Pintura Tamizada	Pintura limpia, sin partículas ni anomalías
Peso Adecuado	Cantidad según la orden de producción
Mangueras	Colocadas en el barril y limpiadas previamente
Válvulas	Apertura de válvulas de paso para la pintura
Regulación de Presión	Dependiendo del producto a pintar
Boquilla Limpia	Lista para pintar, sin residuos de pintura seca
Impresora de Registro	Con leyenda establecida y tinta completa
Cortadora de Plástico	Con rollos de plástico suficientes dependiendo de la orden de producción
Pallets de Apoyo	Pallets posicionados en la zona de alimentación

Producto Resanado	Producto previamente resanado y preparado
Producto con pintado lateralmente	Realizado previamente después del resanado

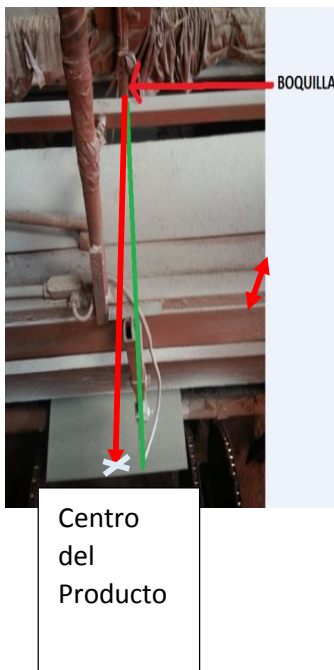
6.5.1. Actividades a añadir:

Tabla 57. Actividades añadidas a Condiciones de Arranque

Pasos	Descripción de la Actividad	Parámetros de Control y Plan de Acción	Condiciones de Seguridad
	 <p>Tornillo Regulador de rodillo de cerdas de limpieza</p>	<p>Regulación del Nivel de las cerdas de limpieza del tren de coloración</p> <p>Dependiendo del producto a pintar, regular con el tornillo la de las cerdas limpiadoras, procurando que alcancen toda la superficie del producto que se va a pintar. Si es el caso las cerdas deberán entrar en contacto con la superficie entre onda.</p>	<p>Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas. No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas. Utilizar el EPP</p>



indicado en la matriz de EPP para esta actividad.



Centrado de Boquilla
 Verificar que la boquilla de pintado se encuentre en el centro de la cabina y en relación al centro del producto que va a ser pintado.

Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas
 No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas.
 Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.



Boquilla de
Respaldo

La boquilla
adicional debe
estar en buenas
condiciones
para hacer uso
de ella de ser
necesario

Garantizar
que existan
disponibles
las MSDS
de las
pinturas

No levantar
cargas
mayores a
23 Kg, en
caso de ser
necesario
utilizar
ayudas
mecánicas.
Utilizar el
EPP
indicado en
la matriz de
EPP para
esta
actividad.

El instructivo completo, incluyendo estas actividades se observa en el Anexo 17:
Instructivo de Preparación de Insumos Mejorado.

6.6. Organización de espacios de almacenamiento

Para seguir con el plan de mejora de inventarios, una vez que se haya retirado todo el producto dañado y sin uso, se procedió a a dividir el área de coloración en dos zonas grandes previamente identificadas que son la zona de almacenamiento y de producto terminado.

El enfoque de este trabajo de titulación es para el producto de Teja Residencial, sin embargo en tema de inventarios no me pareció aconsejable destinar una sola área, ya que los demás productos quedarían desordenados y no lograríamos mayor avance.

A continuación se explica cómo se estructuraría cada zona:

6.6.1. Zona de Almacenamiento

Actualmente existe mucho producto pintado que está distribuido en cualquier lugar, por lo que esta zona está destinada a todos los productos a color.

La zona está formada por:

- 9 áreas de 8m x 5,77m
- 5 racks de almacenamiento

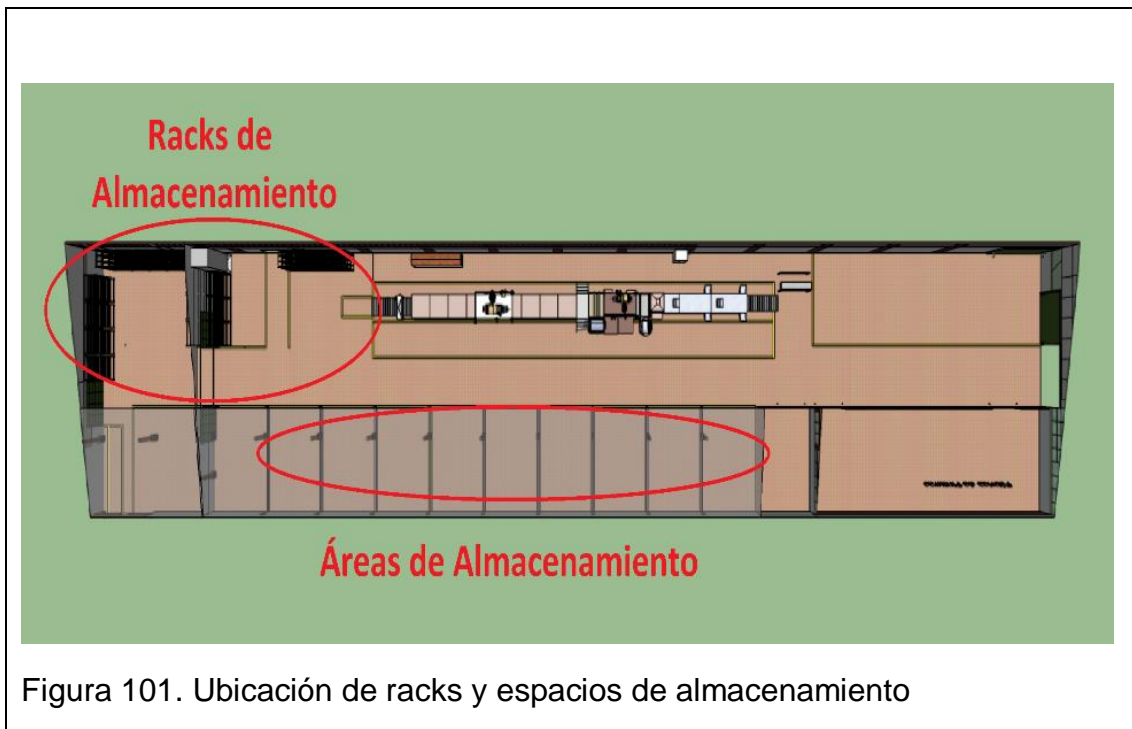


Figura 101. Ubicación de racks y espacios de almacenamiento

La ubicación no está realizada por producto en específico, se la realizó por familias para ocupar de manera más eficiente los espacios de almacenamiento.

La cantidad de espacios destinados a cada producto se realizó de manera general tomando en cuenta la rotación del producto y la cantidad de unidades que se piden en promedio. La demanda es muy cambiante por lo que se realizó esta repartición de espacios con la ayuda del supervisor de producción de turno.

A continuación tenemos la familia del producto y la cantidad de espacios y racks destinados a cada una.

Familia P7: 6 Espacios desde el final del Tren de Coloración

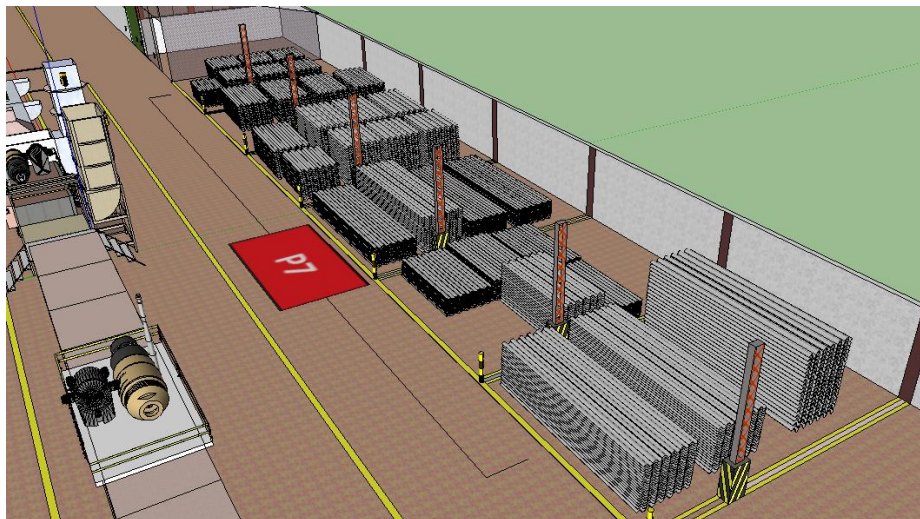


Figura 102. Ubicación Familia P7

Familia P10: 1 Espacio debido a baja rotación en color.

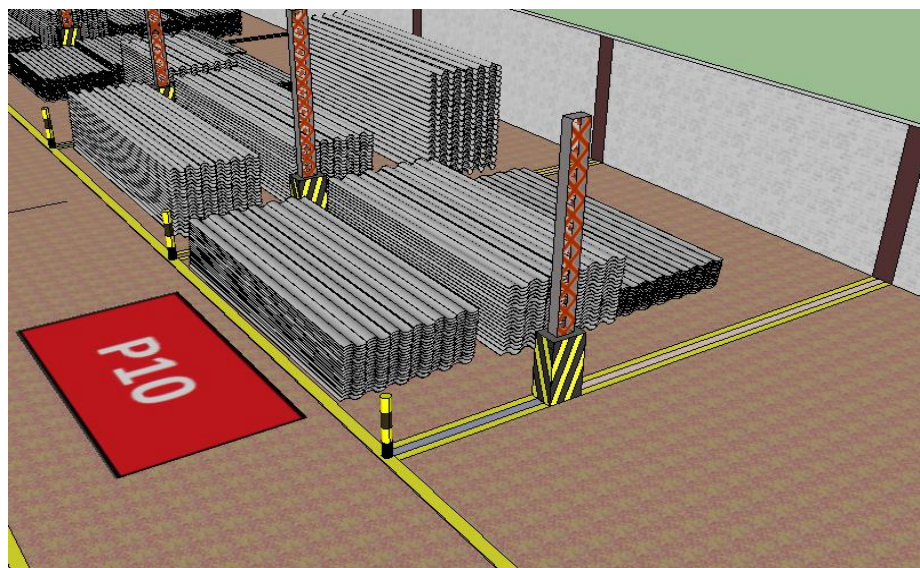


Figura 103. Ubicación Familia P10

Familia Caballetes: 2 Espacios de almacenamiento

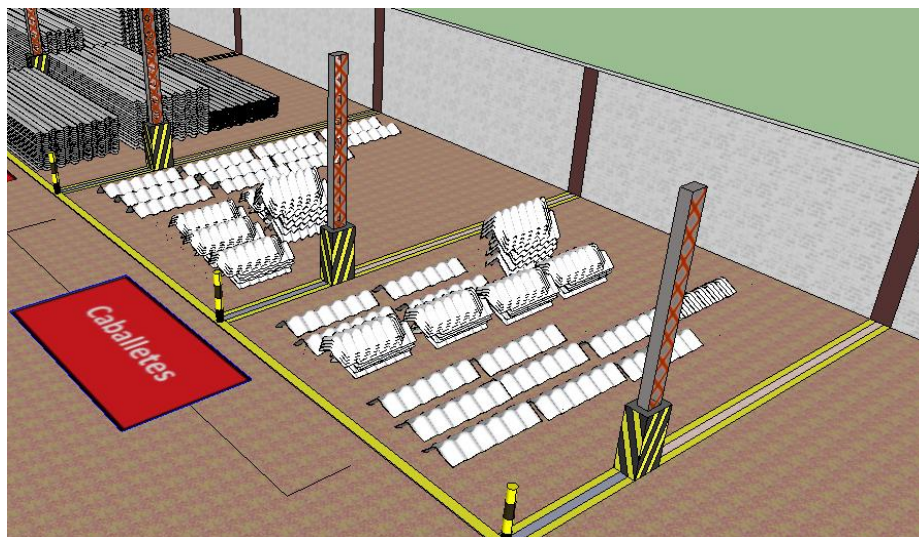


Figura 104. Ubicación de Caballetes

Familia Teja Residencial: 2 Racks, 21 compartimientos.

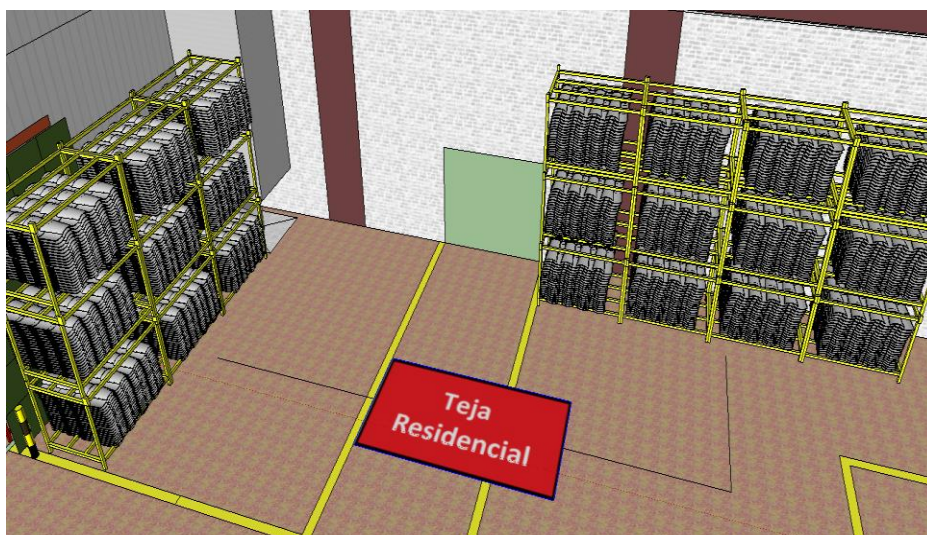


Figura 105. Ubicación de Teja Residencial

Familia Celonit: 3 Racks, 36 compartimientos

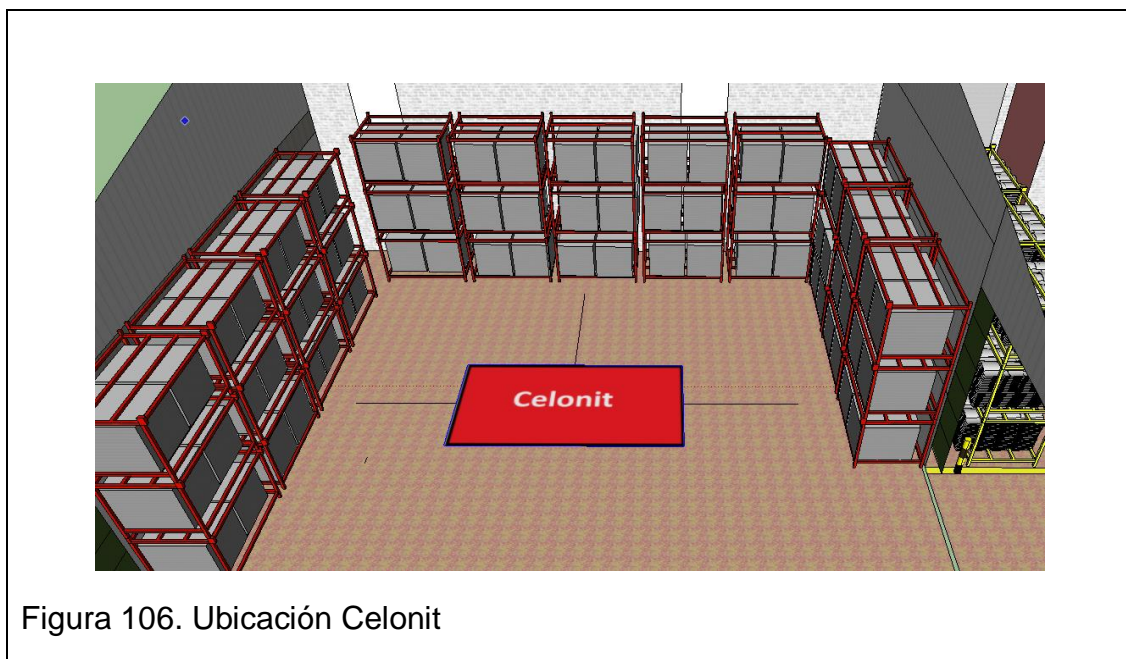


Figura 106. Ubicación Celonit

Familia Perreras: 1 Espacio de almacenamiento junto a la entrada al Tren de coloración

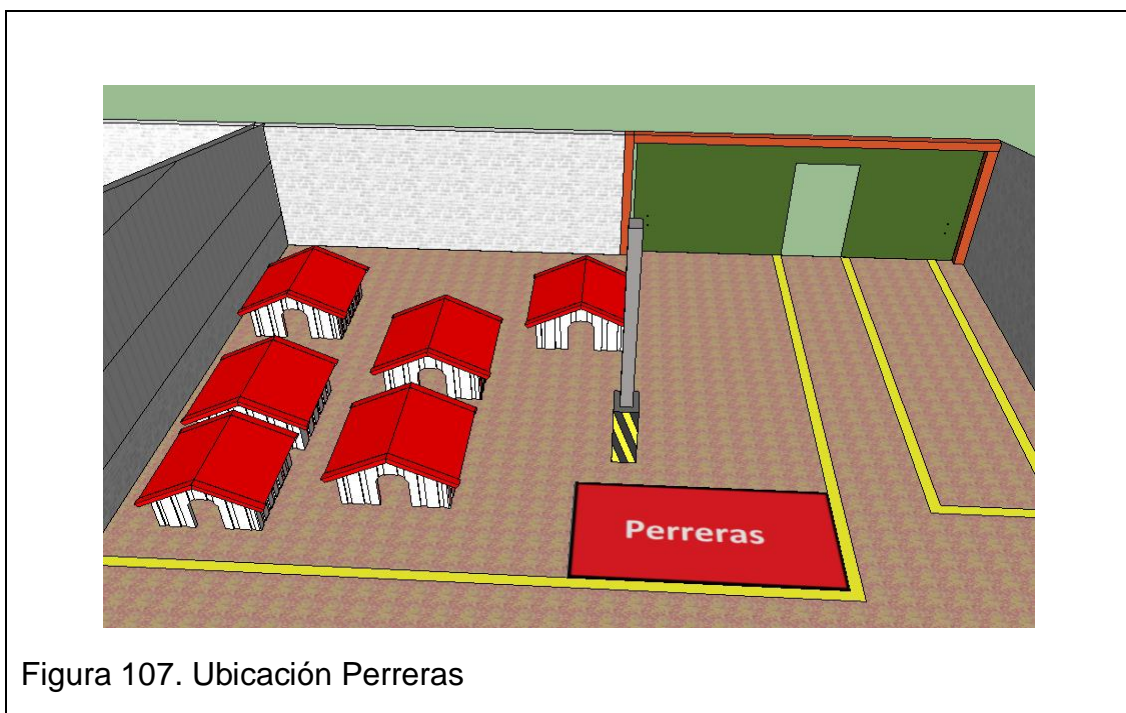


Figura 107. Ubicación Perreras

6.6.2. Zona de Producto terminado

En esta zona se ubicará exclusivamente el producto recién pintado, es por eso de su cercanía a la salida del proceso.

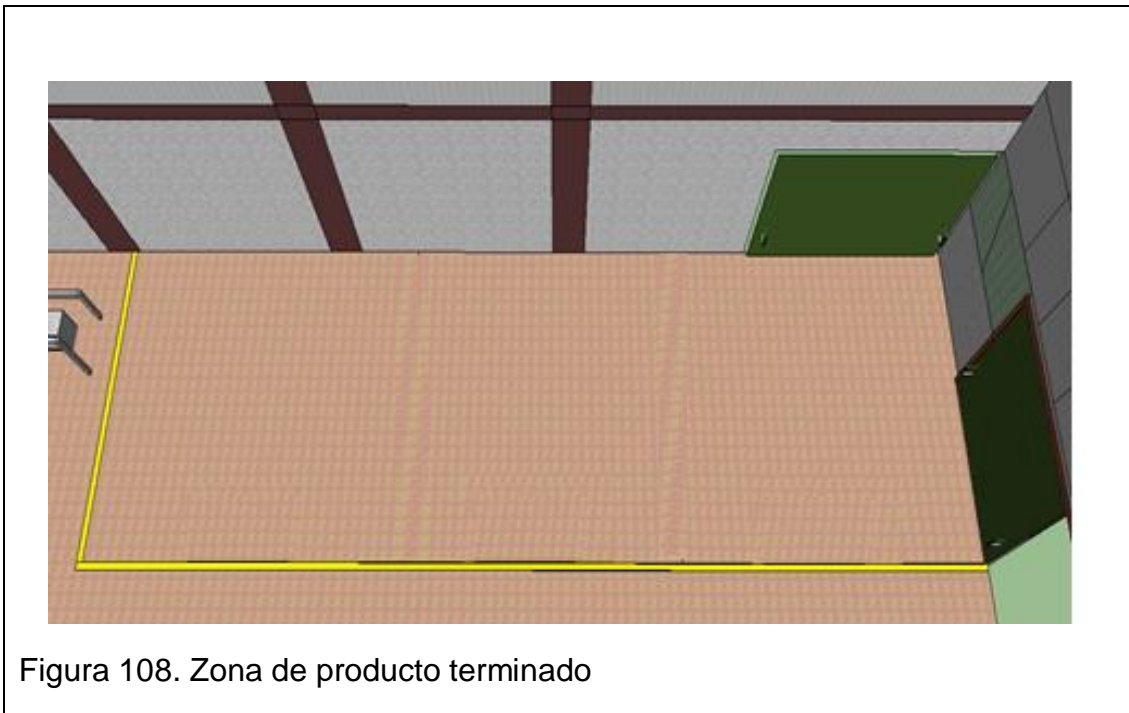


Figura 108. Zona de producto terminado

Todo producto que haya sido pintado deberá ser trasladado hasta esta área sin importar la familia a la que pertenecen para su posterior liberación.

6.6.3. Distribución Final de Zonas de almacenamiento

Una vez estructuradas ambas zonas, de almacenamiento y producto terminado se realizó un *layout* donde se puede observar la distribución total para los espacios de almacenamiento y el flujo de materiales.

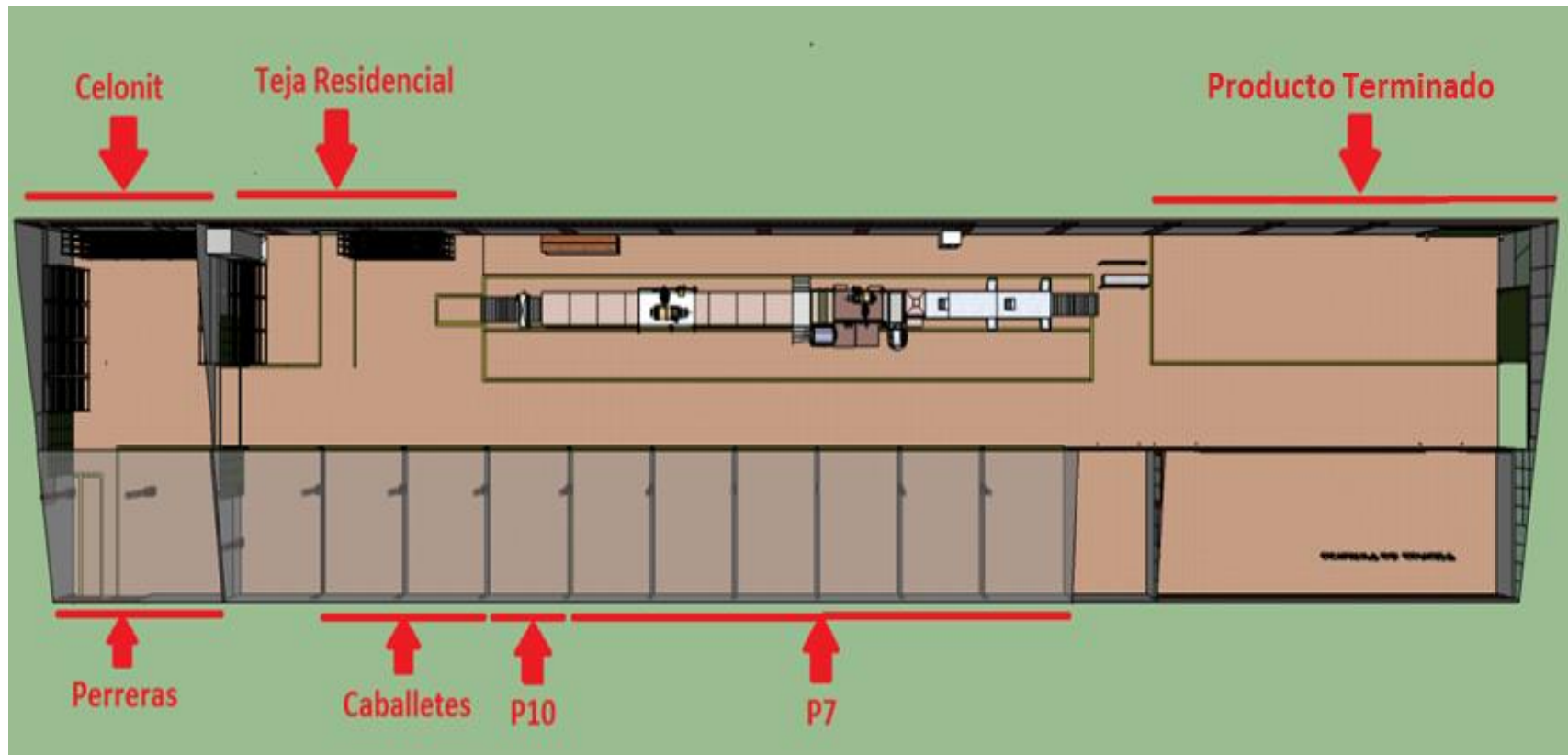


Figura 109. Distribución total de zonas de inventarios

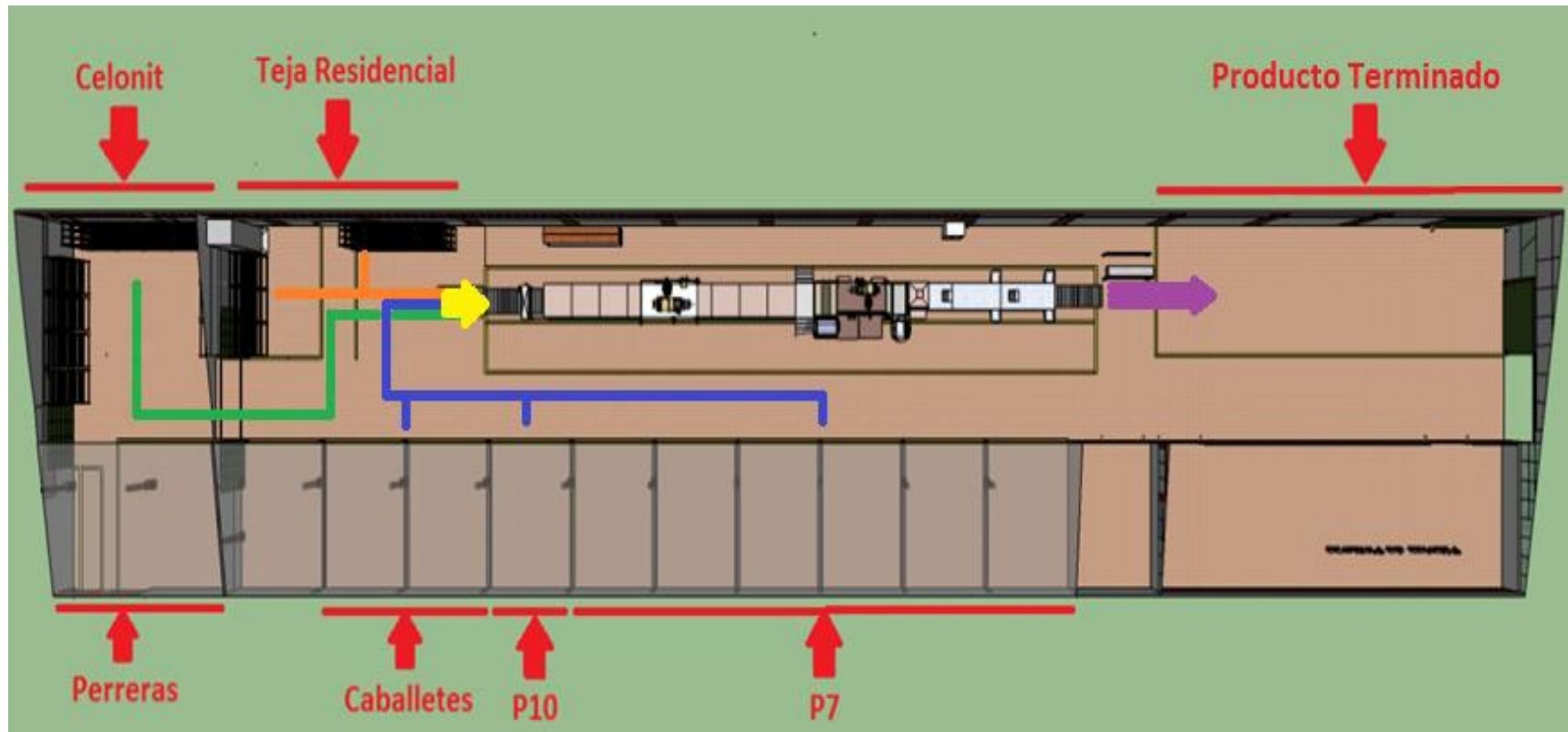


Figura 110. Flujo de Materiales

6.7. Resumen etapa Control

La tabla a continuación indica la acción de control tomada para cada mejora sugerida en la etapa Mejorar desarrollada previamente.

Tabla 58. Resumen de la etapa Control

Mejoras Sugeridas	Acción de control
Sistema ANDON	Hoja JES - Sistema ANDON
Bomba para pintura recolectada	Hoja JES - Descarga
Tiempos y movimientos mejorados	Hoja JES - Resanado Hoja JES - Alimentación al TDC Hoja JES - Descarga
Aire comprimido en proceso de resanado	Hoja JES - Resanado
Organización de espacios de almacenamiento	Estandarización de espacios de almacenamiento
Regulación de nivel de cerdas de limpieza	Condiciones de arranque - Instructivo de Preparación de Insumos
Actividades extra de plan de mantenimiento	5W 1H - Plan de mantenimiento preventivo
Distancia de alimentación entre placas	Hoja JES - Alimentación al Tren de Coloración

Boquilla de respaldo	Condiciones de arranque - Instructivo de Preparación de Insumos
----------------------	---

Centrado de Boquilla	Condiciones de arranque - Instructivo de Preparación de Insumos
----------------------	---

CAPÍTULO 7

7. Financiero

El análisis financiero para este trabajo de titulación está enfocado en el concepto de que la inversión realizada se paga con los ahorros que generan las mejoras propuestas.

7.1. Inversión

La inversión para este trabajo de titulación se basa específicamente en el capítulo Mejorar, que desarrolla las mejoras propuestas para cada problema identificado correspondiente a los enfoques de rendimiento de pintura y rotura en color.

La tabla a continuación contiene toda la información correspondiente a la inversión aproximada:

Tabla 59. Inversión del Proyecto

Inversión	Valor Unitario	Unidades	Valor Total
Luces de Alerta (Roja y Verde)	\$ 12,35	2	\$ 24,70
Botonera	\$ 7,13	1	\$ 7,13
Semáforo (Mano de Obra)	\$ 340,00	1	\$ 340,00
Plancha de Acero laminado 1,20mx2,44m- 1/2"	\$ 296,46	1	\$ 296,46
Bomba Manual	\$ 202,15	1	\$ 202,15
Pistola Neumática	\$ 4,98	1	\$ 4,98
Capacitación por Hora	\$ 17,68	4	\$ 70,72
Manguera PVC 3/4" por Metro	\$ 8,99	3	\$ 26,97
TOTAL			\$ 973,11

La inversión aproximada de este trabajo de titulación es de \$973,11, incluye la construcción del sistema de alerta ANDON, Bomba manual para pintura recolectada, Pistola neumática para el proceso de resanado sugerido y cuatro charlas de capacitación para el tema de la especificación estándar exigida por la empresa, Tiempos y Movimientos mejorados, uso del sistema de alerta ANDON e identificación de defectos.

7.2. Ahorros

Para este trabajo de titulación son importantes los rubros pertenecientes al ahorro generado de las mejoras, puesto que se pretende demostrar que la inversión se puede pagar con los beneficios obtenidos después de la implementación de las mejoras sugeridas.

7.2.1. Rendimiento de Pintura

Los ahorros para este enfoque están dados por el rendimiento promedio resultado del Modelo Lineal Generalizado realizado en la etapa Mejorar, el cual arrojó los parámetros correctos para acercar los valores de rendimiento al estándar exigido.

El modelo generó medias de rendimiento para cada variable estudiada, es decir para la presión, temperatura de precalentamiento, velocidad de entrada y velocidad de salida. Donde se discriminaron aquellas medias que no generaban un rendimiento cercano al exigido. Las medias de las variables aceptadas se promediaron para obtener un rendimiento promedio resultante, su valor fue de 132,24 gr/m².

La tabla a continuación muestra una comparativa entre el rendimiento y la cantidad de gramos por Teja Residencial usados para el proceso en dos etapas, el antes, es decir sin proyecto y el después, con proyecto.

Tabla 60. Ahorro de Pintura por Teja (gr) – Teja Residencial

Enfoque Principal	Antes	Después
Rendimiento gr/m ²	145,912	132,24
Pintura por Teja (gr)	213,031	193,07
Ahorro de Pintura por Teja (gr)	$\Delta = 19,96$	

El ahorro obtenido en kilogramos equivale a la diferencia entre la pintura utilizada por teja sin proyecto y la pintura utilizada por teja con proyecto, para este caso es de 19,86 gramos de pintura por Teja Residencial

En la siguiente tabla se refuerzan los valores de ahorro calculados previamente con su equivalente económico, para una frecuencia mensual.

Tabla 61. Ahorro Mensual Estimado (\$) – Rendimiento de Pintura – Teja Residencial

Placas Pintadas por Mes (un)	6472,75
Ahorro Mensual (kg)	129,19 kg
Costo Unitario Promedio de Pintura (\$)	\$ 1,37
Ahorro Mensual (\$)	\$ 176,99

El ahorro mensual estimado para un rendimiento de 132,24 gr/m² es de \$176,99.

7.2.2. Roturas en Color

Los ahorros generados por este enfoque de roturas en Teja Residencial está basado en el objetivo planteado en el trabajo de titulación, de reducir el 50% de las roturas en color pertenecientes a este producto en específico.

La tabla a continuación muestra la cantidad de Tejas Residenciales rotas por mes para dos escenarios distintos que son Antes y Después, los mismos que corresponden a un escenario sin proyecto y otro con proyecto respectivamente.

Tabla 62. Ahorro por rotura en color (unidades) – Teja Residencial

Enfoque Complementario	Antes	Después
Roturas en Color Mensuales (un)	39	20
Ahorro de Rotura en Color Mensual (un)	$\Delta = 19$	

La diferencia entre las roturas en color sin proyecto y las roturas en color con proyecto determinan el ahorro en unidades de rotura en color, en este caso es de 19 Tejas Residenciales.

La siguiente tabla muestra el equivalente económico a las 19 Tejas Residenciales ahorradas con una frecuencia mensual.

Tabla 63. Ahorro Mensual Estimado (\$) – Roturas en Color – Teja Residencial

Ahorro de Rotura por Mes (un)	19
Costo Unitario de Rotura (\$)	\$ 5,95
Ahorro Mensual (\$)	\$ 113,05

El ahorro mensual estimado para Roturas en Color es de \$113,05.

7.3. Flujo de Efectivo

Para el desarrollo del flujo para este trabajo de titulación se van a utilizar todos los rubros detallados anteriormente, es decir, los ingresos están representados por los valores de ahorros para los enfoques de variabilidad del rendimiento de pintura y los ahorros correspondientes a las roturas de Teja Residencial en Color y los egresos están representados por la inversión sugerida.

Tabla 64. Flujo de Efectivo

FLUJO DE EFECTIVO								
Mes		0	1	2	3	4	5	6
+	Ahorro en Rendimiento de Pintura	\$ -	\$ 176,99	\$ 176,99	\$ 176,99	\$ 176,99	\$ 176,99	\$ 176,99
+	Ahorro en Roturas en Color	\$ -	\$ 113,05	\$ 113,05	\$ 113,05	\$ 113,05	\$ 113,05	\$ 113,05
=	BENEFICIO NETO	\$ -	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04
-	Inversión	\$ 973,11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	ESTADO FLUJO DE EFECTIVO	\$ (973,11)	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04	\$ 290,04

El tiempo de proyección estimado es de 6 meses, y la inversión se la realizaría de manera inmediata.

7.4. Rentabilidad del Proyecto

Para valorar la rentabilidad del proyecto hay que considerar el valor perteneciente a la tasa de descuento. Esta tasa proviene del valor de Tasa de Interés Pasiva para inversiones del Banco Central del Ecuador.

Para el mes de Julio del 2015 la Tasa de Interés pasiva es de 5,54%, valorada para los 6 meses estimados del proyecto, la Tasa de Descuento es de 2,77%.

Tabla 65. Rentabilidad del Proyecto

Tasa de Descuento	2,77%
VPN	\$ 610,14
TIR	19,64%

El valor del Valor Presente Neto (VPN) es de \$610,14 lo que indica que el proyecto es rentable.

El valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 19,64%, al ser mayor a la Tasa de Descuento podemos concluir que el proyecto tiene un rendimiento mayor al mínimo requerido, por lo que el proyecto debe aceptarse.

7.5. Retorno de la Inversión

Para determinar el periodo de recuperación de la inversión para el proyecto es necesario tener los valores de los flujos netos a Valor Presente, es decir la cantidad real que representan los ingresos del proyecto con la tasa de descuento utilizada.

A continuación vamos a realizar el cálculo de los flujos netos Valor Presente para cada mes del proyecto y el cálculo de los rubros acumulados con la Tasa de Descuento.

Tabla 66. Flujos Netos a Valor Presente

0	1	2	3	4	5	6
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
(973,11)	282,22	274,62	267,21	260,01	253,00	246,18

Tabla 67. Acumulado con Tasa de Descuento

0	1	2	3	4	5	6
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
(973,11)	(690,89)	(416,27)	(149,06)	110,95	363,96	610,14

Los valores entre paréntesis indican valores negativos, por lo que en la tabla 67 se muestra que la inversión se recupera entre el mes 3 y 4 del proyecto.

Interpolando los datos, exactamente la inversión se recupera en el mes 3,57, es decir en 3 meses y medio aproximadamente.

CAPÍTULO 8

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

- La metodología *Six Sigma* implementada para este trabajo de titulación arrojó resultados satisfactorios para el proceso de coloración, donde se definieron aspectos importantes que previamente no se habían tomado en cuenta con respecto al tren de coloración y al trabajo de los operarios del área.
- En la etapa Definir se verificaron los desperdicios relacionados con los enfoques de variabilidad de rendimiento de pintura y el de rotura en color, donde se destacó que el proyecto de titulación tendría impacto en todos los colores de Teja Residencial, no solo en el color Cerámico que se delimitó en el alcance del proyecto
- En esta misma etapa se revisó los costos correspondientes a la rotura en color, es decir, aquella que se produce en el transcurso del proceso y a pesar de representar números poco relevantes en contraste con la cantidad de placas pintadas, éstos representaban económicamente valores significativos.
- Un proceso que maneje índices bajos de roturas o defectos puede representar económicamente pérdidas importantes, por lo que es importante darle el respectivo seguimiento al proceso y no restarle importancia.
- En la etapa Medir se conoció el estado actual del proceso y se demostró dos realidades distintas para un mismo proceso, en el caso del rendimiento de pintura se demostró un proceso incapaz con un nivel sigma muy bajo de 2,22 y en el enfoque complementario se demostró un proceso capaz y con un nivel sigma de 4,017.

- La etapa Analizar fue muy productiva y clave para los objetivos planteados, de todas las variables que estudiadas para el enfoque de variabilidad de rendimiento de pintura se logró identificar aquellas controlables y que afectan directamente el rendimiento de pintura.
- Las variables relacionadas con el rendimiento de pintura son Presión, Temperatura de Pre calentamiento, Velocidad de Entrada y Velocidad de Salida, descartando las variables de Temperatura de Secado y Velocidad de Rodillo.
- Entre las causas potenciales de rotura se identificaron actividades relacionadas con la mala manipulación y movimientos innecesarios, esto en actividades realizadas antes, durante y después del proceso de coloración.
- En la etapa Mejorar, se propuso Diseño Experimental, que por las características de los datos que se usaron se eligió un Modelo Lineal Generalizado que generó resultados determinantes para el trabajo de titulación, ya que se identificaron los parámetros adecuados de cada variable que deberían usarse para lograr un desempeño promedio de 130 gr/m².
- Los modelos estadísticos son una herramienta de mucha ayuda, en este trabajo de titulación se utilizaron tres, ANOVA para validación del sistema de medición, Regresión Lineal Múltiple y Modelo Lineal Generalizado, cada uno con un aporte importante para el desarrollo de las etapas.
- En esta misma etapa se hicieron propuestas de mejoras puntuales relacionadas con temas de pintura como la utilización de una bomba manual para pintura recolectada y un sistema ANDON para evitar desperdicios de pintura por reprocesos.
- La etapa Control está regida principalmente por la estandarización de las mejoras propuestas, mediante hojas de elementos de procesos y con la ayuda de softwares de simulación para que sea de fácil entendimiento para el operario y contribuya con la capacitación del mismo.
- El capítulo financiero demuestra que el proyecto presentado es rentable y el tiempo de recuperación de la inversión es corto, aproximadamente tres meses y medio.

8.2. Recomendaciones

- Este tipo de proyectos con metodología *Six Sigma* no son definitivos, se recomienda implementar las mejoras propuestas y realizar más proyectos de mejora continua con respecto a los resultados obtenidos.
- El Modelo Lineal Generalizado realizado sirve como una base para la identificación de los parámetros exactos que generan el desempeño deseado de rendimiento, de 130 gr/m². Ya que el desarrollo del modelo permitió reducir la cantidad de parámetros que se utilizaron para cada variable, dejando los más importantes.
- Recordando que las cuatro variables están relacionadas y afectan el rendimiento final, se recomienda la realización de un Diseño Experimental Factorial Multinivel, donde cada factor debe ser representado por la categoría de parámetros adecuada que se identificó en el Modelo Lineal Generalizado y los niveles serán representados por cada parámetro individual perteneciente a cada categoría.
- Este modelo es clave para alcanzar el objetivo final, pero necesita un tiempo considerable de estudio ya que se debe experimentar en la práctica con todas las combinaciones posibles de cada parámetro y obtener el rendimiento de pintura de cada combinación.
Al final del estudio vamos a obtener el valor exacto de cada variable para lograr el desempeño de rendimiento exigido por la empresa.
- El nivel y capacidad alcanzado por este proyecto debe ser una base para alcanzar mejores resultados, capacidades y mayores niveles sigma, recordando siempre que el objetivo para alcanzar la excelencia es llegar a un proceso con nivel de 6σ , es decir 3,4 DPMO.
- Se recomienda darle el seguimiento respectivo a las mejoras propuestas una vez implementadas con el fin de que el personal entienda el propósito y el beneficio que generan este tipo de proyectos de mejora.
- Hay que recordar que el personal operativo es el más involucrado en cualquier proceso productivo, muchas de las mejoras propuestas y causas potenciales

identificadas en este trabajo de titulación fueron pensadas en conjunto con ellos, por lo que se recomienda involucrarlos mucho más en decisiones que tengan que ver con la parte operativa del proceso.

REFERENCIAS

- Brassard, M. y Ritter, D. (1995). *Philips Quality Memory Jogger*, (2^a. ed.). Eindhoven, Neherlands: GOAL/QPC.
- Cabrera, R. (2008). *Lean Six Sigma TOC: Simplificado PYMES*. D.F., México: Rafaél Carlos Cabrera Calva.
- CharityNow. (s.f). *JES Template*. Recuperado el 28 de Abril de 2015 de <http://www.chartitnow.com/JES-Template.html>.
- Del Barrio, T., Clar, M., Suriñach, J. (2007). *Errores de Especificación, Multicolinealidad y Observaciones Atípicas*. Barcelona, España: UOC.
- DM.UDC.ES. (s.f). *Modelos de Regresión Lineal Múltiple*. Recuperado el 16 de Febrero de 2015 de http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec9_4.html
- Engineering Statistics Handbook. (s.f). *Multiple Comparisons*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015 de <http://itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section4/prc47.htm>
- Evans, J., y Lindsay, W. (2014). *An introduction to Six Sigma and process improvement*. Connecticut, Estados Unidos: Cengage Learning.
- Freund, J. y Simon, G. (1994). *Estadística Elemental*, (8^a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*, (2^a. ed.). Álvaro Obregón, México: McGraw-Hill.
- Hawaii (s.f). *Multiple Comparisson Procedures*. Recuperado el 18 de mayo de 2015 de <http://www2.hawaii.edu/~taylor/z631/multcomp.pdf>
- Hay, E. (2003). *Justo a Tiempo: La Técnica Japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma.
- ISixSigma. (s.f). *Making Data Normal using Box Cox Power Transformation*. Recuperado el 8 de Marzo de 2015 de <http://www.isixsigma.com/tools-templates/normality/making-data-normal-using-box-cox-power-transformation/>

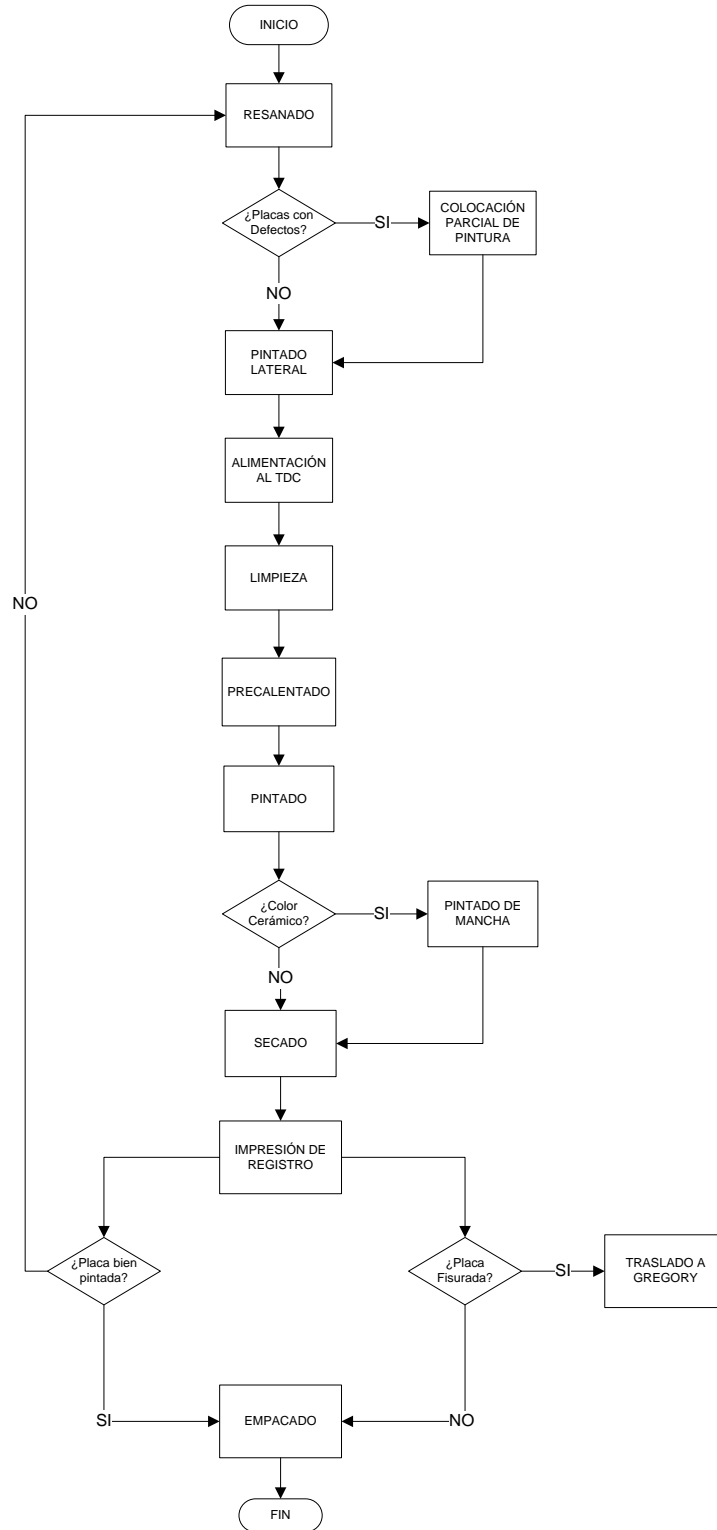
- UOC.EDU. (s.f). *Capacidad de Procesos*. Recuperado el 23 de Enero de 2015 de http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_6.pdf
- Kane, V.E. (1986). *Journal of Quality Technology*. Nueva York, Estados Unidos.
- VIRTUAL.UNAL.EDU. (s.f). *Bondad de Ajuste en Regresión Lineal Múltiple*. Recuperado el 15 de Enero de 2015 de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2007315/html/un6/cont_17_78.html
- Support.Minitab. (s.f). *Zbench as an estimate of Sigma Capablity*. Recuperado el 7 de Abril de 2015 de <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/capability-metrics/z-bench-as-an-estimate-of-sigma-capability/>
- Innovaforum. (s.f). *Brainstorming*. Recuperado el 10 de Mayo de 2015 de http://www.innovaforum.com/tecnica/brain_e.htm
- Kume, H. y Vasco, E. (1992). *Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma
- Kume, H. y Vasco, E. (1992). *Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma.
- Miranda, L. (2006). *Seis Sigma: Guía para Principiantes*. D.F., México: Panorama Editorial.
- Serrano, R. (2003). *Introducción al Análisis de Datos Experimentales: Tratamiento de Datos en Bioensayos*. Castellón de la Plana, España: Universitat Jaume I.
- Statgraphics. (s.f). *ANOVA Multifactorial*. Recuperado el 13 de Mayo de 2015 de <http://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/ANOVA%20Multifactorial.pdf>
- UB.EDU. (s.f). *Zbench as an estimate of Sigma Capablity*. Recuperado el 7 de Abril de 2015 de <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/capability-metrics/z-bench-as-an-estimate-of-sigma-capability/>

- UPA.PDX.EDU. (s.f). *Correlation*. Recuperado el 12 de Mayo de 2015 de <http://www.upa.pdx.edu/IOA/newsom/pa551/lectur14.htm>
- Vilar, J.F., Gómez, F., Tejero, M. (1997). *Las Siete Nuevas Herramientas para la Mejora de la Calidad*, (2^a. ed.). Madrid, España: FC Editorial.
- Zidel, T. (2006). *A Lean Guide to Transforming Healthcare: How to Implement Lean Principles in Hospital, Medical Offices, Clinics and other Healthcare Organization*. Milwaukee, Estados Unidos: ASQ Quality Press.
- 3M. (2004). *Lean Six Sigma Guidebook*, (4^a. ed.). Minnesota, Estados Unidos:3M.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Flujo del Proceso de Coloración

PROCESO DE COLORACIÓN



Anexo 2: Descripción de actividades pertenecientes al proceso de coloración.

<p>Resanado: Proceso de preparación de placas pre-pintado realizado por el personal de coloración en parejas que consiste en lijar la superficie del producto donde se hayan detectado microfisuras, desgarres pequeños o grumos, para después aplicar una mano de pintura en el área donde hayan quedado irregularidades en la superficie del producto.</p>	
<p>Alimentación: Consiste en colocar un pallet o teja de apoyo como base y ubicar sobre la misma el producto a pintar. Ambos son dirigidos a la cadena transportadora del tren de coloración para el inicio del proceso.</p>	
<p>Limpiado: Es el primer subproceso del tren de coloración y tiene como objetivo eliminar suciedad y material particulado que pueda venir en el producto a pintar.</p>	
<p>Pre calentamiento: Tiene como objetivo elevar la temperatura del producto a pintar para asegurar una óptima adherencia de pintura.</p>	
<p>Pintado: Proceso donde se aplica la pintura en el área del producto mediante el uso de una boquilla de tipo abanico.</p>	
<p>Pintado de Mancha: Aplicación aleatoria de color sepia realizada por una persona de coloración mediante un soplete, solo se lo realiza en el caso de producto color cerámico.</p>	
<p>Secado: Proceso que acelera la adherencia permanente de la pintura aplicada y evita que el producto salga con pintura fresca.</p>	

Impresión de Registro: Marca la fecha y hora exacta de la placa pintada en la superficie del producto



Empacado: Tiene como objetivo empacar y paletizar el producto terminado para entrega al cliente



Anexo 3: Especificaciones técnicas de Teja Residencial



Eternit[®]
CUBIERTAS DE FIBROCEMENTO



CERAMICO BLANCO LADRILLO NARANJA
NEGRO OCRE OTORO ROJO TEJA VERDE ACENTUADA



Cuadro de dimensiones

LONGITUD		ANCHO		SUPERFICIE		TRASLAPO		PESO (kg)
Total (m)	Útil (m)	Total (m)	Útil (m)	Total (m)	Útil (m)	Long (m)	Lateral (m)	
1.34	1.20	0.92	0.87	1.23	1.04	0.14	0.050	15.50

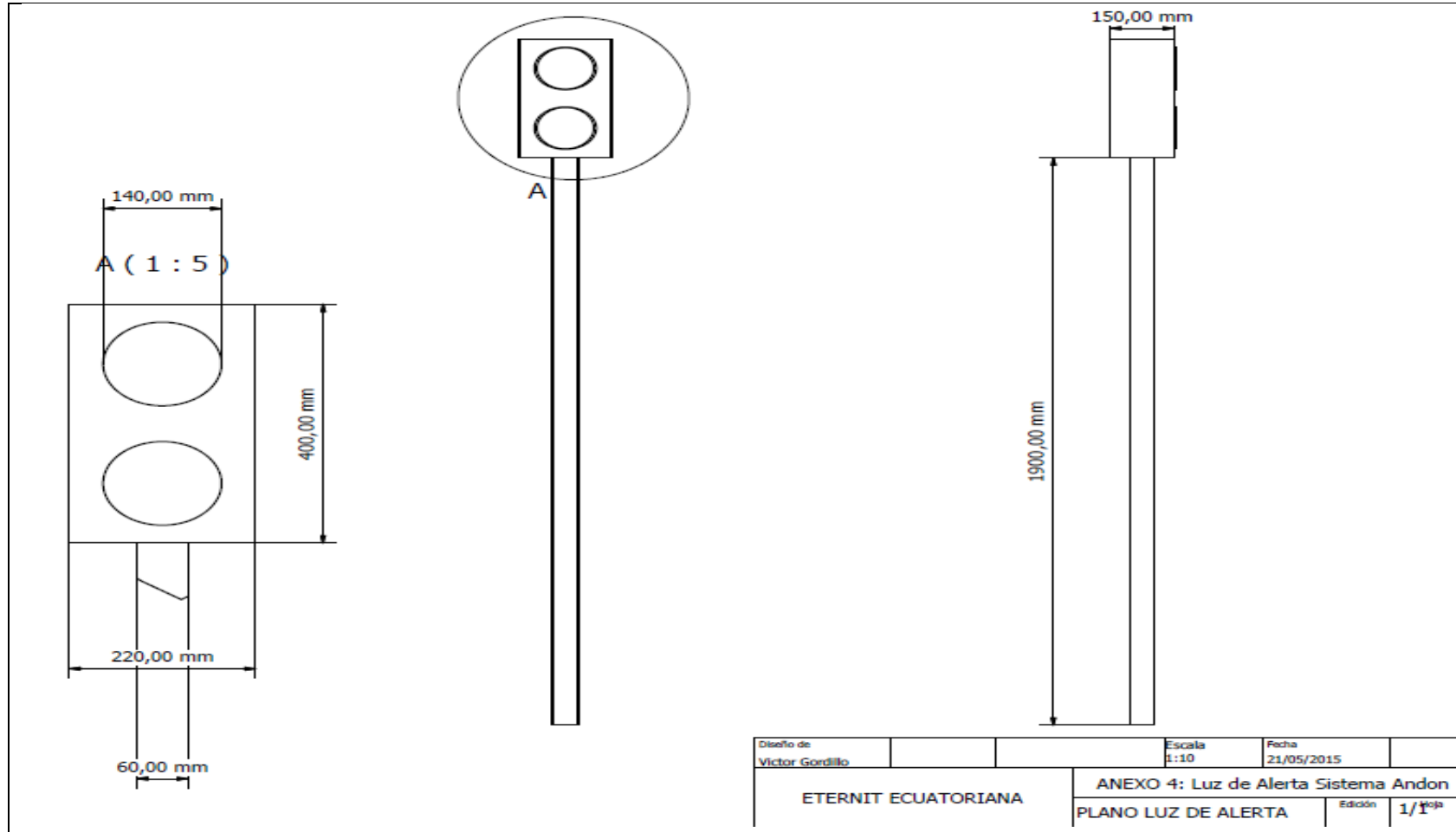
Peso promedio por unidad de superficie 15KG/M2

TEJA RESIDENCIAL

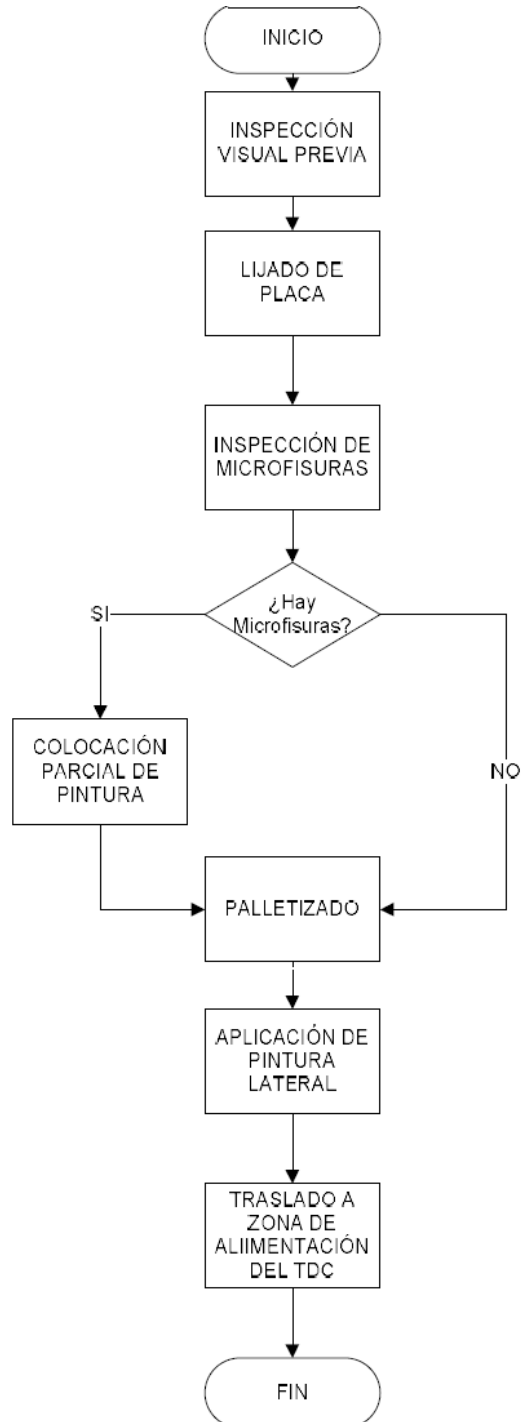
www.eternit.com.ec

Eternit. (s.f) Tomado de <http://www.eternit.com.ec>

Anexo 4: Plano de Luz de Alerta ANDON



Anexo 5: Diagrama de Flujo del Proceso de Resanado



Anexo 6: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Alimentación

Process Chart						
Proceso:		Resanado por Teja			Resumen	
Operario(s):		2			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	2
Fecha:		04/09/2014			Transporte ➡	2
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		1			Inspeccion ■	1
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	1
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
1	Inspección de Fallas	1	0	7,95	● ➡ ◐ ■ ▼	
2	Lijado de Placa		182,88	4	● ➡ ◐ ■ ▼	
3	Dirigirse donde está la pintura		131,44	3	● ➡ ◐ ■ ▼	
4	Colocación parcial de pintura	70	177,16	14,6	● ➡ ◐ ■ ▼	
5	Palletizado	1	243,84	3	● ➡ ◐ ■ ▼	
		TOTAL:	735,32	32,55		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

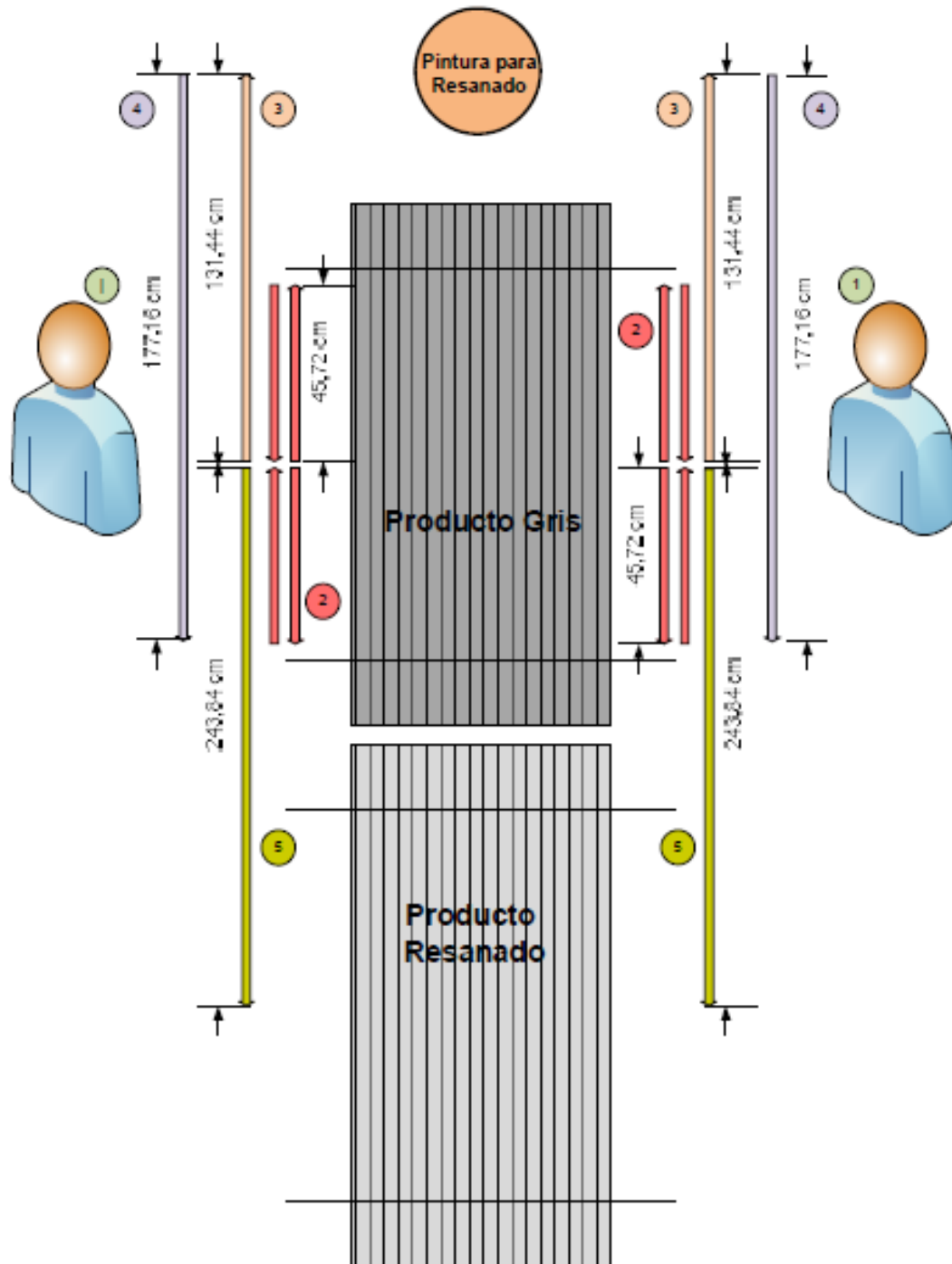
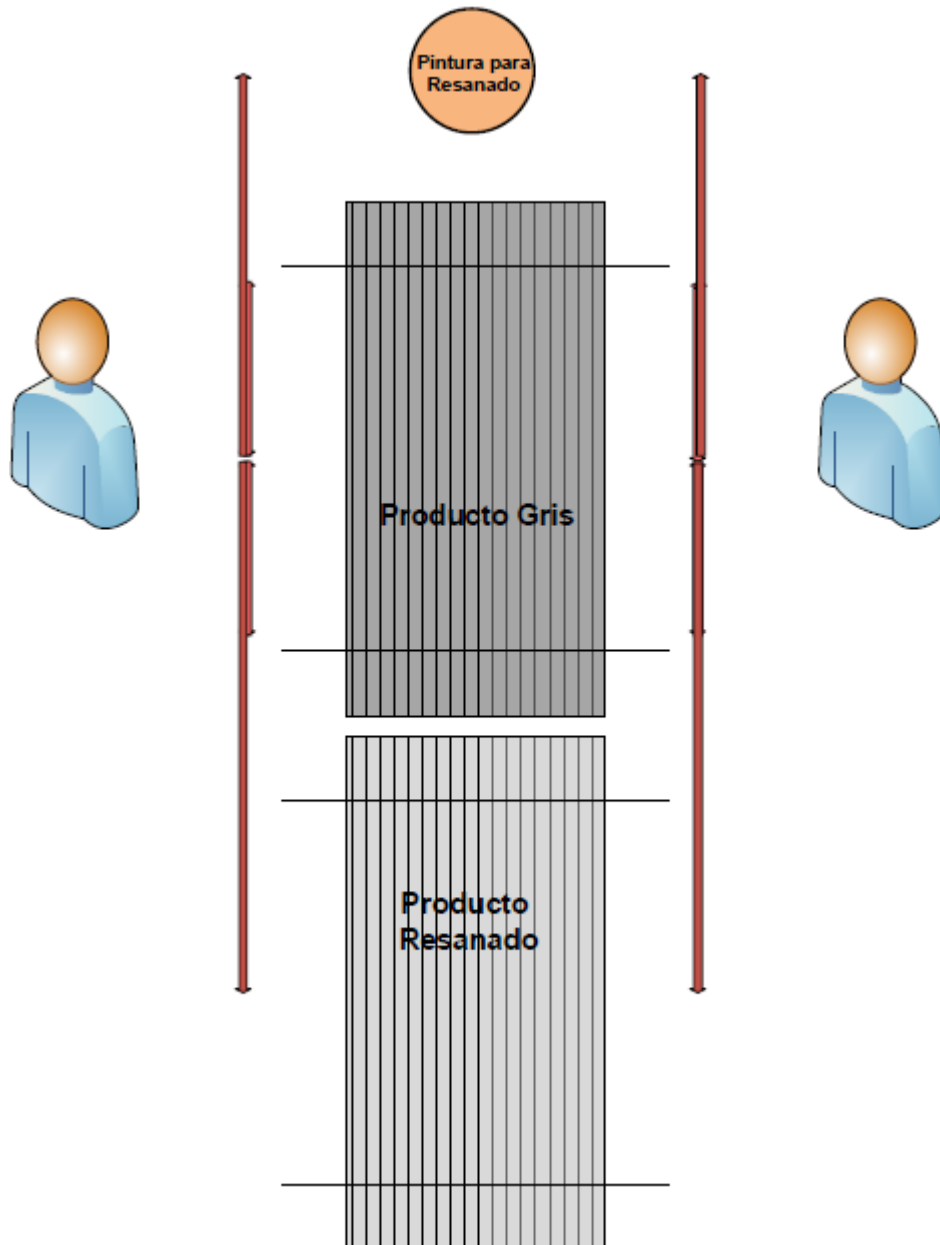


Diagrama de Hilos



Process Chart

Proceso: Resanado por Ruma				Resumen			
Operario(s):		1		Actividad	Actual		
Departamento:		Tren de Coloración		Operación ●	1		
Fecha:		26/11/2014		Transporte ➡	2		
Descrito por:		V..Gordillo		Espera ●	0		
Chart No:		2		Inspeccion ■	0		
Hoja 1 de 1				Almacenamiento ▼	0		
Descripcion			Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
						● ➡ ● ■ ▼	
1	Ir hacia la ubicación de la manguera de aire comprimido		1	330	4	● ➡ ● ■ ▼	
2	Regresar al punto de inicio		1	330	5,2	● ➡ ● ■ ▼	
3	Sopletear las zonas laterales con pintura		4	452	28,7	● ➡ ● ■ ▼	
TOTAL:				1112	37,9		
				centímetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

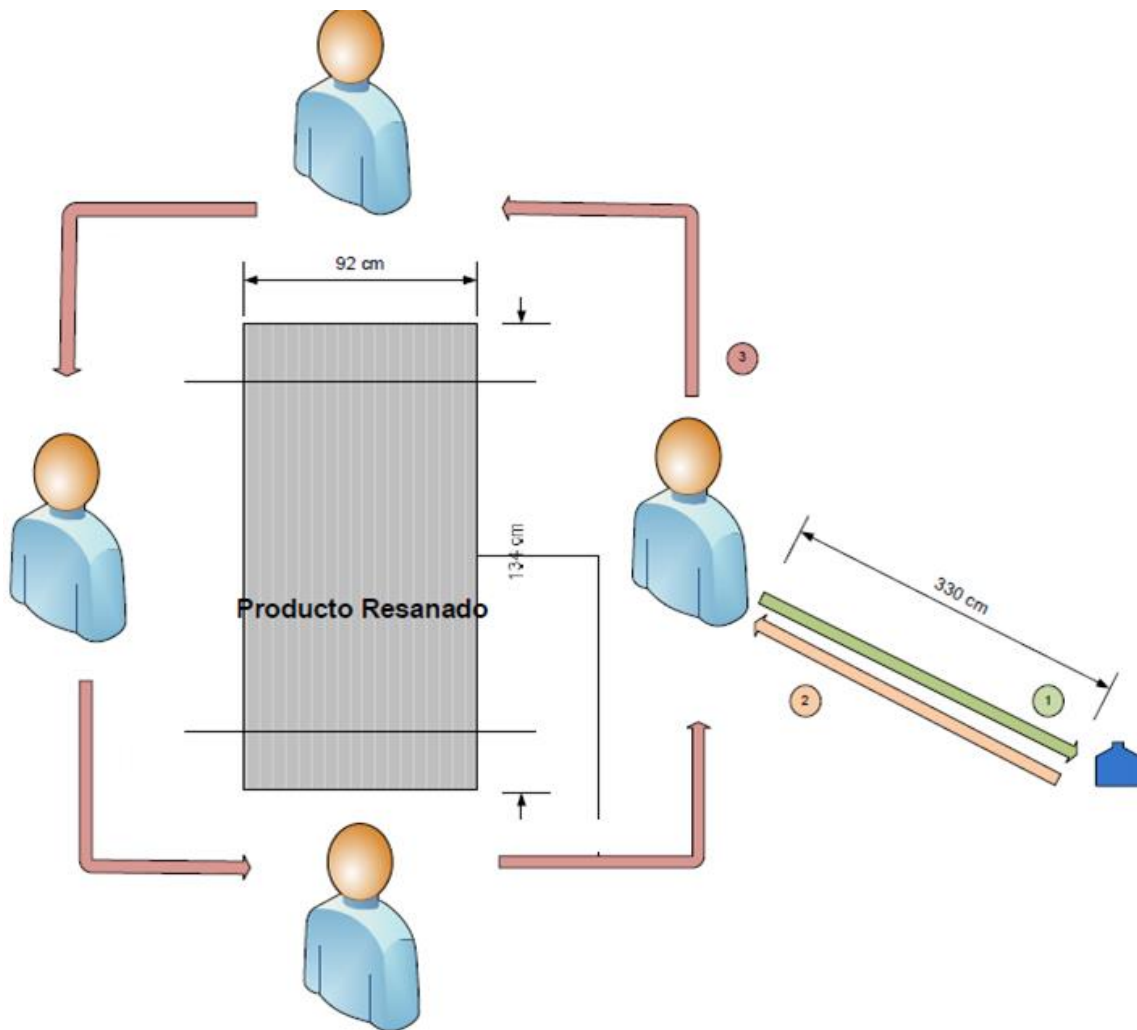
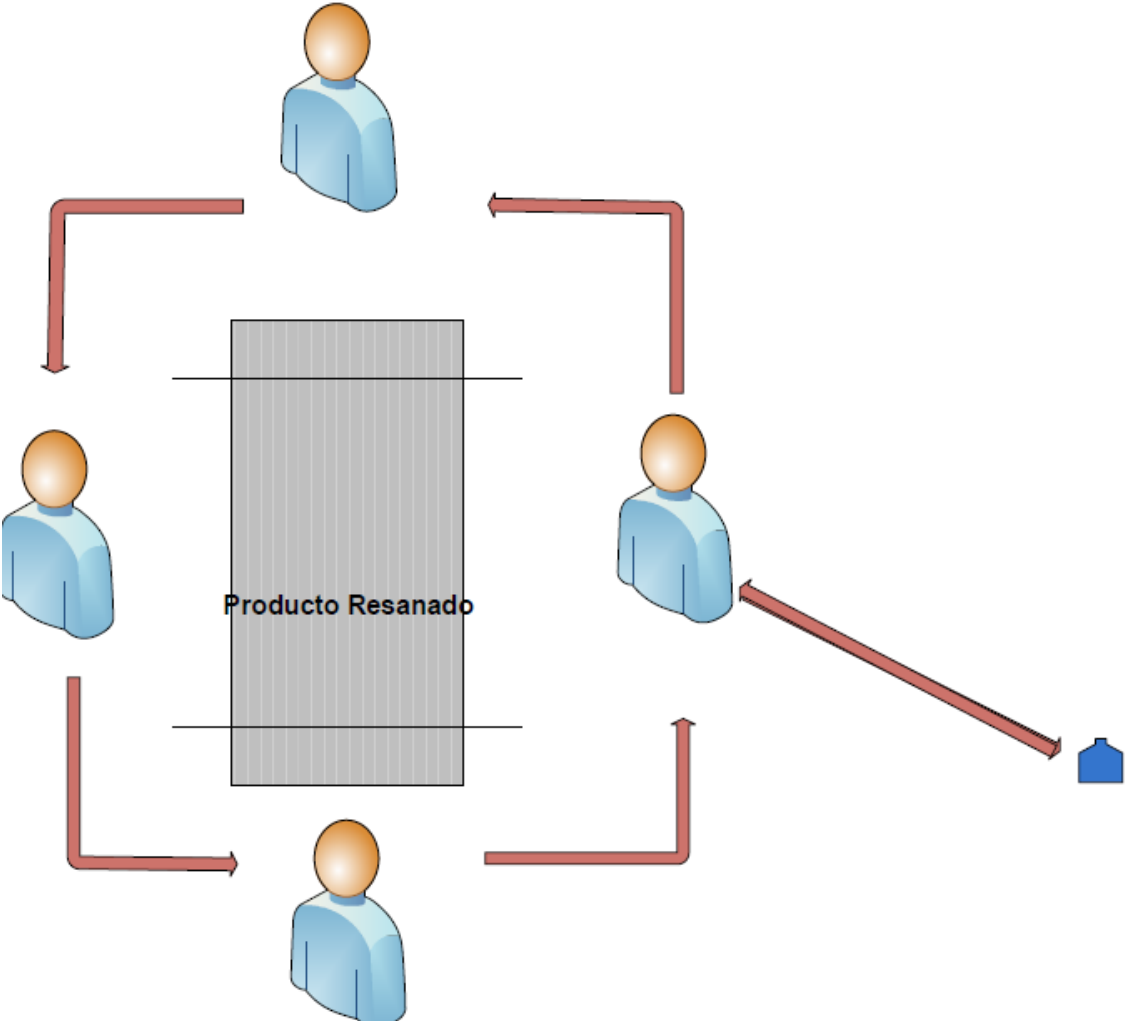


Diagrama de Hilos



Process Chart

Process Chart					
Proceso:	Alimentación al TDC			Resumen	
Operario(s):	2			Actividad	Actual
Departamento:	Tren de Coloración			Operación ●	2
Fecha:	17/09/2014			Transporte ➡	1
Descrito por:	V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:	3			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1				Almacenamiento ▼	0
Descripcion	Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
Arrimar teja de apoyo a la entrada del TDC		80	2,17	● ➡ ◐ ■ ▼	
Colocar la teja a pintar sobre la teja de apoyo		240	3,21	● ➡ ◐ ◐ ◐ ▼	
Alimentación al Tren de Coloración		70	3,15	○ ➡ ◐ ◐ ◐ ▼	
	TOTAL:	390	8,53		
		centímetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

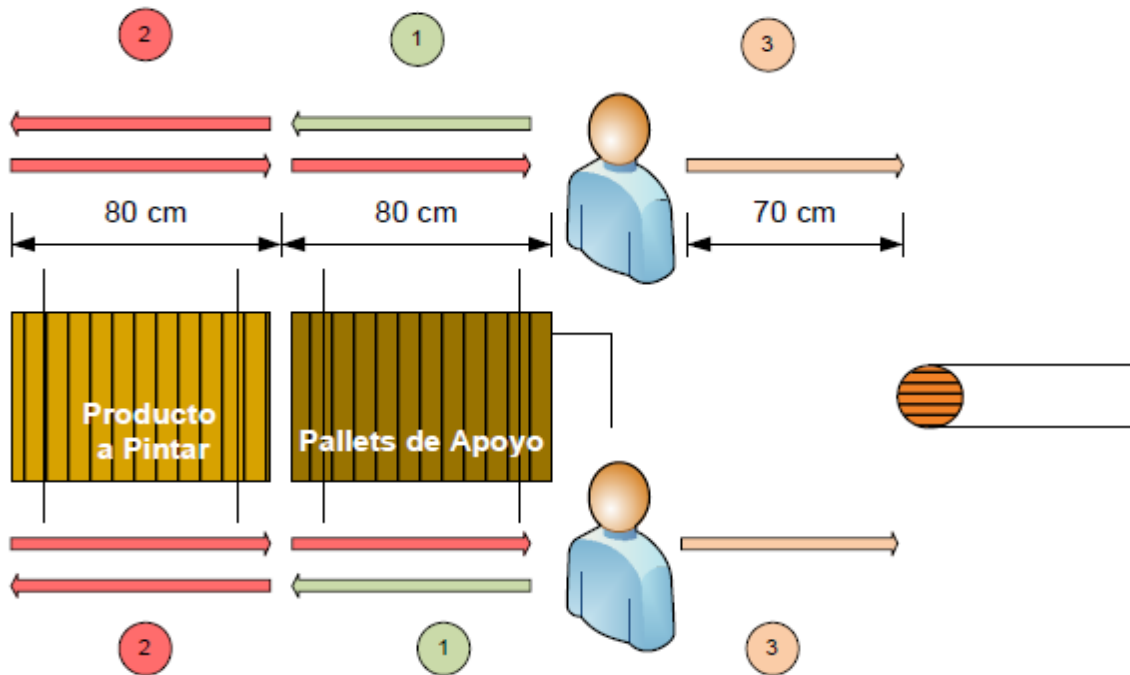
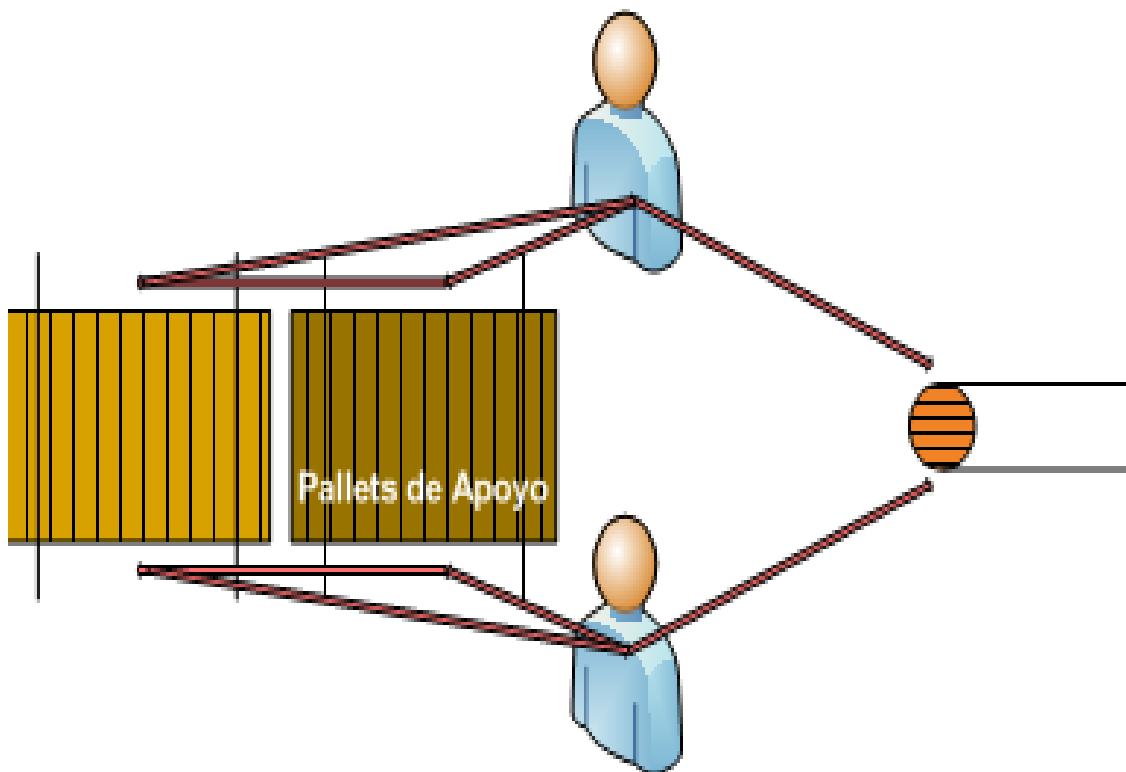


Diagrama de Hilos



Anexo 7: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Pintado

Process Chart					
Proceso:	Pintado de Mancha			Resumen	
Operario(s):	1			Actividad	Actual
Departamento:	Tren de Coloración			Operación ●	1
Fecha:	17/09/2014			Transporte ➡	0
Descrito por:	V.Gordillo			Espera ◐	1
Chart No:	4			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1				Almacenamiento ▼	0
Descripcion	Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
Esperar el arribo del producto	1	0	1,7	● ➡ ◐ ■ ▼	
Pintar de manera aleatoria una mancha de pintura	3	0	6	● ➡ ◐ ■ ▼	
TOTAL:		0	7,7		
		centimetros	segundos		

Anexo 8: Análisis de Tiempos y Movimientos – Zona de Descarga

Process Chart						
Proceso:		Retiro de Pallet de Apoyo			Resumen	
Operario(s):		1			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	1
Fecha:		17/09/2014			Transporte ➡	1
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	1
Chart No:		5			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
1	Separar el pallet de la teja pintada		80	3,03	● ➡ ◐ ■ ▼	
2	Esperar la retirada de la teja pintada		240	3,37	○ ➡ ● ◐ ■ ▼	
3	Retirar pallet de apoyo		70	4,65	○ ➡ ● ◐ ■ ▼	
		TOTAL:	390	11,05		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

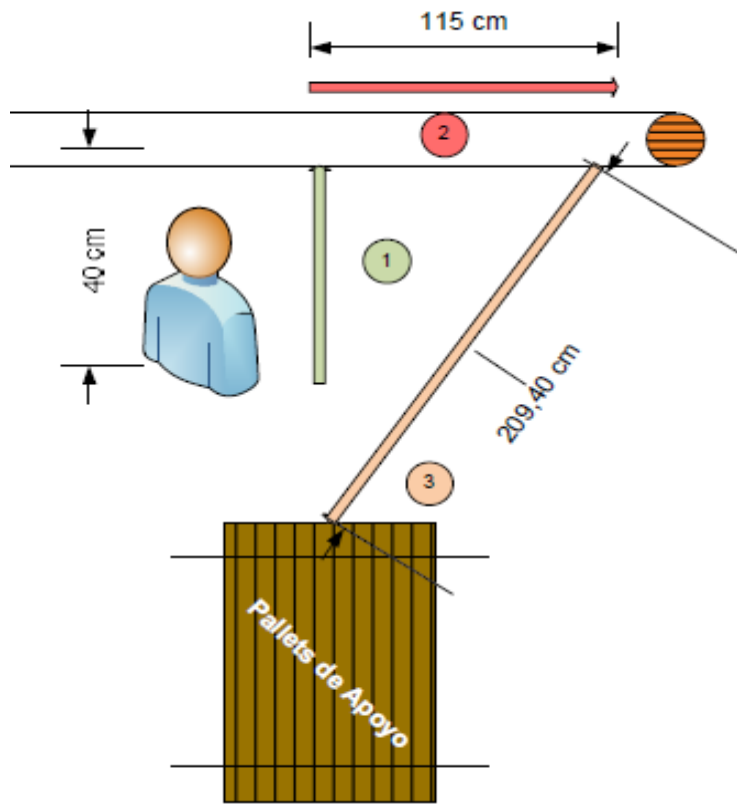
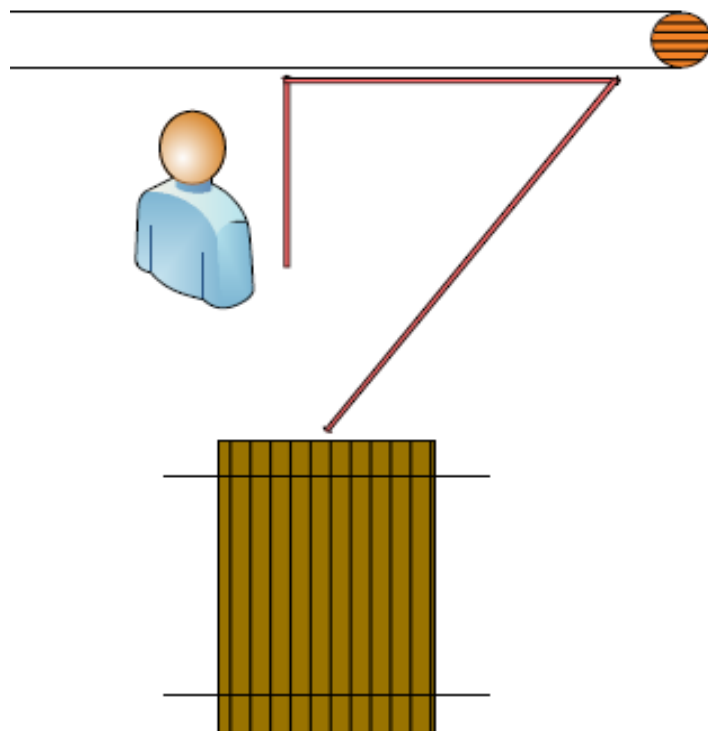


Diagrama de Hilos



Process Chart

Proceso:		Empacado			Resumen	
Operario(s):		2			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	2
Fecha:		17/09/2014			Transporte ➡	2
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		6			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
1	Tomar Funda de empaque		297,32	4,03	● ➡ ◐ □ ▼	
2	Abrir funda		0	3,17	● ➡ ◐ □ ▼	
3	Ubicar la teja dentro de la funda		210	4,12	○ ➡ ◐ □ ▼	
4	Palletizar		287	5,03	○ ➡ ◐ □ ▼	
		TOTAL:	794,32	16,35		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

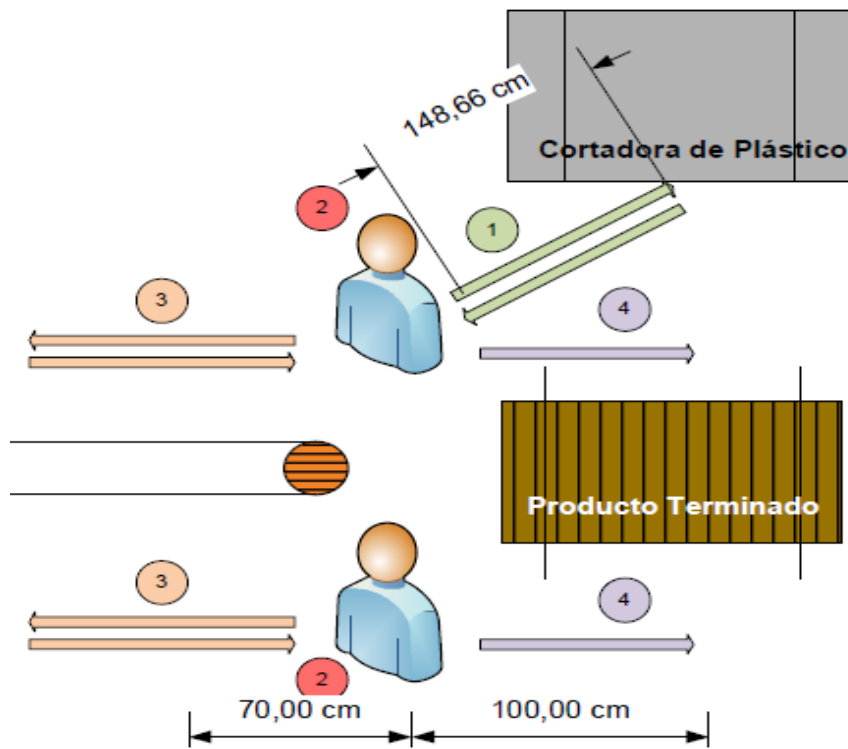
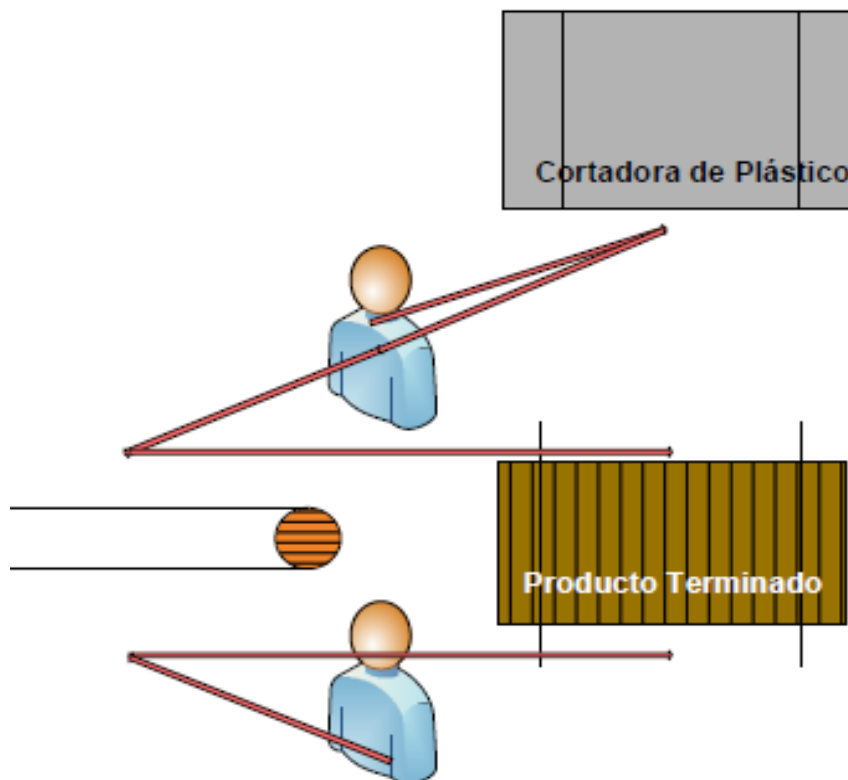
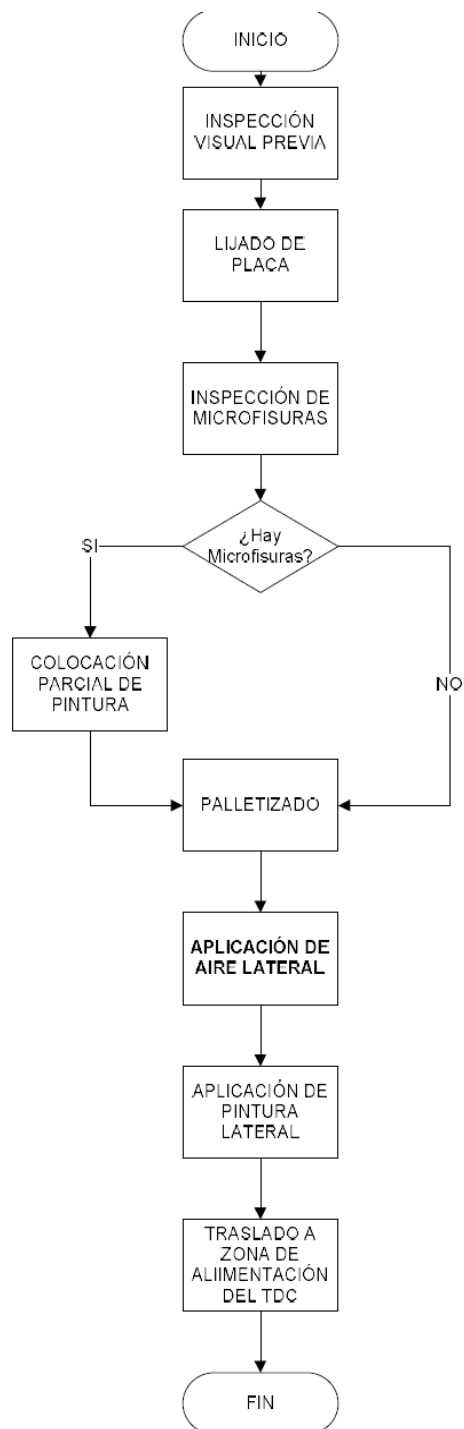


Diagrama de Hilos



Anexo 9: Diagrama de Flujo del Proceso de Resanado Mejorado



Anexo 10: Análisis de Tiempos y Movimientos Mejorados – Zona de Alimentación

Process Chart						
Proceso:		Resanado por Teja			Resumen	
Operario(s):		2			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	5
Fecha:		26/11/2014			Transporte ➡	0
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		7			Inspeccion ■	1
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	1
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
					● ➡ ◐ ■ ▼	
1	Tomar producto a resanar	1	87	1	● ➡ ◐ ■ ▼	
2	Levantar producto y arrimar a ruma de prod. Resanado	1	20	1,81	● ➡ ◐ ■ ▼	
3	Colocar sobre la ruma de prod. Resanado	1	67	2,75	● ➡ ◐ ■ ▼	
4	Lijado de Superficie	1	134	11,25	● ➡ ◐ ■ ▼	
5	Inspección de Superficie	1	0	2,25	● ➡ ◐ ■ ▼	
6	Tomar la pintura	1	70	1,2	● ➡ ◐ ■ ▼	
7	Aplicación parcial de pintura	1	134	12,45	● ➡ ◐ ■ ▼	
		TOTAL:	512	32,71		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

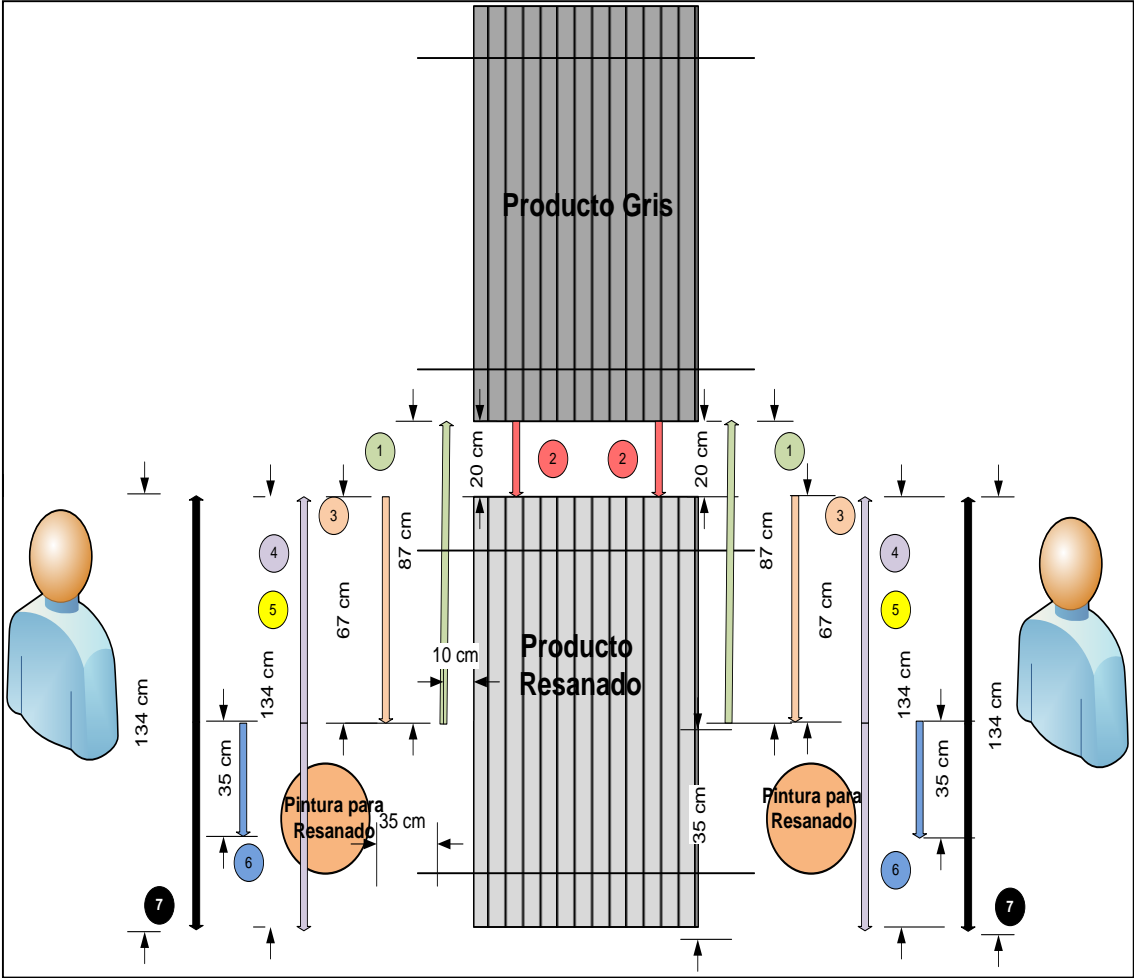
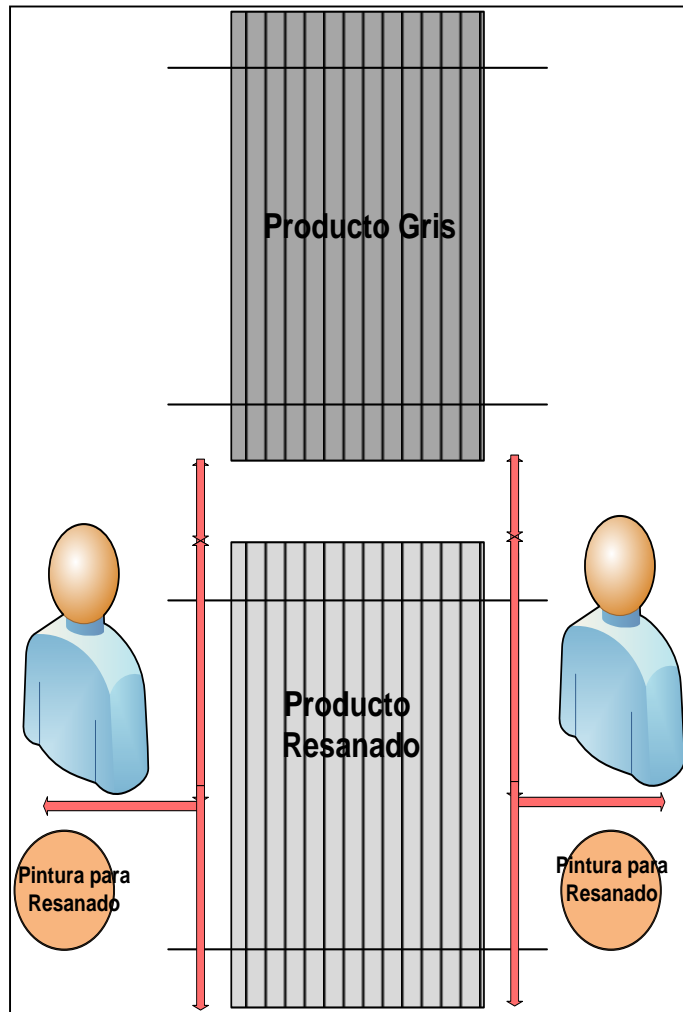


Diagrama de Hilos



Process Chart

Proceso:		Resanado por Ruma			Resumen	
Operario(s):		1			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	2
Fecha:		26/11/2014			Transporte ➡	2
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		8			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
1	Ir hacia la ubicación de la manguera de aire comprimido	1	330	4	● ➡ ◐ □ ▼	
2	Regresar al punto de inicio	1	330	5,2	● ➡ ◐ □ ▼	
3	Sopletear zonas laterales de ruma	4	452	23,4	● ➡ ◐ □ ▼	
4	Sopletear las zonas laterales con pintura	4	452	28,7	● ➡ ◐ □ ▼	
TOTAL:			1564	61,3		
			centímetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

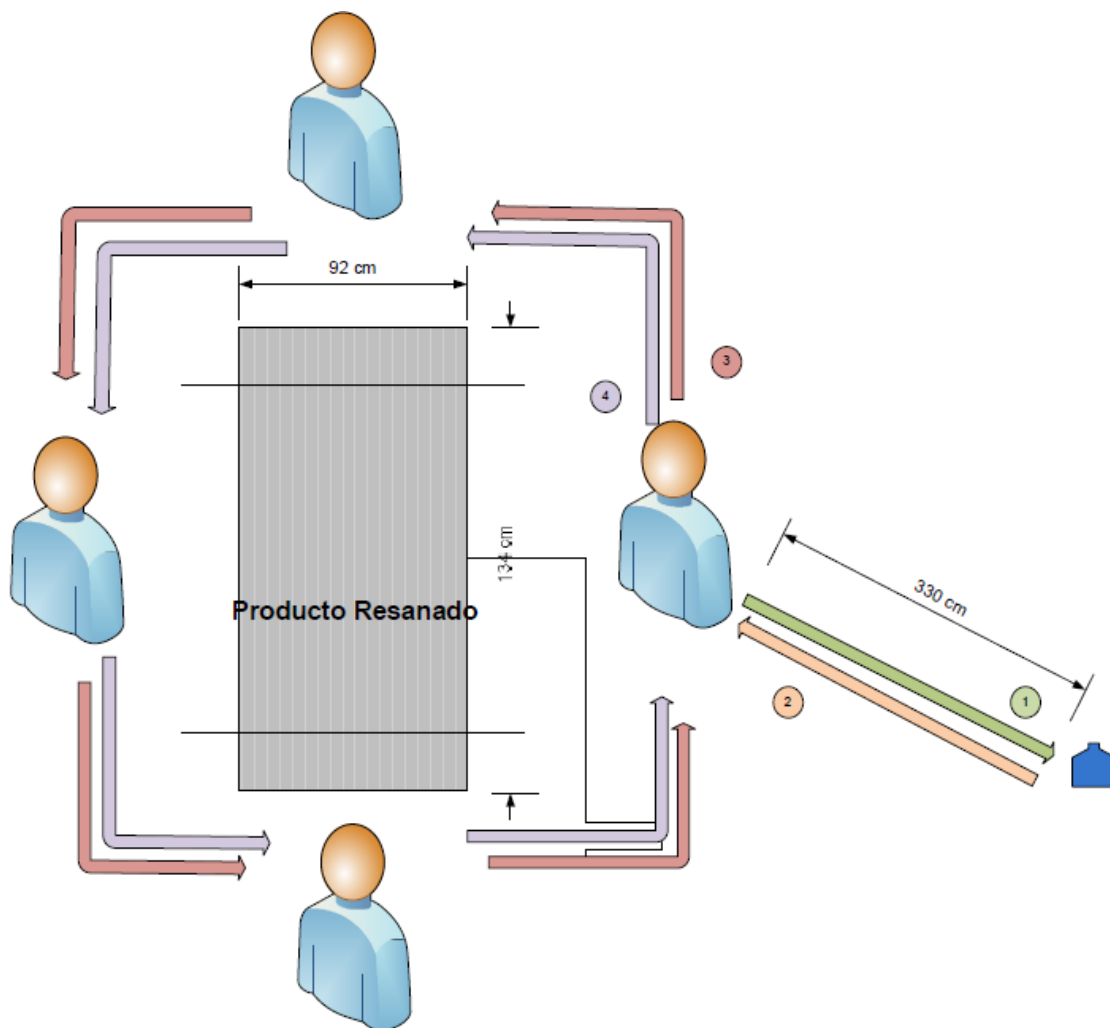
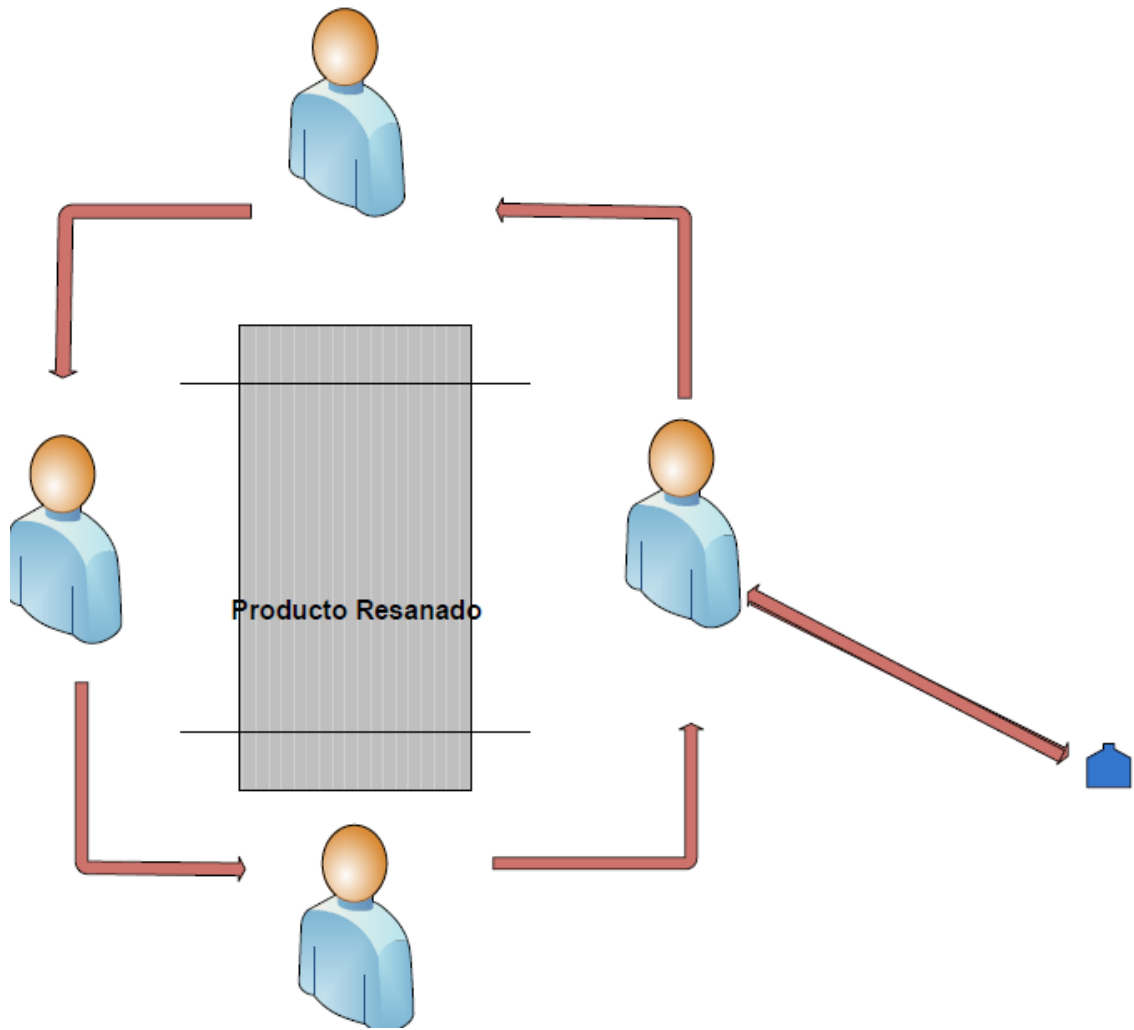


Diagrama de Hilos



Process Chart

Proceso:		Alimentación al TDC			Resumen	
Operario(s):		3			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	3
Fecha:		26/11/2014			Transporte ➡	1
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ●	1
Chart No:		9			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
1	Arrimar pallet de apoyo		52	4,26	● ➡ ●	
2	Esperar el avance hasta la posición adecuada		0	1,6	●	
3	Levantar Producto		0	0,56	● ➡ ●	
4	Trasladar hacia el pallet de apoyo		66	1,39	● ➡ ●	
5	Colocar sobre el pallet		0	0,97	● ➡ ●	
TOTAL:			118	8,78		
			centímetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

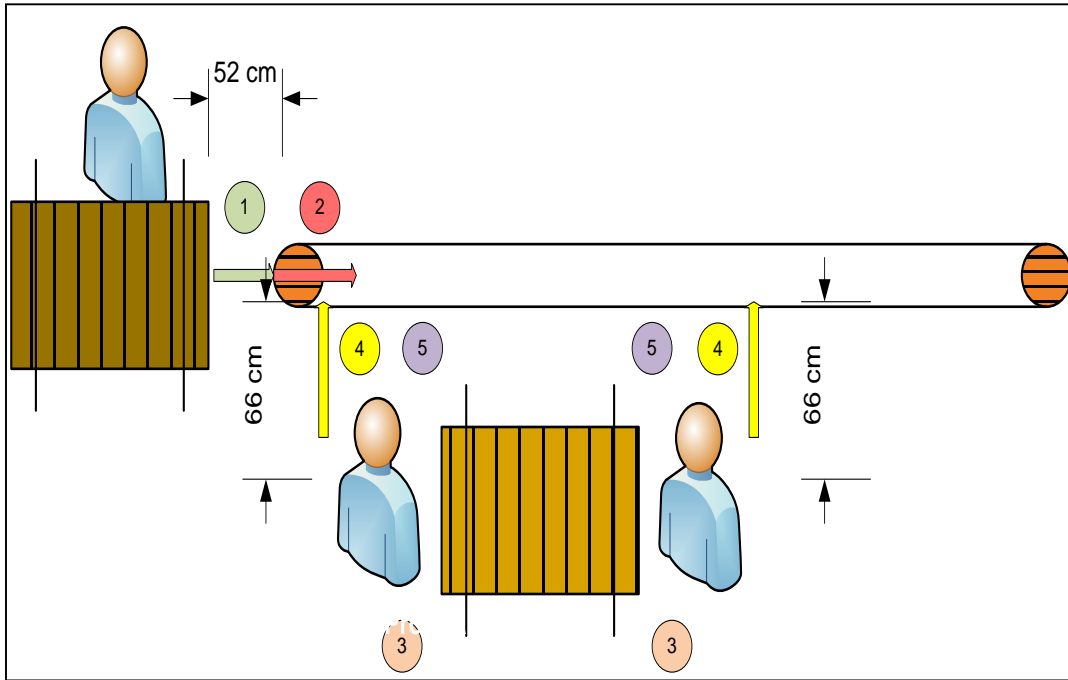
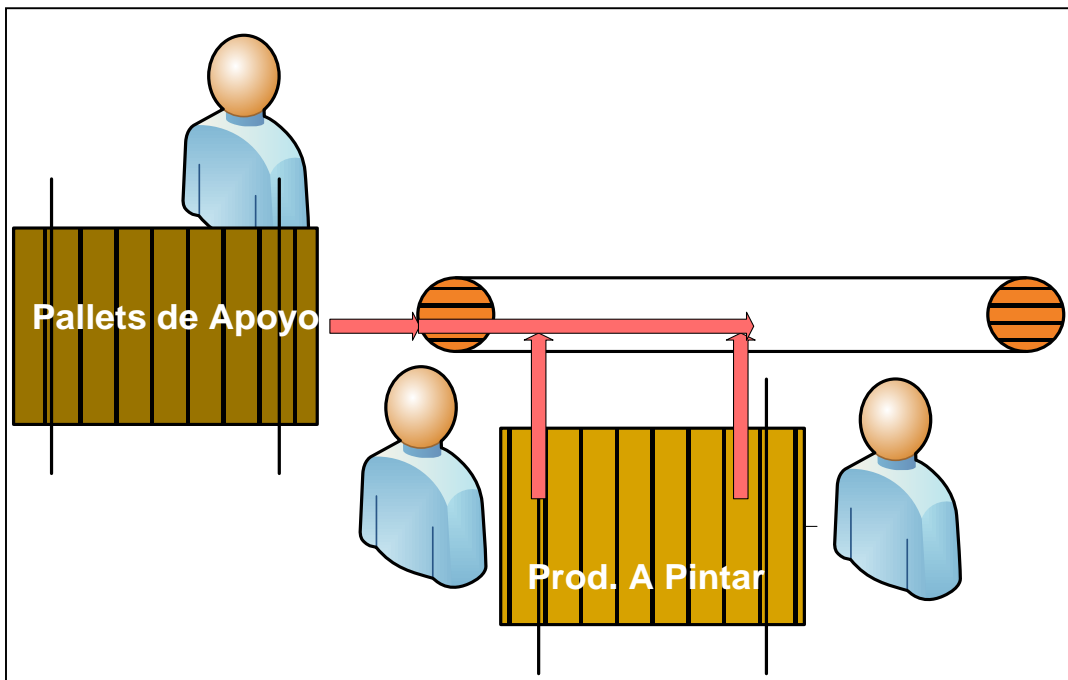


Diagrama de Hilos



Anexo 11: Análisis de Tiempos y Movimientos Mejorados – Zona de Descarga

Process Chart						
Proceso:		Retiro de Pallet de Apoyo			Resumen	
Operario(s):		1			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	5
Fecha:		27/11/2014			Transporte ➡	1
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		10			Inspeccion ■	1
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
					● ➡ ◐ ■ ▼	
1	Tomar el producto		40	1,11	● ➡ ◐ ■ ▼	
2	Inspección de defectos		50	4,36	○ ➡ ◐ ■ ▼	
3	Levantar el producto pintado		0	1,23	● ➡ ◐ ■ ▼	
4	Retirar el pallet		0	1,36	● ➡ ◐ ■ ▼	
5	Soltar el producto pintado		0	0,66	● ➡ ◐ ■ ▼	
6	Traslado a Pallet		1,58	1,52	○ ➡ ◐ ■ ▼	
7	Colocación sobre pallet		0	0,65	● ➡ ◐ ■ ▼	
TOTAL:			91,58	10,89		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

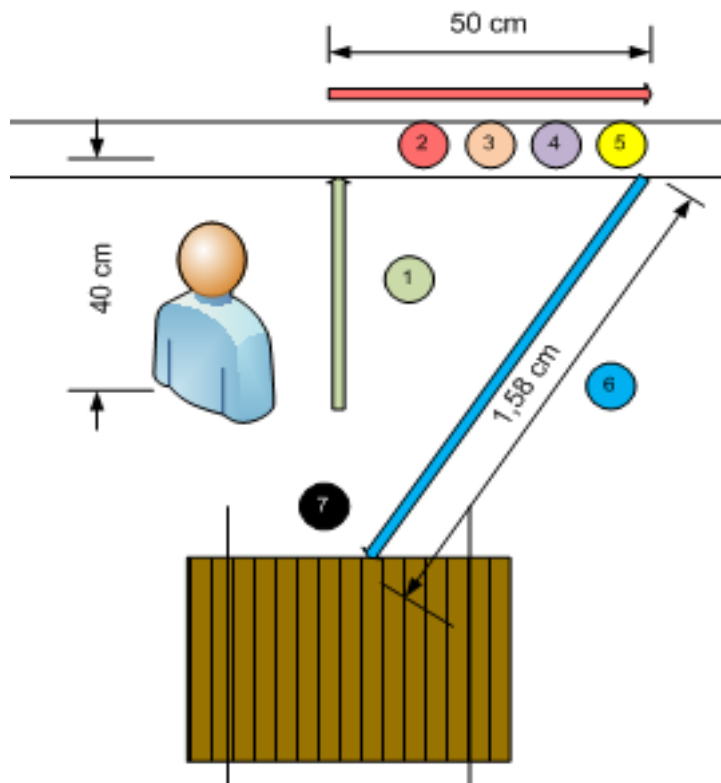
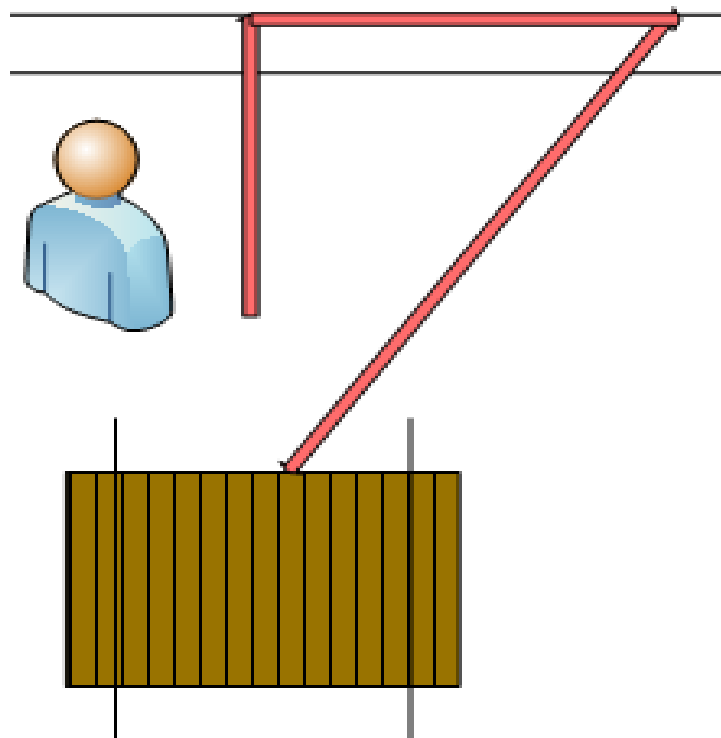


Diagrama de Hilos



Process Chart

Proceso:		Empacado			Resumen	
Operario(s):		2			Actividad	Actual
Departamento:		Tren de Coloración			Operación ●	5
Fecha:		27/11/2014			Transporte ➡	3
Descrito por:		V.Gordillo			Espera ◐	0
Chart No:		3			Inspeccion ■	0
Hoja 1 de 1					Almacenamiento ▼	0
Descripcion		Cantidad	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Simbolo	Observaciones
					● ➡ ◐ ■ ▼	
1	Tomar plástico de empaque		50	2,13	● ➡ ◐ ■ ▼	
2	Estirar el plástico de empaque		0	0,96	● ➡ ◐ ■ ▼	
3	Llevar el plástico al operador del otro lado		50	1,48	● ➡ ◐ ■ ▼	
4	Recogerl el plástico		0	2,48	● ➡ ◐ ■ ▼	
5	Tomar la placa a empacar		117	1,31	● ➡ ◐ ■ ▼	
6	Cubrir la placa con el plástico		0	2,97	● ➡ ◐ ■ ▼	
7	Llevar el producto empacado de un lado		117	2,35	● ➡ ◐ ■ ▼	
8	Acomodar y llevar el producto del otro lado		67	2,56	● ➡ ◐ ■ ▼	
TOTAL:			401	16,24		
			centimetros	segundos		

Diagrama de Recorrido

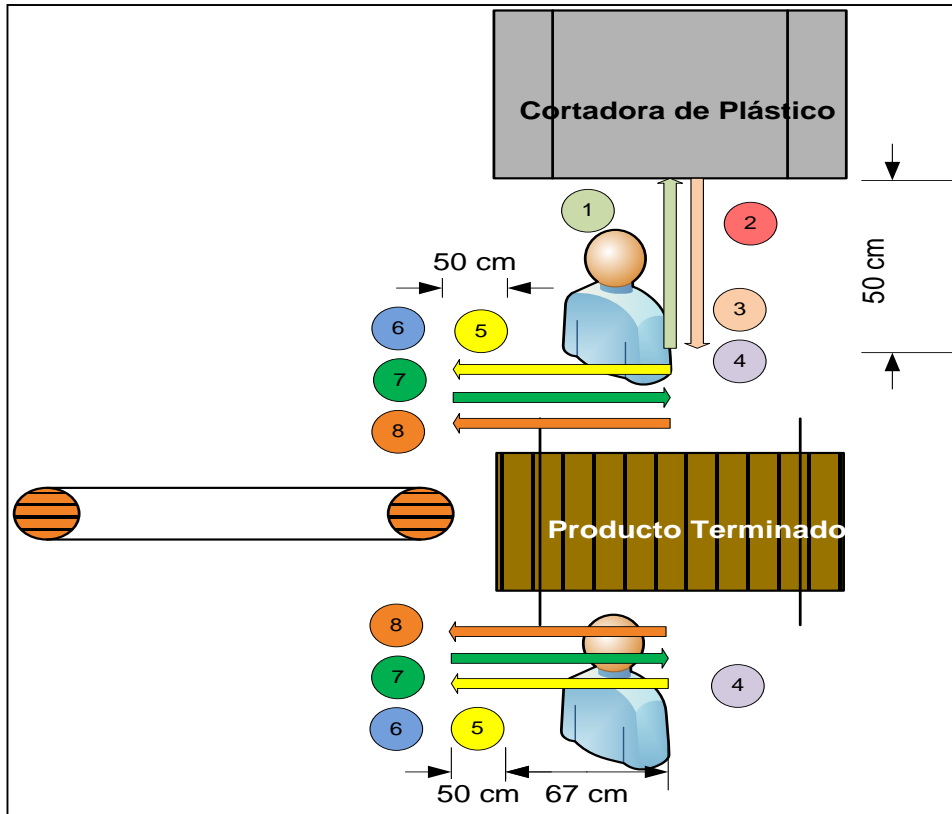
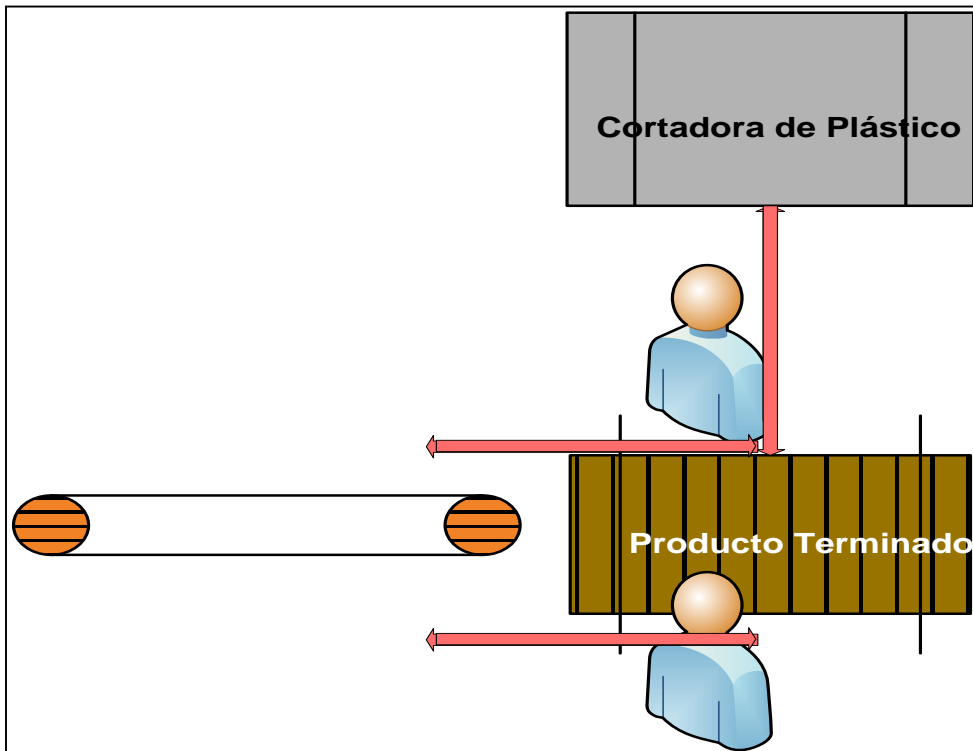
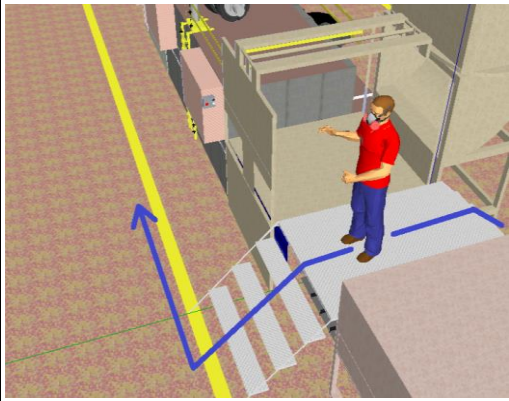
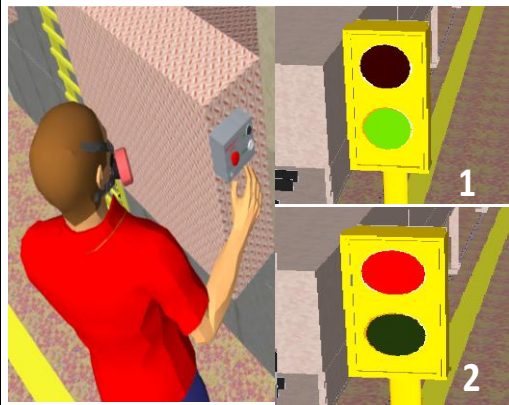
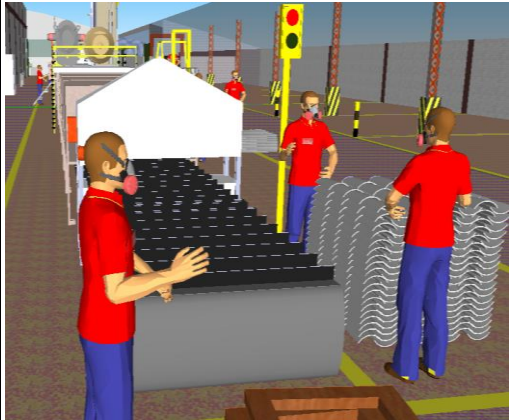
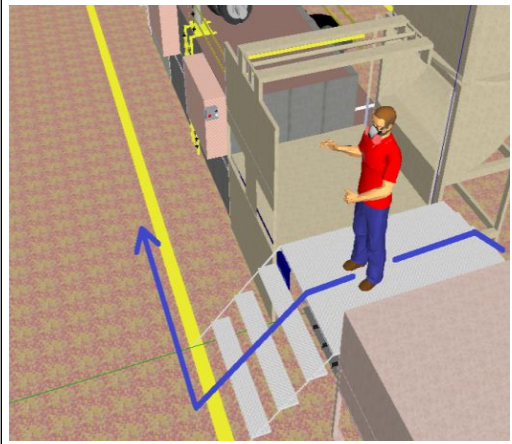
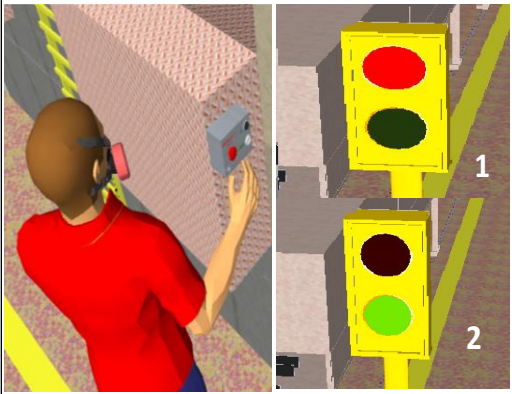
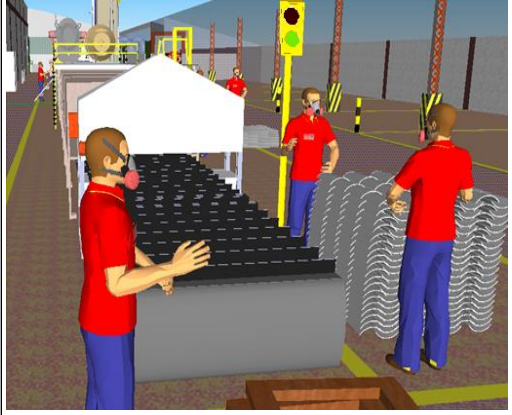


Diagrama de Hilos









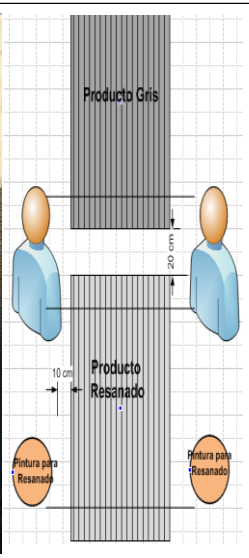

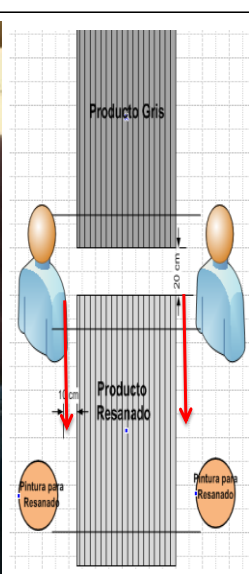

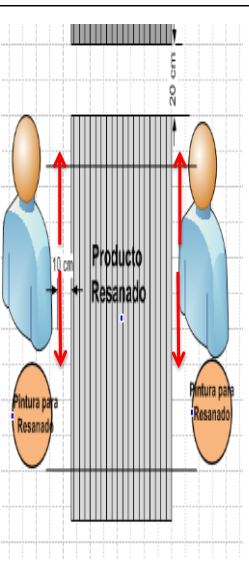
Anexo 12: Hoja JES para el funcionamiento del sistema ANDON de alerta


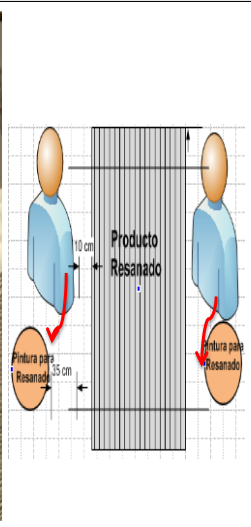

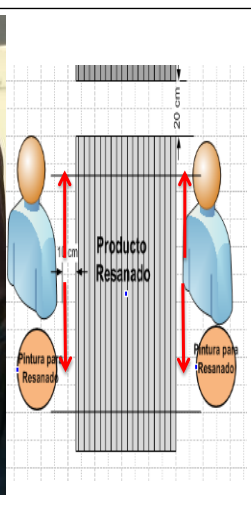
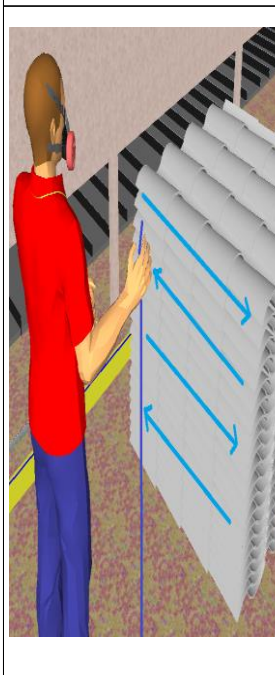
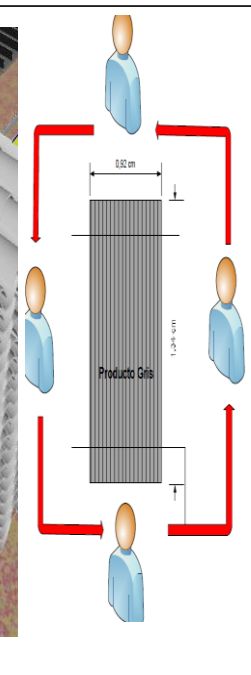
JOB ELEMENT SHEET					
Elemento:		Símbolos:			Proceso:
Procedimiento para la utilización de un Sistema Andon		Seguro	Control de	Proceso Crítico	Sistema ANDON
		para el Op.	Calidad		
	No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Indicaciones de seguridad
	1	+	Dirigirse hacia la zona de la cabina de pintado	Desplazarse hacia la zona de pintado, detrás de la cabina donde se encuentra la botonera de activación del sistema de alerta. Tomando como referencia la parte frontal de la cabina de pintado, deberá subir tres escaleras para pasar a la parte posterior de la cabina, formando un recorrido con forma de L	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero
	2	+ ▽	Accionar el sistema de alerta	Desde la última posición, pulsar el botón correspondiente al encendido de la luz de alerta. El color de la luz cambiará de verde (gráfico n.1) a rojo (gráfico n.2).	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero
	3	+ ▽	Detener a alimentación de producto al tren de coloración	La luz roja encendida será visualizada por el personal de alimentación, se detendrá inmediatamente la alimentación de placas	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero

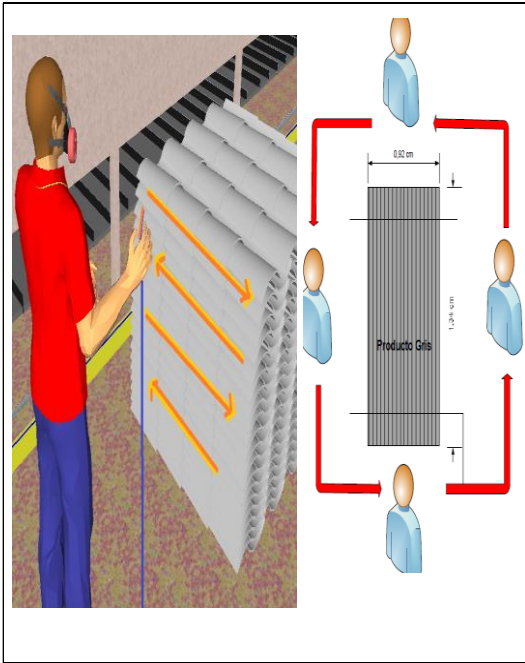
	<p>4</p> <p>■</p>	<p>Dirigirse hacia la zona de la cabina de pintado</p>	<p>Una vez solucionado cualquier tipo de inconveniente, el encargado de coloración debe dirigirse a la parte posterior a la cabina de pintado, a la ubicación de la botonera de activación del sistema</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
	<p>5</p> <p>▼</p> <p>■</p>	<p>Desactivación del sistema de alerta</p>	<p>Desde la última posición, pulsar el botón correspondiente al apagado de la luz de alerta. El color de la luz cambiará de rojo (gráfico n.1) a verde (gráfico n.2).</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
	<p>6</p> <p>▼</p>	<p>Reanudar la alimentación de producto al tren de coloración</p>	<p>La luz verde encendida será visualizada por el personal de alimentación, se reanudará inmediatamente la alimentación de placas</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>

Anexo 13: Hoja JES del Proceso de Resanado


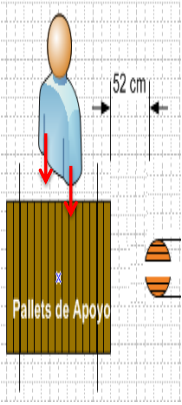


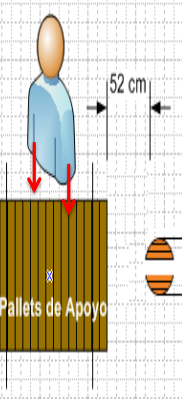


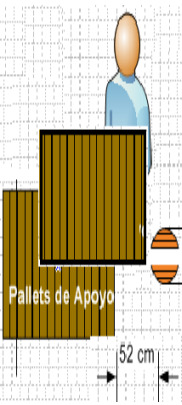

JOB ELEMENT SHEET				
Elemento:	Símbolos:		Proceso:	
Preparación de teja para coloración	 Seguro para el Op.  Control de Calidad  Proceso Crítico		Resanado	
No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Condiciones de seguridad
1		Tomar la placa a resanar	<p>Con la mano izquierda y derecha respectivamente (dependiendo del lado en el que se encuentre el operador) tomar el producto a resanar. La ubicación entre la ruma de producto resanado y producto a resanar es de 20 cm y la posición del operador con respecto a la ruma de producto resanado es de 10 cm. Para este paso recorrer 87 cm desde la posición inicial en dirección al producto a resanar</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
2		Levantar producto	<p>Una vez tomada la placa por los operadores, levantarla hasta arrimarla en la ruma de producto resanado. Para esto deben recorrer 20 cm de regreso hasta el inicio de la ruma de producto resanado</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>

		<p>3</p>	<p>Tomar la placa a resanar</p>	<p>Con la mano izquierda y derecha respectivamente (dependiendo del lado en el que se encuentre el operador) tomar el producto a resanar aproximadamente en la parte media de la placa. La mano que queda libre tomará la parte inicial superior de la placa.</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		<p>4</p>	<p>Colocar el producto a resanar sobre ruma de producto resanado</p>	<p>Una vez tomada la placa levantarla y ubicarla en la ruma de producto resanado para el proceso.</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
		<p>5</p>	<p>Lijar e Inspeccionar la Superficie de la Placa</p>	<p>Regresar a la posición inicial, en el medio de la ruma de producto resanado. Recorrer aproximadamente 60 cm desde esa posición hacia la izquierda y derecha para lijar e inspeccionar fallas en la superficie del producto</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>

		<p>6</p>	<p>Tomar la pintura</p>	<p>La pintura la tienen ambos operadores, y la ubican a aproximadamente 35 cm detrás de ellos. Por lo que se voltean para tomar la botella con pintura con la mano más cercana,</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
		<p>7</p>	<p>Pasada de pintura en defectos</p>	<p>Con la pintura se procede a tapar los defectos inspeccionados y detectados previamente y de igual forma se inicia en la posición media de la ruma y se traslada de izquierda a derecha cubriendo defectos en la superficie de la placa. Se esparsa la pintura con la ayuda de guantes de caucho</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
		<p>8</p>	<p>Expansión de residuos del lijado</p>	<p>Se toma la manguera de aire comprimido y se procede desde la posición inicial a soplear las zonas laterales de la ruma avanzando con el movimiento del operador de frente a cada zona pintada de manera horizontal bajando por toda la ruma. Para esta actividad es necesaria la asistencia de un solo operador. La distancia recorrida es de 4,52 m alrededor de la ruma</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>





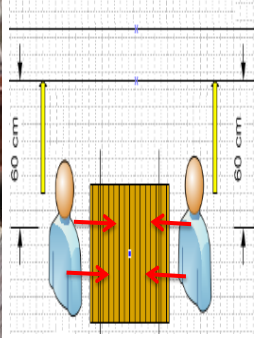


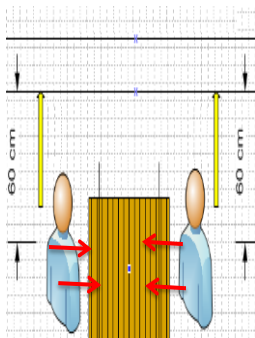

	<p>9</p>	<p>Pintado Lateral</p>	<p>Se toma la manguera de aire comprimido y se procede desde la posición inicial a soplear las zonas laterales de la ruma con la pintura avanzando con el movimiento del operador de frente a cada zona pintada de manera horizontal bajando por toda la ruma. Para esta actividad es necesaria la asistencia de un solo operador. La distancia recorrida es de 4,52 m alrededor de la ruma</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de caucho Guantes de cuero</p>
---	----------	------------------------	---	--

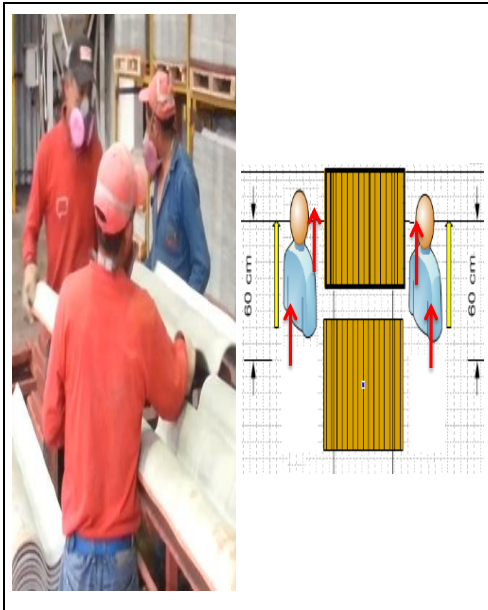

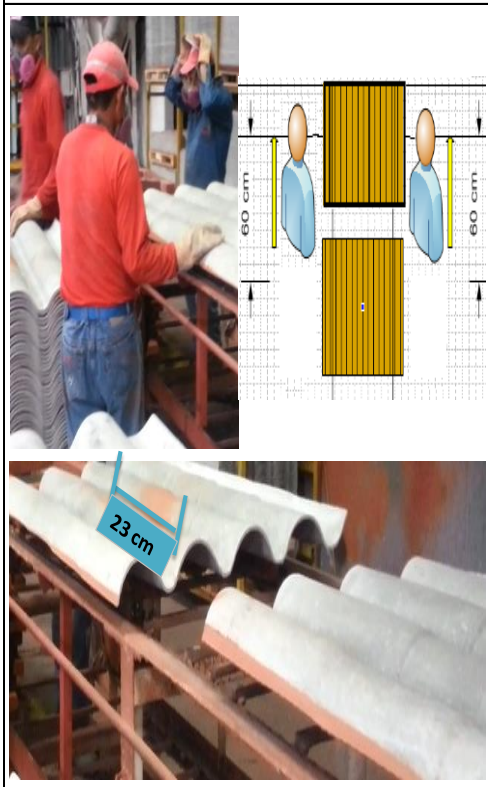


Anexo 14: Hoja JES del Proceso de Alimentación

JOB ELEMENT SHEET				
Elemento:	Símbolos:			Proceso:
Arrimar Pallet de Apoyo	Seguro para el Op.	Control de Calidad	Proceso Crítico	Alimentación al TDC
No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Condiciones de seguridad
		1  Tomar el pallet de apoyo	Tomar con la mano izquierda el pallet de apoyo el cual se encuentra a 52 cm del inicio del tren de coloración. La ubicación del operador será al lado izquierdo de la ruma de pallets	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero
		2  Levantar el pallet de apoyo	Levantar ligeramente con la mano izquierda el pallet de apoyo y con la mano derecha sujetarlo firmemente. El operador continúa a 52 cm del inicio del tren de coloración.	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero
		3  Acercar el pallet al tren de coloración	Una vez tomado el pallet con ambas manos firmemente levantarlo hacia la entrada del tren de coloración. El operador recorrerá 52 cm de distancia	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero


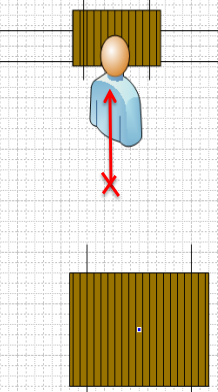


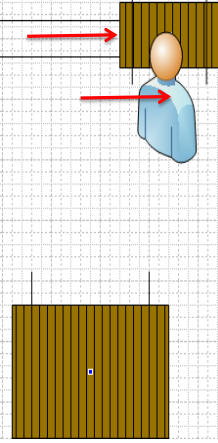


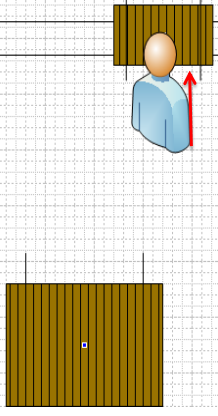

		<p>4</p>	<p>Arrimar el pallet al rodillo de soporte</p>	<p>Con la ayuda de ambas manos acomodar el pallet y ubicarlo sobre el rodillo de soporte</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		<p>5</p>	<p>Dejar que el pallet ingrese al tren de coloración</p>	<p>Una vez arrimado el pallet al rodillo con ambas manos empujar ligeramente el pallet para que haga contacto con la cadena transportadora que lo ingresará al tren de coloración</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>


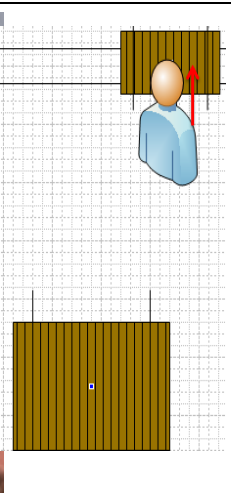


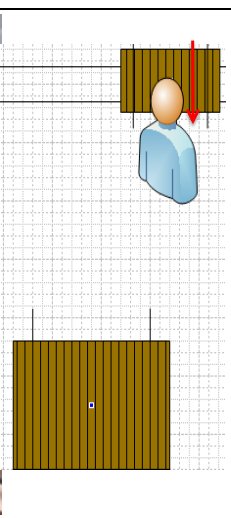


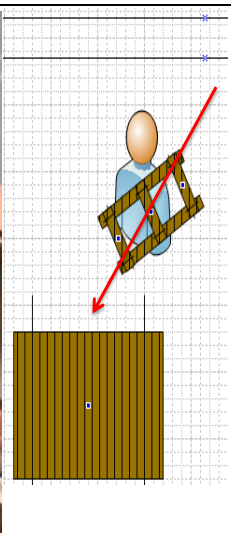

JOB ELEMENT SHEET


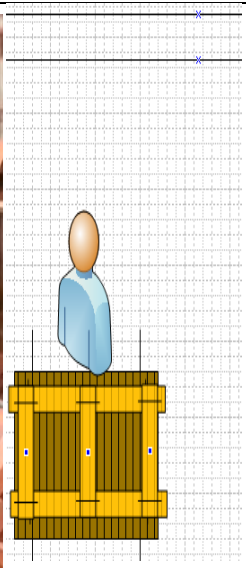
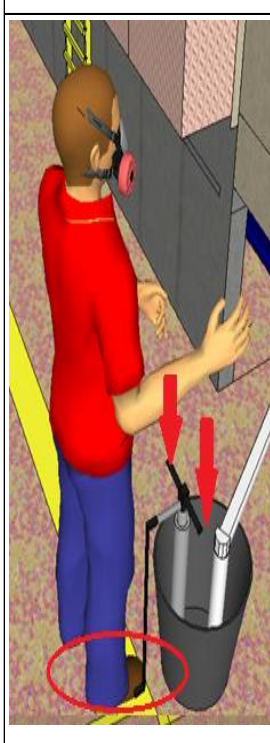
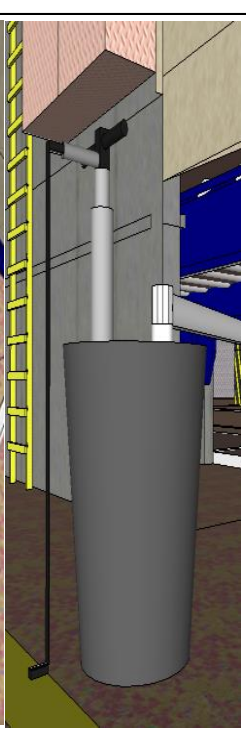
Elemento:		Símbolos:			Proceso:
Colocación de producto para ingreso al TDC		 Seguro para el Op.	 Control de Calidad	 Proceso Crítico	Alimentación al TDC
No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Condiciones de seguridad	
		1	 Levantamiento parcial de producto	Levantar ligeramente con ambas manos el producto a pintar. El personal se encuentra a 60 cm de la cadena transportadora. Esperar en esta posición hasta que el pallet de apoyo se encuentre en la posición adecuada.	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero
		2	 Levantamiento total del producto a pintar	En misma posición levantar el producto alrededor de entre 40 y 50cm. Esto se debe realizar cuando el pallet de apoyo está completamente en la cadena transportadora	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero

	3		<p>Trasladar el producto a cadena transportadora</p>	<p>Con el producto sostenido firmemente, trasladarse hacia la cadena transportadora, son aproximadamente 60 cm de distancia</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
	4	 	<p>Colocación del producto e ingreso al tren de coloración</p>	<p>Ubicar el producto sobre el pallet de apoyo en la cadena transportadora. Una vez ubicado acomodarlo para que se posicione de manera correcta, es decir sin desviaciones. Procurar medir de manera aproximada una distancia aproximada de 23 cm entre placas</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>






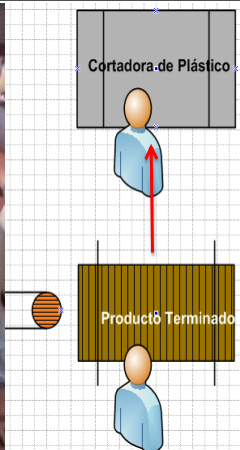


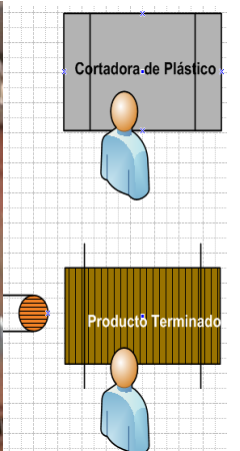


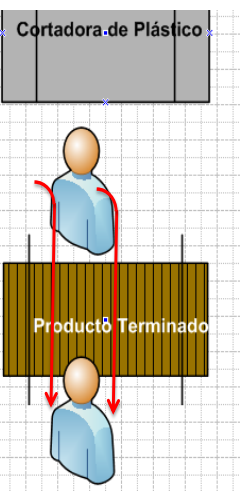
Anexo 15: Hoja JES del Proceso de Descarga

JOB ELEMENT SHEET					
Elemento:	Símbolos:			Proceso:	
Retiro de Pallets de Apoyo	Seguro para el Op.	Control de Calidad	Proceso Crítico	Descarga	
No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Condiciones de seguridad	
		1	 Tomar el producto pintado	El operador recorre 40 cm desde el punto inicial hasta la cadena transportadora donde arriba el producto y con ambas manos lo toma un lado del producto pintado	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero
		2	 Inspección de defectos	El operador verifica la existencia de defectos en el producto pintado mientras sigue el recorrido de la placa. Recorre alrededor de 50 cm en el sentido de la cadena transportadora	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero
		3	 Levantar el producto Pintado	En la posición anterior levantar con una mano el producto pintado alrededor de 30 cm desde la posición de la cadena transportadora	Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero



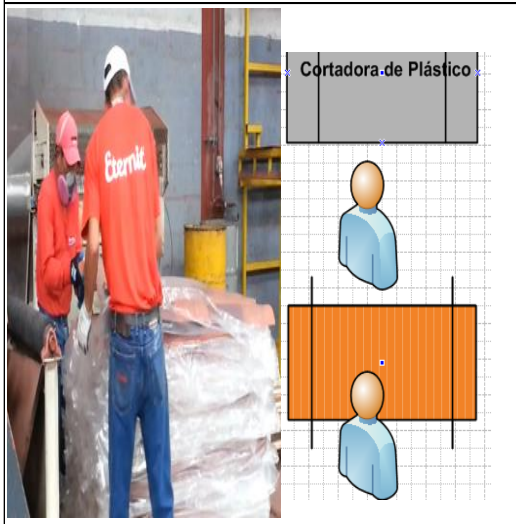

		<p>4</p> 	<p>Retirar el pallet de apoyo</p>	<p>Manteniendo el producto levantado, usar la mano libre para retirar el pallet. Tomarlo desde la unión central y jalarlo al cuerpo</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		<p>5</p> 	<p>Soltar el producto pintado</p>	<p>Una vez retirado el pallet de apoyo soltar el producto levantado sobre la cadena transportadora. Se lo suelta con mucho cuidado bajando la mano con el producto pintado hasta que casi tope la cadena, de ahí se procede a soltarla totalmente</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		<p>6</p> 	<p>Traslado a Pallet</p>	<p>Trasladarse aproximadamente 158 cm con el pallet de apoyo retirado tomado con ambas manos hacia el pallet receptor</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>

		<p>7</p>	<p>Colocación sobre pallet</p>	<p>En la posición del pallet acentar el pallet de apoyo sobre los demás pallets. Verificar que estén todos apilados ordenadamente para evitar que se caigan al momento de trasladarlos a la zona de alimentación del tren de coloración.</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		<p>8</p>	<p>Bompear pintura recolectada</p>	<p>Verificar cada 20 minutos aproximadamente el estado del balde recolector de pintura que se encuentra debajo de la cabina de pintado. Si se encuentra pasado de la mitad, se debe bombear la pintura al barril principal. Para esto el operador deberá usar su pie para mantener la bomba estable mientras transfiere la pintura con ambas manos</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>



JOB ELEMENT SHEET




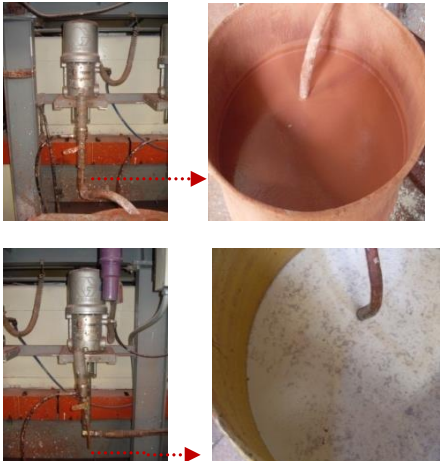
Elemento:		Símbolos:		Proceso:	
Empacado		 Seguro para el Op.	 Control de Calidad	 Proceso Crítico	Descarga
No.	Sym	Paso Principal	Punto Clave	Condiciones de seguridad	
1		  <p>Cortadora de Plástico</p> <p>Producto Terminado</p>	<p>El operador que se encuentre del lado de la cortadora de plástico debe recorrer 50 cm hacia atrás para tomar el plástico para empacado</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>	
2		  <p>Cortadora de Plástico</p> <p>Producto Terminado</p>	<p>En la misma posición se estira el plástico tomándolo con ambas manos de la entrada y se sacude para identificar el ingreso y salida del mismo</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>	
3		  <p>Cortadora de Plástico</p> <p>Producto Terminado</p>	<p>Con ambas manos tomar un lado del plástico y pasarlo del otro operador para que lo sostenga. Para esto el operador que tomó el plástico en primer lugar debe regresar los 50 cm que recorrió en primer lugar</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>	


		4	<p>Recoger el plástico de empacado</p>	<p>Una vez que ambos operadores tengan el plástico de empacado y en la misma posición. Deberán tomar con una mano el final del plástico y con la otra recogerán el plástico horizontalmente hasta que quede la entrada y salida del plástico casi juntas</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		5	<p>Tomar el producto a empacar</p>	<p>Avanzar hasta la salida del tren de coloración para tomar el producto con la mano más cercana mientras que con la otra sostenemos el plástico de empaque recogido. Para esto avanzamos 117 cm desde el punto anterior</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
		6	<p>Cubrir la placa con el plástico</p>	<p>Con una mano los operadores van estirando el plástico mientras con la otra tapan lo que falta de producto. Esto se lo realiza en la misma posición anterior</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>


	7		<p>Acentar un lado de la placa</p>	<p>Con ambas manos levantar la placa y trasladarle 117 cm hasta el centro de la ruma de pallets de apoyo donde se acomodará al lado más alejado al tren y se apoyará el producto en dicho espacio mientras se acomoda el plástico para que cubra toda la superficie</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>
	8		<p>Acomodar y acentar la placa del otro lado</p>	<p>Se procede a apoyar el producto al lado más cercano para lo cual se recorren 67 cm. También se</p>	<p>Usar: Respirador de media cara (filtro P100) Guantes de cuero</p>

Anexo 16: Instructivo de Preparación de Insumos



PASOS	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	PARÁMETROS DE CONTROL Y PLAN DE REACCIÓN	CONDICIONES DE SEGURIDAD
 <p data-bbox="395 880 603 943">▼ Red del Tamiz en buen estado</p>	<p data-bbox="756 622 882 674">Revisión de Tamices</p>	<p data-bbox="938 512 1086 853">Verificar que la red metálica de cada uno de los tamices, se encuentre en buen estado, que no tenga roturas o defectos.</p> <p data-bbox="938 896 1070 1003">Reemplazar la malla de ser necesario</p>	<p data-bbox="1112 512 1273 667">Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas</p> <p data-bbox="1112 703 1286 920">No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas.</p> <p data-bbox="1112 956 1267 1111">Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <p data-bbox="1112 1146 1283 1332">Evitar derrames de los productos químicos durante la operación</p> <p data-bbox="1112 1368 1299 1554">En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>
 <p data-bbox="379 1966 564 1995">Tamizado de Pintura →</p>	<p data-bbox="729 1749 874 1800">Tamizado de Pintura</p>	<p data-bbox="938 1615 1086 1995">Colocar un tanque de 220 Kg debajo del tanque de almacenamiento de pintura del respectivo color. Bombear la pintura del</p>	<p data-bbox="1112 1615 1286 1890">Revisar el estado de los envases y materiales. Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul data-bbox="1158 1899 1286 2007" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1158 1899 1286 2007">• Mascari lla de media cara




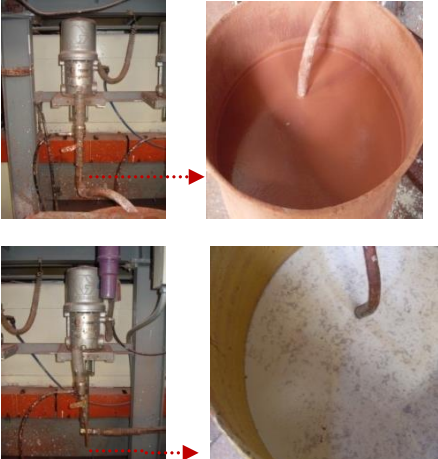
		<p>tanque de almacenamiento al tanque de 220 Kg, Llevar la pintura bombeada a la báscula del TDC por medio de una gata hidráulica</p>	<p>con filtro para polvo p100 2091.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Gafas de seguridad.
 <p style="text-align: center;">Balanza</p> 	<p style="text-align: center;">Pesaje de Pintura TDC</p>	<p>Se anota en el registro QDP-PR03-FO03 "Control de Producción TDC" los pesos registrados por la balanza.</p> <p>Verificar que la balanza funcione correctamente y tenga su Tarjeta de Calibración</p> <p>Verificar que no existan fugas en mangueras y de más.</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guantes • Gafas de seguridad.
	<p style="text-align: center;">Colocación de Mangueras</p>	<p>Colocar las mangueras de abastecimiento a los rociadores en los respectivos tanques de pintura preparada.</p> <p>Asegurarse de que no exista</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla de media cara con filtro


		<p>derrames de pintura. Mantener ordenada y limpia el área de TDC.</p>	<p>para polvo p100 2091.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>
 <p>Válvulas de Paso</p>	<p>Apertura de Válvulas de Paso</p>	<p>Con las mangueras colocadas en cada tanque, se procede a abrir las válvulas de paso de pintura accionándolas a la posición abierto (horizontal)</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascari • lla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guantes • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para</p>


			atender la emergencia
 <p>Válvulas</p>	<p>Regulación de Válvulas de Presión</p>	<p>Regular con la válvula la presión a la que saldrá la pintura a través del rociador de pintura.</p> <p>Anotar la presión a la que se está trabajando en el formato QDP-PR03-FO04</p> <p>“Control de Proceso – Parámetros de Operación en el TDC”.</p> <p>Abrir las válvulas de salida, (colocar en posición horizontal).</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascari lla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guante s • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte</p> <p>En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>

Anexo 17: Instructivo de Preparación de Insumos Mejorado

PASOS	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	PARAMETROS DE CONTROL Y PLAN DE REACCIÓN	CONDICIONES DE SEGURIDAD
 <p data-bbox="395 882 603 949">Red del Tamiz en buen estado</p>	<p data-bbox="756 624 884 680">Revisión de Tamices</p>	<p data-bbox="938 517 1086 860">Verificar que la red metálica de cada uno de los tamices, se encuentre en buen estado, que no tenga roturas o defectos.</p> <p data-bbox="938 898 1070 1005">Reemplazar la malla de ser necesario</p>	<p data-bbox="1112 517 1273 674">Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas</p> <p data-bbox="1112 712 1286 920">No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas.</p> <p data-bbox="1112 958 1267 1115">Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <p data-bbox="1112 1153 1283 1339">Evitar derrames de los productos químicos durante la operación</p> <p data-bbox="1112 1377 1299 1563">En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>
 <p data-bbox="381 1968 564 1995">Tamizado de Pintura</p>	<p data-bbox="729 1753 874 1809">Tamizado de Pintura</p>	<p data-bbox="938 1621 1086 1995">Colocar un tanque de 220 Kg debajo del tanque de almacenamiento de pintura del respectivo color. Bombear la pintura del</p>	<p data-bbox="1112 1621 1286 1899">Revisar el estado de los envases y materiales. Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul data-bbox="1155 1906 1286 1984" style="list-style-type: none"> • Mascari lla de media

		<p>tanque de almacenamiento al tanque de 220 Kg, Llevar la pintura bombeada a la báscula del TDC por medio de una gata hidráulica</p>	<p>cara con filtro para polvo p100 2091.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Gafas de seguridad.
 <p style="text-align: center;">Balanza</p> 	<p style="text-align: center;">Pesaje de Pintura TDC</p>	<p>Se anota en el registro QDP-PR03-FO03 "Control de Producción TDC" los pesos registrados por la balanza.</p> <p>Verificar que la balanza funcione correctamente y tenga su Tarjeta de Calibración</p> <p>Verificar que no existan fugas en mangueras y de más.</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guantes • Gafas de seguridad.
	<p style="text-align: center;">Colocación de Mangueras</p>	<p>Colocar las mangueras de abastecimiento a los rociadores en los respectivos tanques de pintura preparada.</p> <p>Asegurarse de que no exista</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla de media cara con filtro

		<p>derrames de pintura. Mantener ordenada y limpia el área de TDC.</p>	<p>para polvo p100 2091.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>
 <p>Válvulas de Paso</p>	<p>Apertura de Válvulas de Paso</p>	<p>Con las mangueras colocadas en cada tanque, se procede a abrir las válvulas de paso de pintura accionándolas a la posición abierto (horizontal)</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascari • lla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guantes • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para</p>

			atender la emergencia
 <p>Válvulas</p>	<p>Regulación de Válvulas de Presión</p>	<p>Regular con la válvula la presión a la que saldrá la pintura a través del rociador de pintura.</p> <p>Anotar la presión a la que se está trabajando en el formato QDP-PR03-FO04</p> <p>“Control de Proceso – Parámetros de Operación en el TDC”.</p> <p>Abrir las válvulas de salida, (colocar en posición horizontal).</p>	<p>Verificar el adecuado funcionamiento eléctrico y mecánico de los equipos Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mascari lla de media cara con filtro para polvo p100 2091. • Guante s • Gafas de seguridad. <p>Evitar derrames de los productos químicos durante el transporte</p> <p>En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>



**Tornillo
Regulador
de rodillo
de cerdas
de limpieza**



Regulación del
Nivel de las
cerdas de
limpieza del tren
de coloración

Dependiend
o del
producto a
pintar,
regular con
el tornillo la
de las
cerdas
limpiadoras,
procurando
que
alcancen
toda la
superficie
del producto
que se va a
pintar.
Si es el caso
las cerdas
deberán
entrar en
contacto con
la superficie
entre onda.


Garantizar que
existan
disponibles las
MSDS de las
pinturas

No levantar
cargas mayores
a 23 Kg, en
caso de ser
necesario
utilizar ayudas
mecánicas.

Utilizar el EPP
indicado en la
matriz de EPP
para esta
actividad.

Evitar derrames
de los
productos
químicos
durante la
operación

En caso de
derrames, utilizar
material inerte
(arenas, tierra,
aserrín secos)
para atender la
emergencia

 <p>BOQUILLA</p> <p>Centro del Producto</p>	<p>Centrado de Boquilla</p>	<p>Verificar que la boquilla de pintado se encuentre en el centro de la cabina y en relación al centro del producto que va a ser pintado.</p>	<p>Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas</p> <p>No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas.</p> <p>Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.</p> <p>Evitar derrames de los productos químicos durante la operación</p> <p>En caso de derrames, utilizar material inerte (arenas, tierra, aserrín secos) para atender la emergencia</p>
--	-----------------------------	---	--



Boquilla de Respaldo

La boquilla adicional debe estar en buenas condiciones para hacer uso de ella de ser necesario

Garantizar que existan disponibles las MSDS de las pinturas

No levantar cargas mayores a 23 Kg, en caso de ser necesario utilizar ayudas mecánicas.

Utilizar el EPP indicado en la matriz de EPP para esta actividad.

Anexo 18: Certificación INEN de Balanzas



SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN



LNLM 20140902

Distrito Metropolitano de Quito,

ENTREGADO 24 SEP 2014

Ingeniera

Gabriela Posso

ASISTENTE CONTROL DE CALIDAD

ETERNIT ECUATORIANA S.A.

Panamericana Sur km 14 ½

Telef. (593-2) 2 690-752

Ciudad

Laboratorio Nacional de
Metrología, LNM
Valle de los Chillos-Conocoto
Telef: (593-2) 2343-358/379/716
Telef-Fax : (593-2) 2344-394

Su Referencia:

Of. s/n

2014-07-29

De nuestra consideración:

Atendiendo su pedido, técnicos del Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizaron en las instalaciones de la empresa, la calibración de 7 (siete) balanzas de diferente capacidad, las que luego de los ensayos realizados, son **APROBADAS**.

Adjunto encontrará los Certificados de Calibración Nos. LNM-PyM-2014-983 al 989.

En esta oportunidad reciba un cordial saludo.

Atentamente,

Eugenia González

**DIRECTORA TÉCNICA
DE METROLOGIA**

“CONFIANZA INTERNACIONAL EN LAS MEDICIONES REALIZADAS POR EL LABORATORIO NACIONAL DE MASA DEL INEN, El Laboratorio de Masa del INEN obtuvo el Reconocimiento Internacional de sus Capacidades de Medición y Calibración, lo que significa que los Certificados de Calibración emitidos por este Laboratorio son reconocidos por todos los países del mundo cuyos Institutos Nacionales de Metrología son asociados a los diferentes Organismos Regionales de Metrología, el logro alcanzado demuestra su competencia Técnica que está basada en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Internacional ISO / IEC 17 025: 2005.

Sus Capacidades de Medición y Calibración, CMCs, se encuentran registradas en el Apéndice C de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, BIPM desde el 16 de septiembre del 2011.

Alcance : Rango de 1 mg a 1 kg para una Clase de Exactitud OIML E2 “