

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE HOT BAR EN LA LÍNEA DE  
SEAC DE LA EMPRESA SAMTEC INTERCONNECT  
ASSEMBLY, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL DMAIC Y EL  
USO DE TÉCNICAS DE LEAN SIX SIGMA, QUE PERMITAN  
INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO  
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: CAROLINA ISABEL ALPÍZAR MORALES**

**TUTOR: ING. KATHERINE CARVAJAL ÁVILA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA**

**ABRIL, 2024**

# DECLARACIÓN JURADA

# CÉDULA DE IDENTIDAD

# SOLICITUD DE DEFENSA

## CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

# CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR

## CERTIFICADO DEL FILÓLOGO

# CARTA DE ENTENDIMIENTO

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	II
SOLICITUD DE DEFENSA.....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	V
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO .....	VII
CONTENIDO .....	VIII
TABLAS .....	XIII
FIGURAS .....	XIV
DEDICATORIA .....	XVIII
AGRADECIMIENTOS.....	XIX
EPÍGRAFE .....	XX
RESUMEN .....	XXI
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4 ANTECEDENTES .....	6
1.4.1 Antecedentes nacionales .....	6
1.4.2 Antecedentes internacionales.....	8
1.5 PROYECCIONES.....	11
1.5.1 Alcances .....	12
1.5.2 Limitaciones .....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES.....	14
2.1.1 Metodología DMAIC .....	14

2.1.2 Project Charter .....	16
2.1.3 Análisis FODA.....	17
2.1.4 Diagrama de SIPOC.....	19
2.1.5 Diagrama de flujo .....	20
2.1.6 Gemba Walk .....	21
2.1.7 Círculo de Ohno .....	22
2.1.8 Encuestas .....	23
2.1.9 Gráfico de barras .....	24
2.1.10 Histograma.....	25
2.1.11 Estudio de trabajo .....	26
2.1.12 Lluvia de ideas .....	27
2.1.13 Diagrama de Ishikawa.....	28
2.1.14 Multivoto.....	30
2.1.15 Diagrama de Pareto .....	31
2.1.16 Herramienta de 5 porqués.....	32
2.1.17 Diseño de experimentos (DOE).....	33
2.1.18 Indicadores KPI.....	34
2.1.19 Capacitación .....	35
2.1.20 Balance de línea.....	36
2.1.21 Diagrama de espagueti .....	37
2.1.22 Diagrama de Gantt.....	37
2.1.23 Reuniones Kaizen .....	38
2.1.24 Distribución de planta.....	39
2.1.25 Procedimiento estándar (POE).....	40
2.1.26 Auditorías.....	41
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	42
2.2.1 Misión .....	43
2.2.2 Visión.....	43
2.2.3 Antecedentes históricos .....	43
2.2.4 Ubicación geográfica.....	44
2.2.5 Estructura organizacional .....	45

2.2.6 Cantidad de empleados.....	46
2.2.7 Tipos de productos.....	46
2.2.8 Mercado de exportación .....	47
2.2.9 Descripción general del proceso productivo .....	48
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	51
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	55
3.3.1 Sujetos de información.....	55
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	56
3.5 INSTRUMENTOS .....	59
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	60
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
4.1 DEFINIR.....	63
4.1.1 Project Charter .....	65
4.1.2 FODA.....	67
4.1.3 Matriz de estrategias .....	70
4.1.4 SIPOC.....	72
4.1.5 Diagrama de flujo .....	75
4.1.6 Gemba Walk y círculo de Ohno.....	78
4.2 MEDIR .....	85
4.2.1 Encuesta.....	85
4.2.2 Gráfico de barras .....	99
4.2.3 Métodos de trabajo.....	100
4.2.3.1 Diagrama bimanual .....	101
4.2.3.2 Estudio de tiempos.....	116
4.2.4 Histograma.....	119
4.3 ANALIZAR.....	120
4.3.1 Lluvia de ideas .....	121
4.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	122
4.3.3 Multivoto.....	127

4.3.4 Diagrama de Pareto .....	129
4.3.5 5 porqués .....	132
4.3.6 Diseño de experimentos (DOE).....	140
4.3.7 Análisis de KPI.....	166
4.3.7.1 Métrica de producción actual del proceso de hot bar.....	167
4.3.7.2 Métrica de yield actual del proceso de e-test.....	167
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>	<b>170</b>
5.1 MEJORAR.....	171
5.1.1 Propuesta #1. Mejora en los parámetros de las máquinas .....	171
5.1.2 Propuesta #2. Rediseño del thermode acorde a las necesidades del producto.....	173
5.1.3 Propuesta #3. Reporte del problema relacionado a la altura de la soldadura en la materia prima (tarjetas) al Departamento de Procesamiento de Tarjetas de China.....	175
5.1.4 Propuesta #4. Capacitación.....	179
5.1.4.1 Primer paso: diagnóstico .....	179
5.1.4.2 Segundo paso: diseño.....	180
5.1.4.3 Tercer paso: implementación de la capacitación .....	183
5.1.4.4 Cuarto paso: evaluación de los resultados .....	185
5.1.5 Propuesta #5. Balance de la línea .....	190
5.1.6 Propuesta #6. Diagrama de espagueti.....	198
5.2 CONTROLAR.....	202
5.2.1 Diagrama de Gantt general para la propuesta del proyecto.....	203
5.2.2 Diagrama de Gantt general para el control de la propuesta 4.....	205
5.2.3 Reuniones Kaizen para el control de las propuestas 1, 2, 3 y 4.....	207
5.2.4 Distribución de la planta para el control de la propuesta 5.....	207
5.2.5 SOP para el control de la propuesta 5.....	208
5.2.6 Diagrama de flujo del control de la propuesta 5.....	210
5.2.7 Auditorías para el control de las propuestas 1, 2, 3, 4 y 5.....	212
5.2.8 Análisis de retorno de la inversión (ROI) .....	214
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>217</b>

CONCLUSIONES .....	218
RECOMENDACIONES .....	222
REFERENCIAS .....	223
APÉNDICES Y ANEXOS.....	236
APÉNDICE 1: ENCUESTA VACÍA REALIZADA A LOS COLABORADORES DEL PROCESO DE HOT BAR DEL PRODUCTO CADENCE .....	237
APÉNDICE 2: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO ACTUAL.....	238
APÉNDICE 3: MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA SOLDADURA DE LAS TARJETAS.....	239
APÉNDICE 4: MULTIVOTO COMPLETO .....	239
APÉNDICE 5: INFORMACIÓN COMPLETA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	239
APÉNDICE 5.1: ALTURA DE LA SOLDADURA DE LAS TARJETAS.....	239
APÉNDICE 5.2: ORDEN DE LAS PRUEBAS .....	241
APÉNDICE 5.3: RESULTADOS DEL DOE CON EL THERMODE DE CADENCE .....	242
APÉNDICE 5.4: RESULTADOS DEL DOE CON EL THERMODE ESTÁNDAR .....	243
APÉNDICE 6: MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA SOLDADURA DESPUÉS DE LA ESCALACIÓN AL VENDOR .....	244
APÉNDICE 7: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE HOT BAR MEJORADO.....	247
APÉNDICE 8: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE INSPECCIÓN Y RETRABAJO .....	247
APÉNDICE 9: INFORMACIÓN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA ANTERIOR Y DEMANDA ACTUAL .....	248
APÉNDICE 10: DISTRIBUCIÓN DE PROCESOS A LOS ASOCIADOS DE LA LÍNEA DE CADENCE .....	249
APÉNDICE 11: CÁLCULO DE IPK PARA EL BALANCE DE LÍNEA.....	250
ANEXO 1: INFORMACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA EN EL PRODUCTO CADENCE .....	251

## TABLAS

Tabla 2.5: Cantidad de empleados de la empresa Samtec Interconnect Assembly.....	46
Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico .....	57
Tabla 4.1: Project Charter.....	66
Tabla 4.3: Séptima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	90
Tabla 4.4: Pregunta 14 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	95
Tabla 4.5: Pregunta 15 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	97
Tabla 4.6: Tabla Westinghouse .....	117
Tabla 4.7: Tabla del estudio de tiempos del proceso actual .....	118
Tabla 4.8: Especificaciones y tolerancias de la soldadura en las tarjetas del producto Cadence.....	119
Tabla 4.9: Multivoto de las causas.....	128
Tabla 4.10: Información para la elaboración del diagrama de Pareto.....	130
Tabla 4.11: Parámetros de temperatura según el sistema PICS.....	144
Tabla 4.12: Parámetros de temperatura producto estándar .....	144
Tabla 5.1: Programa de capacitación.....	182
Tabla 5.2: Cuadro comparativo del proceso actual vs la propuesta de mejora.....	187
Tabla 5.3: Cuadro resumen de la reducción de tiempos por turno .....	188
Tabla 5.4: Cuadro comparativo del estudio de tiempos del proceso de hot bar.....	191
Tabla 5.5: Actualización de tiempos en el sistema de los procesos de hot bar, inspección y reparación.....	193
Tabla 5.6: Cálculo del takt time y análisis respectivo .....	195
Tabla 5.7: SOP de seguimiento del balance de línea.....	209
Tabla 5.8: Cálculo de los costos de inversión .....	215
Tabla 5.9: Cálculo del ROI.....	216

## FIGURAS

Figura 2.1: Ejemplo de la metodología DMAIC .....	16
Tabla 2.1: Ejemplo de un Project Charter .....	17
Figura 2.2: Ejemplo de análisis FODA .....	18
Figura 2.3: Ejemplo de un diagrama SIPOC .....	20
Figura 2.4: Ejemplo de un diagrama de flujo.....	21
Figura 2.5: Ejemplo de un Gemba Walk .....	22
Figura 2.6: Ejemplo de un círculo de Ohno.....	23
Figura 2.7: Ejemplo de encuesta .....	24
Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de barras .....	25
Figura 2.9: Ejemplo de un histograma .....	26
Tabla 2.2: Etapas fundamentales para realizar un estudio de trabajo.....	27
Figura 2.10: Ejemplo de lluvia de ideas .....	28
Figura 2.11: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	30
Figura 2.12: Ejemplo de un procedimiento de multivoto .....	31
Figura 2.13: Ejemplo de un diagrama de Pareto.....	32
Tabla 2.3: Ejemplo de una herramienta de 5 porqués .....	33
Figura 2.14: Ejemplo de DOE.....	34
Figura 2.15: Ejemplo de indicadores KPI.....	35
Figura 2.16: Ejemplo de una capacitación .....	36
Tabla 2.4: Ejemplo de un balance de línea .....	36
Figura 2.17: Ejemplo de un diagrama de espaguetti .....	37
Figura 2.18: Ejemplo de un diagrama de Gantt.....	38
Figura 2.19: Reuniones Kaizen .....	39
Figura 2.20: Ejemplo de una distribución de planta.....	40
Figura 2.21: Ejemplo de un procedimiento estándar (POE).....	41
Figura 2.22: Ejemplo de auditorías .....	42
Figura 2.23: Ubicaciones de las plantas de manufactura de la empresa Samtec Interconnect Assembly ...	44
Figura 2.24: Mapa satelital de Samtec Interconnect assembly .....	45
Figura 2.25: Organigrama de Samtec Interconnect Assembly .....	45
Figura 2.26: Tipos de productos fabricados por la empresa Samtec Interconnect Assembly.....	47
Figura 2.27: Los 25 principales clientes de la empresa Samtec Interconnect Assembly.....	48
Figura 2.28: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ensambles complejos .....	49
Figura 2.29: Orden de la línea de producción .....	50
Figura 3.1: Enfoques de investigación .....	53
Figura 3.2: Metodología DMAIC para realizar la investigación.....	54
Tabla 3.1: Project Charter de la investigación .....	56
Figura 3.4: Diagrama de flujo del proceso para la recolección y análisis de datos .....	61
Figura 4.1: Proyección de aumento de la demanda del producto Cadence.....	64
Figura 4.2: Análisis FODA de la empresa .....	67

Tabla 4.2: Matriz de estrategias FODA.....	70
Figura 4.3: Diagrama SIPOC del sistema productivo de Samtec Interconnect Assembly .....	72
Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso de manufactura.....	76
Figura 4.5: Gemba Walk de la línea de Seac.....	79
Figura 4.6: Instrucción de PICS del proceso actual de hot bar .....	81
Figura 4.7: Parámetros de la hot bar #1 .....	82
Figura 4.8: Parámetros de la hot bar #2 .....	83
Figura 4.9: Alturas de soldaduras de las tarjetas según PICS .....	84
Figura 4.10: Comportamiento de la altura de la soldadura en el material.....	85
Figura 4.11: Primera pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	86
Figura 4.12: Segunda pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	87
Figura 4.13: Tercera pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	87
Figura 4.14: Cuarta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	88
Figura 4.15: Quinta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	89
Figura 4.16: Sexta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	89
Figura 4.17: Octava pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	91
Figura 4.18: Novena pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	92
Figura 4.19: Décima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	92
Figura 4.20: Undécima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	93
Figura 4.21: Duodécima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	94
Figura 4.22: Pregunta 13 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	94
Figura 4.23: Pregunta 13 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	96
Figura 4.24: Pregunta 15 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac.....	99
Figura 4.25: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operaria 1.....	102
Figura 4.26: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operaria 2.....	104
Figura 4.27: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 3.....	106
Figura 4.28: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 4.....	108
Figura 4.29: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 5.....	110
Figura 4.30: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 6.....	112
Figura 4.31: Infograma del diagrama bimanual sobre el proceso de hot bar .....	114
Figura 4.32: Medición de la altura de la soldadura en las tarjetas.....	120
Figura 4.33: Lluvia de ideas .....	121
Figura 4.34: Diagrama de Ishikawa .....	123
Figura 4.35: Diagrama de Pareto .....	131
Figura 4.36: Primera causa, 5 porqués .....	133
Figura 4.37: Segunda causa, 5 porqués .....	135
Figura 4.38: Tercera causa, 5 porqués .....	137
Figura 4.39: Cuarta causa, 5 porqués.....	139
Figura 4.40: Histograma del estado actual de la materia prima.....	141
Figura 4.41: Vista frontal del thermode actual interactuando con el cable y la tarjeta .....	143
Figura 4.42: Vista frontal del thermode estándar con interacción en el cable y la tarjeta .....	143
Figura 4.43: Banda de soldadura utilizada en el proceso de hot bar.....	145

Figura 4.44: Modo de uso de la banda de soldadura en el proceso de hot bar.....	146
Figura 4.45: Estación de alineamiento implementada en el proceso de hot bar .....	147
Figura 4.46: Prueba con thermode Cadence/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda.....	149
Figura 4.48: Prueba con thermode Cadence/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda .....	149
Figura 4.47: Prueba con thermode Cadence/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda .....	150
Figura 4.48: Prueba con thermode Cadence/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda .....	151
Figura 4.49: Prueba con thermode estándar/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda .....	151
Figura 4.50: Prueba con thermode estándar/perfil PICS /tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda .....	152
Figura 4.51: Prueba con thermode estándar/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda.....	153
Figura 4.52: Prueba con thermode estándar/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda.....	153
Figura 4.53: Análisis con thermode de Cadence, proceso de hot bar .....	154
Figura 4.54: Interrelación de las variables con thermode de Cadence, proceso de hot bar .....	155
Figura 4.55: Análisis con thermode de Cadence, proceso de inspección .....	156
Figura 4.56: Interrelación de las variables con thermode de Cadence, proceso de inspección .....	157
Figura 4.57: Análisis con thermode de Cadence, proceso de e-test .....	158
Figura 4.58: Interrelación de las variables con thermode de Cadence, proceso de e-test .....	159
Figura 4.59: Análisis con thermode estándar, proceso de hot bar.....	160
Figura 4.60: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de hot bar.....	161
Figura 4.61: Análisis con thermode estándar, proceso de inspección .....	162
Figura 4.62: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de inspección .....	163
Figura 4.63: Análisis con thermode estándar, proceso de e-test .....	164
Figura 4.64: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de e-test.....	165
Figura 4.65: Output actual alcanzado en el proceso actual de hot bar .....	167
Figura 4.66: Yield actual alcanzado del proceso de e-test.....	168
Figura 5.1: Información de los parámetros de temperatura utilizados antes en el sistema PICS.....	172
Figura 5.2: Información de los parámetros de temperatura actualizados en el sistema PICS .....	172
Figura 5.3: Thermode viejo.....	174
Figura 5.4: Thermode nuevo .....	175
Figura 5.5: Instrumento de medición (dropgauge).....	177
Figura 5.6: Resultado de la medición de las tarjetas después de la escalación con el vendor .....	178
Figura 5.7: Propuesta del nuevo método estipulado en el proceso de hot bar .....	184
Figura 5.8: Propuesta del nuevo método estipulado en el proceso de hot bar .....	190
Figura 5.9: Balance de línea.....	197
Figura 5.10: Diagrama de espagueti.....	200

Figura 5.11: Yield alcanzado del proceso de e-test después de la mejora realizada en el proceso de hot bar .....	202
Figura 5.12: Diagrama de Gantt de ejecución del proyecto .....	205
Figura 5.13: Diagrama de Gantt para el control de la propuesta 4.....	206
Figura 5.14: Distribución de planta antes de la implementación de la estación de alineamiento .....	207
Figura 5.15: Distribución de la planta después de la implementación de la estación de alineamiento .....	208
Figura 5.16: Diagrama de flujo de la propuesta 5.....	211
Figura 5.17: Enfoques de las auditorías al balance de línea.....	213
Figura 5.18: Enfoques de las auditorías del seguimiento de los procesos .....	214

## DEDICATORIA

Quisiera dedicar este logro a mi familia, especialmente a mi padre por su inagotable apoyo y comprensión a lo largo del camino; pese a que ya no se encuentra conmigo, siempre fue un gran soporte durante mi carrera profesional y personal.

A mi hijo, quien ha sido la motivación más importante para continuar desarrollando mi carrera profesional y a mi esposo, por ser un apoyo incondicional durante la ejecución de este proyecto.

A mis colegas en la empresa Samtec Interconnect Assembly y mentores de la Universidad Central, por su guía invaluable y enseñanzas que han enriquecido mi crecimiento profesional.

A todas las personas que creyeron en mí, este logro es también suyo.

¡Gracias por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica y laboral!

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar un sincero agradecimiento a mi tutora Katherine Carvajal, por su orientación experta, paciencia y estímulo durante todo el proceso de investigación; sus consejos y sabiduría fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco profundamente a mis padres y familiares por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificios que hicieron posible mi educación y la culminación de este proyecto.

Asimismo, extiendo mi gratitud a mis amigos cuya motivación y ánimo fueron un soporte invaluable en cada etapa de este camino.

Me gustaría reconocer el apoyo por parte de la empresa Samtec Interconnect Assembly, la cual me brindó recursos, datos y oportunidades para llevar a cabo esta investigación. Por último, a todos aquellos que directa o indirectamente contribuyeron a este proyecto, les doy gracias, su apoyo ha dejado una huella imborrable en esta etapa de mi vida académica.

# EPÍGRAFE

“El único modo de hacer un gran trabajo es amar lo que haces”.  
Steve Jobs

## RESUMEN

El estudio se realizó en la empresa de manufactura electrónica Samtec Interconnect Assembly, dedicada a la elaboración de productos electrónicos como conectores y cables de alta velocidad (área HDR), específicamente en la línea de producción de Seac, en el proceso de *hot bar*, para reducir la ineficiencia en la producción.

En el proceso mencionado, se efectúa el soldado del cable a la tarjeta usando máquinas que generan transferencia de calor y unen la materia prima (cable y tarjetas); así, con el proyecto se pretendió mejorar la eficiencia del proceso al abarcar diferentes puntos de mejora para cumplir con la demanda solicitada por el cliente.

Para la ejecución de los puntos indicados, se recolectó información utilizando técnicas exploratorias y descriptivas en el proceso involucrado, de esa manera se detectaron las ineficiencias que ocurrían y el impacto que generaban a nivel de *output* de la línea, debido a que antes de que el proyecto fuera implementado no lograban alcanzar la meta de 94 cables por turno. De este modo, por medio del uso de distintas herramientas ingenieriles como lo fueron la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, se encontró la causa raíz de cada uno de los puntos generados en el 80/20. Además, se realizó un DOE con el propósito de identificar las mejores interacciones en las variables existentes para considerar las propuestas de mejora y control del presente proyecto, donde se realizó una revisión minuciosa del yield del proceso de *hot bar* con el fin de generar un seguimiento y asegurar la calidad del producto luego del cambio, el cual arrojó un yield del 91%, lo que logra asegurar que el proyecto no generó una afectación en el cable y la implementación puede realizarse sin ningún riesgo.

Cabe destacar que luego de diversas observaciones en el proceso de investigación, se concluyó que sí se cumplió el objetivo formulado en la investigación, pues se llevó a cabo un análisis de las causas y se encontraron las respectivas soluciones que disminuyeron las ineficiencias del proceso de *hot bar*, las cuales fomentaron el incremento de la producción de la línea en un 14% queriendo decir que la meta pasó de 94 a 110 cables por turno, cumpliendo así el requerimiento del aumento de demanda por parte del cliente.

Palabras clave: DMAIC, DOE, balance de línea, Six Sigma, Kaizen, ineficiencia.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio se realiza en la empresa de manufactura electrónica Samtec Interconnect Assembly, dedicada a la producción de cables y componentes eléctricos para clientes muy importantes a nivel global.

En la actualidad estos ensambles son construidos en un área controlada llamada HDR, donde se encuentran diversas líneas y procesos de producción, siendo una de sus líneas de alto volumen la denominada Seac del producto Cadence, en la cual se presenta un aumento significativo en la demanda, ya que actualmente se presenta una solicitud constante de 1000 cables semanales desde Abril 2023, sin embargo se presentó un incremento por parte del cliente para aumentar la producción de ensambles a partir del mes de enero de 2024 donde pasará a 1550 por semana.

Por lo tanto, el Departamento de Producción decidió contactar al equipo de ingeniería para llevar a cabo un debido análisis en el proceso de *hot bar*, ya que con la capacidad y las condiciones actuales del proceso no se cumple el output actual por lo que no es posible cumplir con el compromiso solicitado con el cliente.

Tomando como referencia la información suministrada por parte del Departamento de Producción, se adjunta en el anexo 1 el detalle del gráfico, donde se aprecia la proyección de la demanda para el producto en estudio.

De acuerdo con el comportamiento de la demanda solicitada por el cliente, el proyecto se enfoca en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de esta demanda, centrándose en el proceso de *hot bar*, el cual está conformado por una máquina semiautomática que suelda el cable a la tarjeta por medio de transferencia de calor a elevadas temperaturas, además es operada por un asociado que alinea los cables a la tarjeta y activa el ciclo de la máquina.

Específicamente en este proceso se realizan diferentes estudios y análisis para detectar las ineficiencias que se presentan en el proceso actual, con el fin de incrementar la producción sin comprometer la calidad del producto y atacar las causas más importantes que permitan alcanzar el objetivo principal, a saber, incrementar la producción de la línea para cumplir con el compromiso solicitado por el cliente.

Cabe destacar que se toma la información necesaria de base de datos de Samtec Interconnect Assembly y de los conocimientos del personal operativo y administrativo,

con el propósito de efectuar las pruebas necesarias con el producto y, así, encontrar las causas más significativas que puedan generar un impacto positivo en el objetivo propuesto, además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.

Por lo q ¿Cuáles son las acciones que van a generar el incremento de la eficiencia en la producción del proceso de *hot bar* para cumplir con la demanda adquirida con el cliente Cadence?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Evaluar el proceso de *hot bar* en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permitan incrementar la eficiencia de la producción.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar, mediante un análisis de contexto y caracterización de procesos, la situación actual del proceso de *hot bar*, para identificar los factores que influyen en la falta de eficiencia en la producción de la línea.
- Analizar, por medio del uso de estudio del trabajo, las variables que intervienen en el proceso y la forma en la que afectan los requerimientos solicitados por el cliente.
- Evaluar el comportamiento de las variables mediante el análisis de la información recolectada, que permita determinar la mejor manera de realizar el proceso de *hot bar* y, así, disminuir el tiempo ciclo.
- Proponer alternativas de mejora por medio de un plan piloto, con el fin de incrementar la capacidad de producción del proceso de *hot bar* en al menos un 10 %.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente el área de HDR experimenta un crecimiento debido al aumento de los pedidos solicitados por los clientes más importantes, entre ellos se encuentra el producto Cadence, el cual es la línea donde se desarrolla el presente estudio. De este modo, la satisfacción en cuanto a la demanda del cliente es fundamental para el éxito de la empresa local, porque la confianza puesta en Costa Rica para adquirir un incremento de la demanda para este producto pone en balanza la credibilidad y la capacidad de responder de una manera eficiente a las necesidades del cliente.

Por esta razón, el equipo de producción decidió contactar a los ingenieros de proceso con el propósito de realizar un estudio y análisis para encontrar las causas que pueden

estar ocasionado la incapacidad del proceso actual en cuanto al cumplimiento de la demanda solicitada por el cliente y, asimismo, buscar alternativas de solución con el fin de optimizar el proceso para incrementar la capacidad y lograr cumplir el objetivo propuesto sin afectar la calidad del producto.

En relación con lo indicado, Macías y Gil (2018) concluyen lo siguiente:

Una forma en la que una organización puede tener éxito en sus labores es conocer su capacidad para cubrir las demandas del mercado, que pueden alcanzar las expectativas de la organización de poder cubrir con los pedidos que se realizan, o en alguno de los casos pueden superar estos niveles de cumplimiento. Esto lo determinan los análisis que se realizan en la organización y que son la base de las operaciones de producción, ya que de esta manera todos los departamentos de la empresa pueden planificar los recursos que se necesita para suplir los pedidos que se han recibido.

Estos análisis se hacen según estimaciones que el mercado puede requerir, esto es, no son exactos por lo que quienes dirigen la organización deben saber que pueden variar dependiendo de factores externos que hacen variar las necesidades y requerimientos del mercado, lo que hace aún más competitivo y complica poder cubrir dichos pedidos.

Estamos seguros de que, si sabemos utilizar la capacidad de producción con la que contamos basándonos en satisfacer las necesidades del cliente, colocaremos en el mercado productos y servicios de calidad, de bajo costo, y que llenen las expectativas del consumidor (Ganser, 2003).

Como el volumen de producción posible de alcanzar con una combinación dada de los factores fijos de producción en un cierto tiempo, en cada una de las funciones y centros de actividad en los que puede dividirse una unidad económica (Reyes, Betancourt, Fores y Cabrera, 2013).

Sus determinantes son los recursos físicos que se poseen y que surgen del proyecto de inversión. La capacidad podrá ser expresada según el tipo de actividad en términos de tiempo y de productos obtenidos por unidad de tiempo o productividad técnica (Reyes, Betancourt, Fores y Cabrera, 2013).

La elaboración de este proyecto es justificable, ya que los puntos expuestos son importantes para el plan de mejora continua con el que la empresa está alineada y por los beneficios reflejados en la optimización del proceso, aumento de producción y mantenimiento de la calidad del producto.

## **1.4 ANTECEDENTES**

### **1.4.1 Antecedentes nacionales**

Un primer antecedente nacional es el documento titulado: *Diseño e implementación de un sistema de inspección para mejorar la eficiencia del proceso de aceptación visual de un sensor para el monitoreo de nivel de glucosa en una empresa de dispositivos para las ciencias de la vida*, elaborado por Carlos Villalobos Araya (2020), quien realizó un diagnóstico del proceso de inspección y determinó que era necesaria la optimización del mismo para deducir el tiempo ciclo y los costos del proceso.

Se detalla que este identificó previamente inconsistencias en la forma de inspección de los mismos, como la omisión de piezas defectuosas en el proceso, porque la inspección no se llevaba a cabo al 100 %, lo cual producía pérdidas de recursos necesarios de construcción.

El objetivo principal del trabajo fue diseñar una metodología de inspección por muestreo para mejorar la ineficiencia del proceso de aceptación para los sensores inspeccionados bajo microscopio y buscar la repetitividad del estudio en procesos similares a los sensores mediante la aplicación de herramientas ingenieriles que permitan aumentar la capacidad del proceso.

Ahora bien, la relación con el proyecto en curso se basa en el estudio y análisis efectuados, pues el autor generó una propuesta de mejora encaminada a conseguir el mejoramiento deseado con respecto a la ineficacia del proceso.

La segunda tesis es la realizada por Iliany Linette Rojas Vásquez (2019), denominada: *Propuesta para la optimización del proceso logístico de importación de materias primas en ProCan S. A.* En esta se llevó a cabo un estudio del proceso actual de manufactura e

importación, donde se detectaron ciertas ineficiencias en el proceso de compra y comunicación de eslabones.

De esta manera, a partir del análisis se concluyó una mala gestión debido a la falta de seguimiento e ineficiencias con las que cuenta el proceso, por lo cual se consideró como la principal causante.

El objetivo principal del trabajo fue analizar el proceso e identificar los cuellos de botella para atacar las ineficiencias existentes y optimizar el proceso aplicando herramientas ingenieriles como el estudio de tiempos, diagramas de causa raíz, diagramas de Pareto, entre otras.

Así, el autor desarrolló una investigación para reconocer los problemas del mantenimiento de los recursos, lo mismo que se pretende realizar en este trabajo en cuanto al almacenaje de los materiales conocidos como inventario.

Como tercera referencia se encuentra el estudio de Carolina Herrera Alfaro y María Fernanda Obando Amador (2022), titulado: *Incremento de la productividad en el área de bodega de Purdy Motor S. A., mediante herramientas de optimización durante el período 2020-2021.*

El problema se identificó debido a la preocupación de la empresa porque sus indicadores de proceso no llegaban a la meta, por lo que se necesitaba un proyecto de mejora para aumentar la productividad en la entrega de repuestos de bodega a asociados de otras áreas; de este modo, las autoras usaron herramientas de optimización generando cambios en los procedimientos y en otros aspectos de la empresa.

El objetivo principal del trabajo fue elaborar una propuesta de mejora de la productividad, donde principalmente se identificará el flujo del proceso actual, con el fin de obtener el tiempo de respuesta en la búsqueda y entrega de repuestos mediante el uso de herramientas de optimización.

Por lo tanto, se relaciona con la presente investigación porque el proceso de la empresa requiere también mejoras en su procedimiento e incrementar la productividad del área, por lo que necesita una observación participante y activa, fundamental para la identificación de las variables que impactan más en el proceso.

Una cuarta referencia es el estudio desarrollado por la autora Alejandra Amada Padilla Bonilla (2016), denominado: *Productividad y rendimiento de mano de obra de algunos procesos productivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR*. El estudio consistió en la determinación de rendimientos y productividades en los procesos constructivos, así como el control de la calidad de dichos procesos.

El objetivo principal fue determinar productividades y rendimientos de mano de obra en procesos constructivos de obra gris mediante el uso de herramientas que permiten el análisis de información e identificar los factores más importantes que impactan la productividad.

Así, se vincula con la investigación en curso porque busca aumentar la productividad y mantener la calidad mediante la aplicación de ingeniería industrial por medio de los cambios que se produzcan en el proceso, en busca de la optimización y mejora continua.

Por último, como quinta referencia se halla el estudio realizado por Carlos Cerdas Esquivel (2009), titulado: *Productividad de la mano de obra costarricense*.

Según se detalla en el estudio, el autor indicó que debido al aumento en la competitividad en el ambiente constructivo, se encontraron diferentes puntos de mejora en el área, por lo que en este caso el estudio detalló la importancia de poder aplicar distintas herramientas para buscar causas de raíz de los problemas.

El objetivo principal de la investigación fue identificar y analizar los factores que afectan la productividad de la mano de obra de construcción en Costa Rica, así como las herramientas de diagnóstico para su mejoramiento tales como estudios de tiempos, muestreos, gráficos con información detallada e importante, aplicación de balances de línea, entre otras.

Este trabajo se relaciona con el proyecto en curso, ya que se desea trabajar enfocándose en la optimización de procesos para obtener un aumento en la productividad en la empresa al aplicar diversas herramientas que conlleven a la búsqueda del objetivo.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

Un primer antecedente internacional es la tesis elaborada por Georgina Camila Flores Luquez, Norma Patricia Maltez Rodríguez e Itza Regina Urbina Arias (2020),

denominada: *Propuesta de mejora en el proceso de despacho para el aumento de la productividad en el Centro de Distribución Walmart Mateare, Managua.*

Esta cuenta con la información de una optimización en el área de despacho de la empresa, en la que se posibilitó aumentar la medida de producción por bulto por hora por la disminución de los tiempos ciclo, obteniendo retribuciones e incrementando el desempeño durante la jornada.

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis del proceso de despacho mediante diferentes herramientas ingenieriles que permitan disminuir el tiempo del proceso para aumentar la productividad del área.

La segunda tesis es desarrollada por Jaime Antonio Mendieta Toruño, Yoleynys Yorlenys Reyes Arce y Kevin Javier Peralta Chavarría (2020), titulada: *Propuestas de mejoras al proceso de trillado del arroz 80/20 en la Arrocería del Sur mediante la metodología DMAIC, para el aumento de la eficiencia en un 42 % durante el período de abril-diciembre del año 2020.*

La problemática que detalla el proyecto se encontró en el área de producción, por medio del análisis de la máquina descascaradora, identificando variables que intervienen en la capacidad del proceso del trillado.

El objetivo de esta investigación fue diseñar propuestas de mejoras al proceso de trillado del arroz 80/20 en la Arrocería del Sur con la metodología DMAIC, para aumentar las ganancias en 8 horas laborales. Por lo tanto, se usaron diferentes herramientas con la finalidad de lograr el objetivo propuesto.

El trabajo se relaciona con la investigación actual porque se desea hacer una indagación en la línea para analizar las ineficiencias y variables respectivas del proceso y, así, efectuar los distintos estudios para la optimización del proceso e incremento de la productividad.

La tercera tesis corresponde a la hecha por Marvin Martínez (2014), denominada: *Análisis de la incidencia del manejo y control de los inventarios en la rentabilidad financiera de la empresa Richardson Bunge S. A., en el año 2014.*

La investigación se realizó con fines financieros de la empresa, ya que pretende visualizar la cantidad de materiales consumidos y cuáles tienen baja rotación, así como su incidencia y la gestión estratégica financiera con la que cuenta cada uno.

El objetivo principal del proyecto fue analizar la incidencia del manejo y control de los inventarios en la rentabilidad financiera en la empresa Richardson Bunge S. A en el año 2014.

Un cuarto antecedente es el trabajo elaborado por Félix Francisco Ricaurte Lucín (2014), titulado: *Optimización de los procesos que se desarrollan en la empresa Sadinsa S. A.*

Esta investigación se llevó a cabo debido al incremento potencial de demanda en la empresa, por lo cual su propósito fue optimizar los diferentes procesos para cubrir la necesidad solicitada por el cliente, mejorando el desempeño en indicadores, tiempo y costos.

El objetivo principal del proyecto fue desarrollar un estudio para optimizar los procesos mediante la aplicación de herramientas de mejora continua que permitan perfeccionar la gestión de proyectos en la empresa.

La investigación se vincula al trabajo actual al pretender optimizar el proceso en estudio por la solicitud de un aumento de demanda, por lo que se deben considerar algunas variables que favorecerán a nivel de tiempos, costos y productividad.

La quinta tesis es la realizada por Christian Andrés Granizo Córdova (2018), denominada: *Optimización de los procesos de una empresa comercial caso: BC Llantas.*

Esta se enfocó en la pérdida de ingresos de la empresa por la falta de optimización de procesos, lo que provocaba una disminución de la productividad. De este modo, se decidió optar por una optimización mediante la automatización de los procesos, eliminación de funciones innecesarias, ahorro de tiempo en las actividades, reestructuración de funciones, aumento de la productividad e incremento de ingresos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar los diversos procesos y utilizar diferentes herramientas para optimizarlos y maximizar la productividad de la empresa.

Este trabajo se vincula al proyecto actual porque se desean analizar los puntos por mejorar, como la eliminación de mudas; aumentar la productividad y reducir el tiempo ciclo del proceso.

Por último, se encuentra la tesis realizada por Darío Alejandro Chóez Sánchez (2019), titulada: *Propuesta de optimización de los procesos productivos en la empresa Bolanshet*. En esta se estudian las inconsistencias de los procedimientos estimulados por la empresa, ya que hubo una disminución en la utilidad respecto a años anteriores, lo cual produjo que la empresa necesitara un plan estratégico para optimizar los procesos y aumentar nuevamente la productividad sin afectar la calidad de los productos elaborados. Por eso, el objetivo del proyecto se basó en generar una propuesta de optimización de los procesos productivos según el análisis y los resultados obtenidos de dicho estudio. Esta se asocia con la actual investigación al buscar mejorar los procesos para aumentar la productividad de la línea sin afectar la calidad del producto, por eso en el proyecto en curso se pretende observar el proceso como tal y hacer los análisis respectivos, con la finalidad de conseguir el objetivo propuesto.

## **1.5 PROYECCIONES**

El estudio en la empresa de componentes electrónicos Samtec Interconnect Assembly tiene como objetivo incrementar la eficiencia de la producción en el proceso de *hot bar* en la línea de Seac en el producto Cadence, para lograr el cumplimiento de la demanda solicitada con el cliente.

A partir de la ejecución del proyecto, se espera reducir el tiempo ciclo del proceso, costos y mudas, además de implementar una estación de alineamiento que permita incrementar la producción total en la línea en al menos un 10 %.

Para conseguir el objetivo mencionado, se utilizan herramientas ingenieriles con las que se espera hacer el análisis de la información recolectada en cada punto generado en el estudio.

### 1.5.1 Alcances

- El presente estudio se realiza en la empresa Samtec Interconnect Assembly, específicamente en el Departamento de HDR, en la línea de producción Seac del cliente Cadence, donde se producen cables de alta velocidad que son conectados a otra maquinaria del cliente.
- Por medio de este proyecto, se espera incrementar la eficiencia en la producción de la línea en un 10 %, con el fin de cumplir con la demanda solicitada por el cliente.
- Asimismo, es importante destacar que el *output* actual de esta línea es de 94 cables por turno, pero con la implementación del proyecto en gestión se estaría aumentando la producción de cables en alrededor de 9 unidades más por turno. Ahora bien, al considerar el costo de cada unidad, que es de \$ 68, y un incremento en la producción de 27 cables por día, multiplicado por los 5 días laborales, significa incrementar la producción de la línea a 135 unidades más, esto representa un beneficio económico de \$ 9 180 aproximadamente por semana, cumpliendo con la demanda solicitada por el cliente.

### 1.5.2 Limitaciones

No se visualizaron limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Las herramientas que una organización desee implementar le permiten cumplir con el fin para el cual se creó de forma eficaz y eficiente, pero asimismo debe emplear los recursos de manera racional para obtener los resultados deseados.

A continuación, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del estudio.

### 2.1.1 Metodología DMAIC

En cuanto a los orígenes de la metodología Seis Sigma, González y González (2003) mencionan:

[...] es muy poca y se remonta a 1986, cuando Bill Smith un ingeniero de medio nivel de Motorola, presentó una investigación en la que concluía que, si un producto defectuoso era corregido durante el proceso de producción, otros productos defectuosos no serían detectados hasta que el cliente final los recibiera. Mientras que, por otro lado, si un producto era elaborado libre de errores, el producto rara vez le faltaría al cliente.

Esta es una herramienta enfocada en la mejora continua, la cual consta de cinco pasos y, una vez terminada, puede reiniciarse. Al respecto, Mineto (s.f.) señala:

DMAIC es el acrónimo en inglés para cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar (*Define, Measure, Analyze, Improve y Control*). Cada uno de estos pasos debe realizarse en el orden D-M-A-I-C y, si al final del ciclo el resultado esperado no se alcanza, el ciclo se debe reiniciar. Este proceso debe repetirse hasta que se alcance la mejora deseada.

Aunado a lo anterior, el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) indica:

Seis Sigma, es una filosofía de operación y una estrategia de negocios que aplican las organizaciones comprometidas con la satisfacción del cliente, la cual se basa en un manejo eficaz y eficiente de los datos, métodos, con diseños robustos, que permiten eliminar la variabilidad en los procesos, buscando resultados más tangibles en términos de explotación y financieros (p. 114).

Ahora bien, para aplicar el Seis Sigma o DMAIC, se deben considerar algunas características importantes de este instrumento:

- Enfoque centrado en las expectativas del cliente y en la capacidad para atender la demanda de un mercado en constante evolución.
- Enfoque de gestión en la detección de los problemas inducidos por los procesos de bajo rendimiento que provocan pérdidas internas (rechazos, repeticiones, costos), que ponen en grave peligro la rentabilidad de la empresa y, por consiguiente, su sostenibilidad.
- Una descripción detallada de las actividades de los procesos en las que se buscan las variables que pueden influir y se clasifican debido a su naturaleza, de la posibilidad de medirlas, etc.
- Uso generalizado de herramientas prácticas y estadísticas.
- Alto grado de participación de todos los actores de la organización.
- Participación de los proveedores.
- Un cambio de cultura organizacional en relación con la forma de intentar conseguir los beneficios.
- Invierte en las personas con potencial independientemente de sus habilidades iniciales, de su grado de conocimientos o de su cargo en la organización (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009, p. 114).

Por tanto, Seis Sigma es una metodología que ayuda a conformar las herramientas estadísticas utilizadas para tomar decisiones tras un análisis exhaustivo de la información que se logre recolectar, con el propósito de brindar un servicio de calidad al cliente.

A continuación, se muestra una figura con el ciclo del Seis Sigma:

Figura 2.1: Ejemplo de la metodología DMAIC



Fuente: Minetto, s.f.

### 2.1.2 Project Charter

Business School Barcelona (2023) establece en relación con el Project Charter:

Un Project Charter es un documento donde se plasma toda la información clave relativa a un proyecto al más alto nivel con el objetivo de que la esencia de ese proyecto quede consensuada y sintetizada en un documento único que no sufrirá modificaciones a lo largo del tiempo y que por tanto servirá de guía a todos los implicados.

Tabla 2.1: Ejemplo de un Project Charter

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Sistema de Gestión de Comercio Electrónico	GESTIONICO
DESCRIPCION DEL PROYECTO	
<p>Desarrollar un una página Web donde los clientes y sucursales pueda hacer sus pedidos a través de la página sin tener preocupación de no ser atendido. De igual manera agilizar el trabajo de compra y venta para desarrollarlo en menor tiempo ahorrando tiempo y costos.</p> <p>El equipo del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Sponsor : Victoria Guillen</li> <li>✦ Jefe de Proyecto : Jazmina Guzman</li> <li>✦ Analista Funcional : Franklyn Bravo</li> <li>✦ Analista Programador : Everth Martínez</li> <li>✦ Analista de Calidad : Jaime Huerta</li> </ul> <p>El proyecto será realizado desde el 19 de Enero hasta el 17 de Abril del 2015 por todo el equipo del proyecto en las instalaciones de COLD IMPORT S.A</p>	
DEFINICION DEL PRODUCTO DEL PROYECTO	
<p>Software que permite registrar los pedidos de los clientes y sucursales vía web, permite controlar el stock de cada almacén y ayuda a gestionar la compra, también permite visualizar los reportes para un mejor control y seguimiento de los proceso en línea.</p> <p>Los entregables son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Gestión de proyecto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Acta de Constitución</li> <li>❖ Plan de Gestión</li> <li>❖ Informe de Seguimiento</li> <li>❖ Acta de Cierre</li> </ul> </li> <li><b>Análisis y Diseño:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Modelo del Negocio</li> <li>❖ Modelo de Requerimiento</li> <li>❖ Modelo de Análisis</li> <li>❖ Modelo de Diseño</li> <li>❖ Prototipos</li> </ul> </li> <li><b>Desarrollo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Módulo de Seguridad</li> <li>❖ Módulo de Gestión de Ventas</li> </ul> </li> </ul>	

Fuente: Santos, 2023.

### 2.1.3 Análisis FODA

Riquelme (2016) expresa acerca del análisis FODA lo siguiente:

El análisis FODA es una herramienta de planificación estratégica, diseñada para realizar un análisis interno (Fortalezas y Debilidades) y externo (Oportunidades y Amenazas) en la empresa. Desde este punto de vista la palabra FODA es una sigla creada a partir de cada letra inicial de los términos mencionados anteriormente.

Como bien se indica en el párrafo anterior, el análisis se divide en 2 análisis, los cuales son:

**Análisis interno:** Este considera las fortalezas y debilidades que tiene la organización, y pueden ser influenciadas por la misma.

**Análisis externo:** Este toma en cuenta las oportunidades que tiene la empresa a lo externo de la organización, así como las amenazas, es por eso por lo que la empresa no tiene control de ellas y son situaciones importantes por valorar ya que ayudan en un futuro próximo (Espinosa, 2019).

Dentro del objetivo del análisis FODA, se encuentran las siguientes 4 etapas:

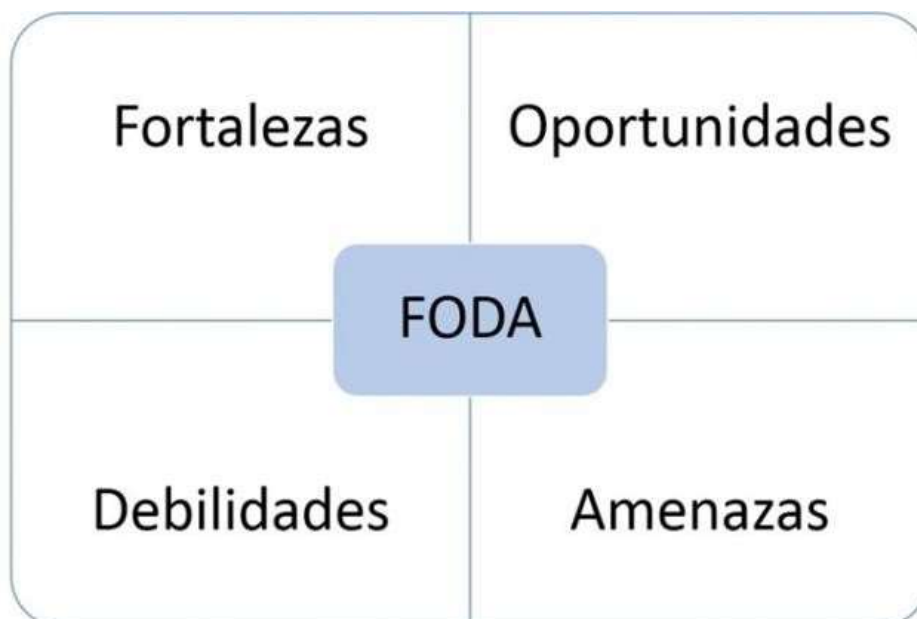
**Fortalezas:** En esta etapa se identifican cuáles son los atributos que le generan una ventaja competitiva a la empresa sobre el resto de sus competidores.

**Oportunidades:** Son factores positivos que si se logran trabajar pueden convertirse luego en fortalezas dentro de la organización.

**Debilidades:** Son todos aquellos elementos que contribuyen a que la empresa posea ciertas barreras para llevar a cabo una buena marcha dentro de la institución.

**Amenazas:** Son situaciones que pueden generarle cierta desventaja directa a la empresa, por lo cual una vez que se identifican es necesario crear un plan estratégico para ser atacadas y solucionadas.

Figura 2.2: Ejemplo de análisis FODA



#### 2.1.4 Diagrama de SIPOC

Es una herramienta que permite visualizar el proceso de manera sencilla y general. Este esquema puede aplicarse a procesos de todos los tamaños y a todos los niveles, incluso a toda la organización. Además, se visualiza la interacción que tienen los procesos en la organización al observarse cómo el resultado de un proceso se convierte en la entrada de otro y al final se convierten en procesos interrelacionados entre sí. (Hernández,2019)

A continuación, se desglosan las siglas en inglés SIPOC:

**Suppliers (proveedores):** Hace referencia a la persona, departamento o *software* que entrega insumos al proceso.

**Inputs (entradas):** Son los recursos necesarios para que el proceso ocurra, como materia prima, información, datos, documentos, etc. Son dadas por un proveedor.

**Processes (procesos):** Se refiere a la secuencia de actividades. Normalmente un SIPOC no retrata el proceso a gran detalle, sino que muestra un macroproceso.

**Output (salidas):** Son los resultados del proceso, es decir, el producto o servicio que se obtiene por medio de la transformación de las entradas.

**Customer (clientes):** Hace referencia a la persona, departamento o *software* que recibe las salidas del proceso. (Hernández,2019)

Figura 2.3: Ejemplo de un diagrama SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3 ....	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

Fuente: Hernández, 2019.

### 2.1.5 Diagrama de flujo

Referente a los diagramas de flujo, Torres (2019) explica:

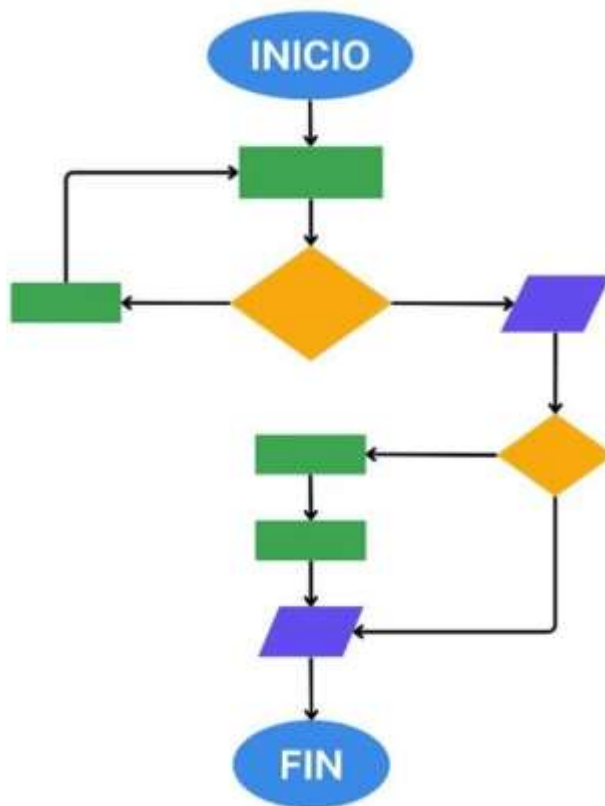
Un diagrama de flujo es una herramienta que visualiza gráficamente un proceso. Procura representar los pasos que sigue un proceso desde que se inicia hasta que se termina y para ello se utiliza una serie de elementos visuales que ayudan a dibujar cada paso que sigue un proceso. [...]

Los diagramas de flujo son una herramienta muy utilizada para representar y estudiar los procesos de cualquier organización debido a una serie de características tales como:

- Es una herramienta sencilla de usar con un mínimo de formación/capacitación para dibujarlos e interpretarlos.
- Representa visualmente una forma esquemática de todos los pasos por los que atraviesa un proceso.
- Se utiliza una simbología en cada uno de los pasos que sigue un proceso.

- Se utiliza para dibujar un proceso complejo o dividir este en subprocesos y dibujar un diagrama de flujo por cada uno de ellos.
- Muestra el valor que se aporta en cada uno de los pasos para conseguir el objetivo final del proceso.
- Conforman una de las herramientas para conseguir la mejora continua en las organizaciones al estudiar y plantearte el cómo se desarrollan los procesos en las organizaciones.

Figura 2.4: Ejemplo de un diagrama de flujo



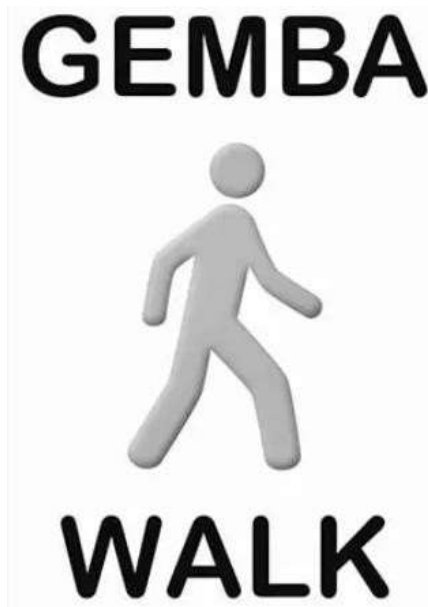
Fuente: Equipo de Enciclopedia Significados, 2023.

### 2.1.6 Gemba Walk

Una caminata Gemba tiene como objetivo hacer un recorrido por una línea o proceso determinado para poder observar los comportamientos o consultar a los asociados temas derivados de la productividad, con el fin de realizar mejoras con la retroalimentación brindada por los colaboradores.

El Gemba puede aportar a la empresa grandes beneficios ya que se originan esfuerzos importantes de mejora continua y ayuda a la implementación de los procesos en las operaciones, además de generar cultura organizacional y crear un lazo de confianza con los operarios para que se sientan abiertos a brindar sus ideas e incentivarlos al trabajo en equipo con grupos distintos. (Autor,2024)

Figura 2.5: Ejemplo de un Gemba Walk



Fuente: Six Sigma Free Training Guide, 2018.

### **2.1.7 Círculo de Ohno**

Esta herramienta consiste en trazar un círculo en el área donde se desea realizar la investigación y estudiar el proceso en particular durante un tiempo determinado para lograr visualizar los diferentes escenarios que se presentan durante ese tiempo y, de esa manera, identificar variables, mudas y puntos de mejora por medio de la presencia en ese lugar específico, como lo indicó su creador Taiichi Ohno (citado por Calidad Total, 2016): “Observe la planta de producción sin preconceptos y con la mente en blanco. Repita '¿por qué?' cinco veces por cada problema”. (Calidad total,2016)

Figura 2.6: Ejemplo de un círculo de Ohno



Fuente: Lean Solutions, 2019.

### 2.1.8 Encuestas

De acuerdo con Archenti (2012), se define la encuesta como “una técnica de producción de datos que, mediante la utilización de cuestionarios estandarizados, permite investigar sobre múltiples temas de los individuos o grupos estudiados: hechos, actitudes, creencias, opiniones, pautas de consumo, hábitos, prejuicios predominantes e intenciones de voto”.

Existen distintas maneras de implementar una encuesta, las cuales pueden distinguirse a partir del criterio de que se cuente o no con la participación del encuestador en la administración de la encuesta.

Figura 2.7: Ejemplo de encuesta



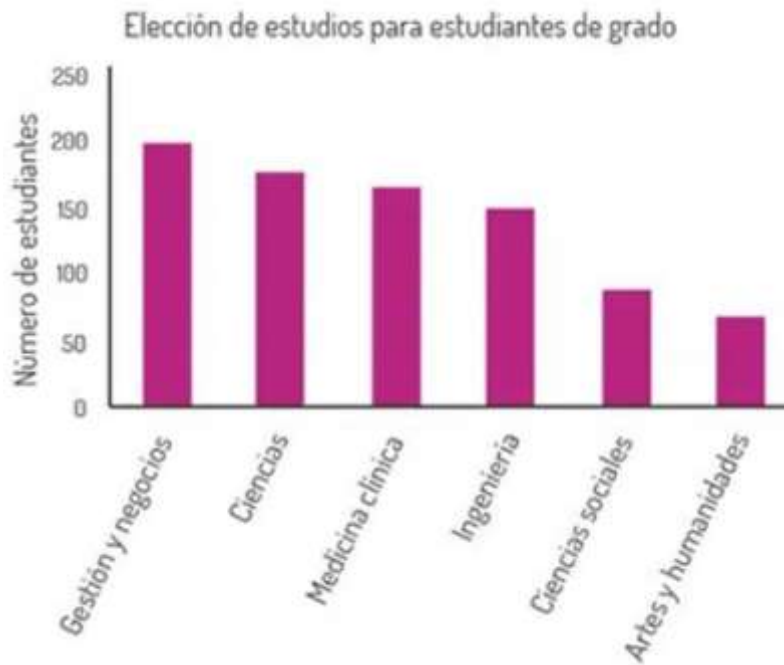
Fuente: Editorial Etecé,2024.

### **2.1.9 Gráfico de barras**

Respecto a esta herramienta, Díaz (2020) expresa:

Los gráficos de barras representan cantidades a lo largo de un período de un tiempo y son la mejor manera de mostrar la diferencia entre dos o más conjuntos de datos porque el espectador puede comparar fácilmente la longitud de las barras.

Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de barras



Fuente: Díaz, 2020.

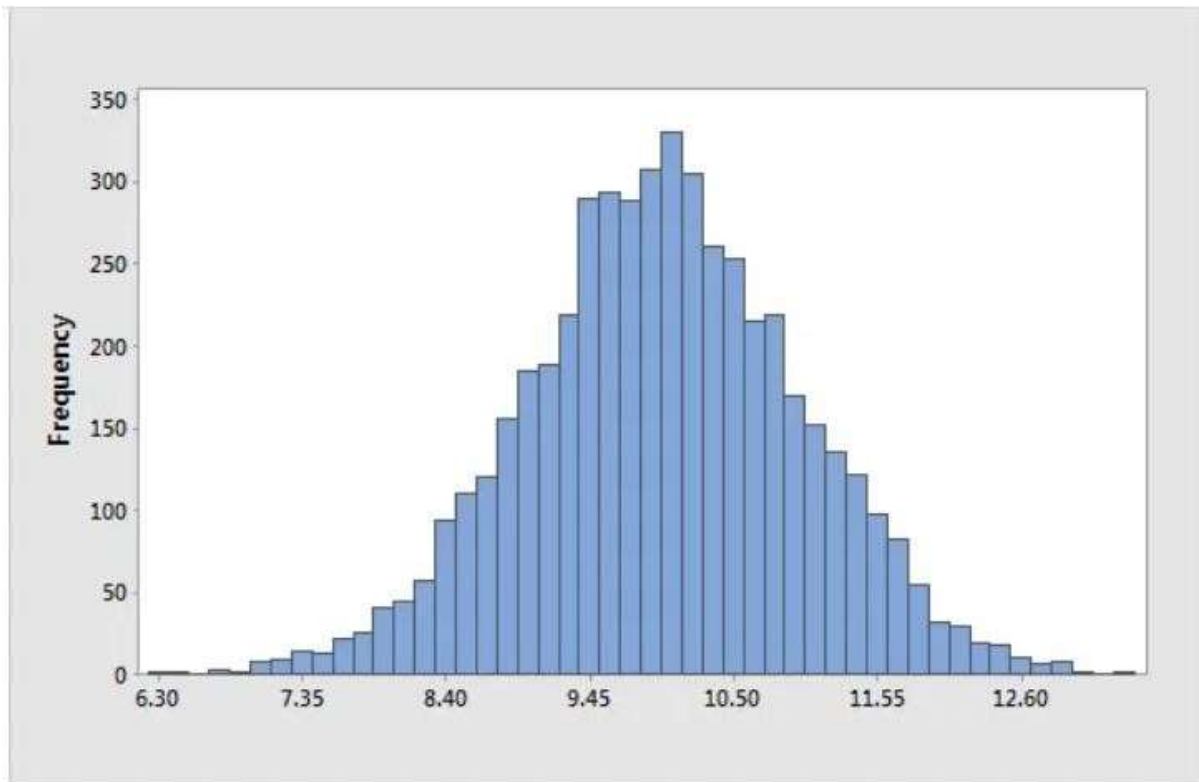
### 2.1.10 Histograma

Según Torres (2020), “Un histograma es un gráfico que permite representar la distribución de frecuencia (forma) de un conjunto de datos numéricos y es considerado como una de las siete herramientas básicas de calidad”.

Por consiguiente, los histogramas pueden utilizarse para:

- Analizar datos numéricos.
- Saber si un proceso cumple con los requisitos de calidad.
- Ver si se ha producido un cambio de proceso de un período de tiempo a otro.
- Determinar si los resultados de dos o más procesos son diferentes.
- Establecer metas u objetivos de variación media del proceso, haciendo que el proceso cumpla con los requisitos actuales o nuevos.

Figura 2.9: Ejemplo de un histograma



Fuente: Matbootcampus, s.f.

### 2.1.11 Estudio de trabajo

Referente a esta herramienta, Salazar (2019) indica:

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

El estudio de métodos de trabajo consta de 7 etapas que se muestran en la figura a continuación:

Tabla 2.2: Etapas fundamentales para realizar un estudio de trabajo

ETAPAS	ANÁLISIS DEL PROCESO	ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN
<b>SELECCIONAR</b> el trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
<b>REGISTRAR</b> toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
<b>EXAMINAR</b> críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
<b>IDEAR</b> el método propuesto	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa «Principios de la economía de movimientos»
<b>DEFINIR</b> el nuevo método (Propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
<b>IMPLANTAR</b> el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas,	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
<b>MANTENER</b> en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

Fuente: Salazar, 2019b.

### 2.1.12 Lluvia de ideas

Esta herramienta consiste en reunir a un grupo competente según el tema en análisis y permitir que cualquiera pueda opinar sobre el mismo y, una vez hecho, todos los puntos se votan para definir cuál es la causa o causas principales.

Al respecto, Winter (2000) establece:

[...] la lluvia de ideas es una herramienta de creatividad bastante empleada en el trabajo de grupo, y en la que un equipo genera y clarifica una lista de ideas. Se basa en una idea que da lugar a otra, y a otra, hasta que el grupo consigue tal riqueza de información que puede pasar a la fase siguiente (p. 19).

Además, Winter (2000) señala algunas consideraciones importantes para realizar la lluvia de ideas:

- Se utiliza para crear un gran número de ideas.
- Es un esfuerzo creativo.
- Se utiliza en varios pasos del proceso de resolución de ideas.
- Es una herramienta simple pero muy efectiva.
- Es un mecanismo para promover la participación (p. 19).

Figura 2.10: Ejemplo de lluvia de ideas



Fuente: Colombo, 2022.

### 2.1.13 Diagrama de Ishikawa

De acuerdo con varias lecturas realizadas, el diagrama de causa-efecto de Ishikawa es creado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa en la Universidad de Tokio, donde en 1943 un grupo de ingenieros se encuentra en una capacitación y concluye que una serie de eventos o factores puede interrelacionarse de manera agrupada, surgiendo la gráfica de espina de pescado. También es conocido con el nombre de cadena de causas-consecuencias.

En cuanto a este diagrama, la página Teoría General del Sistema (2010) establece:

Un diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra

gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.

Por su parte, Galgano (1995) indica que es:

[...] un gráfico que muestra las relaciones entre una característica y sus factores o causas, lo cual demuestra que, por medio de este instrumento se representan los datos de una forma más ordenada con el fin de determinar el problema y buscar las verdaderas causas, esto genera una especie de fotografía que permite analizar las incidencias en el estudio que se está realizando.

Adicional, explica que el diagrama puede dividirse en tres grandes fases, a saber:

- “Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa-efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido” (Galgano, 1995).

Así, se requiere una base sólida para que el análisis sea más eficiente; entre más claro y directo sea este, se facilita el análisis de las causas.

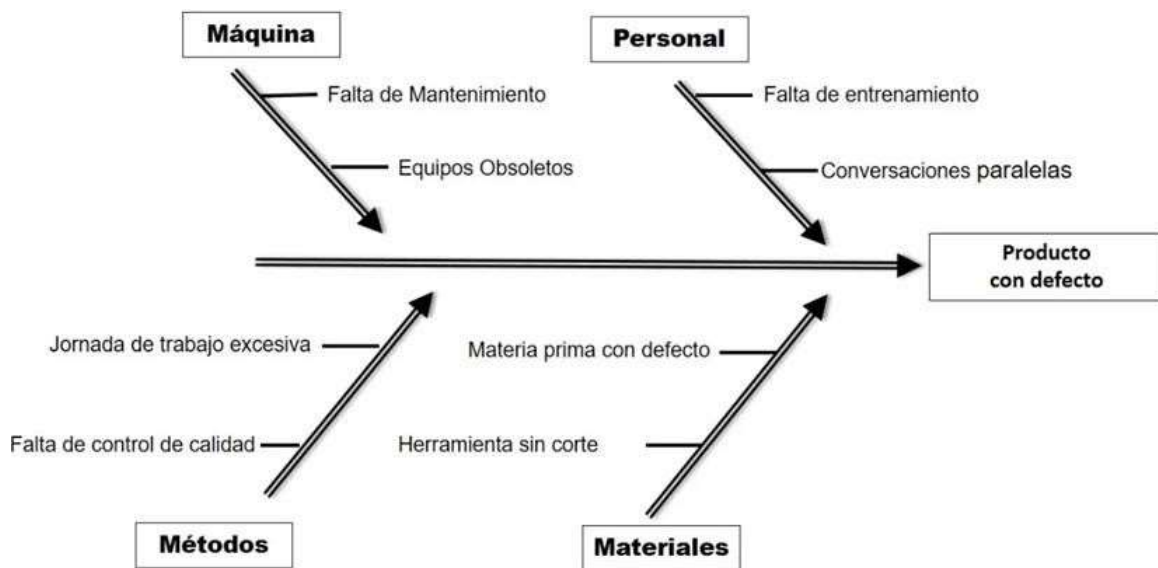
Además, el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) enumera las etapas que se requieren para elaborar un diagrama de Ishikawa:

1. Decidir el efecto.
2. Colocar el efecto en un rectángulo en el extremo de una flecha.
3. Escribir los principales factores vinculados con el efecto sobre el extremo de flechas que se dirigen a la flecha principal (en general se consideran aquí los factores de variabilidad más comunes).
4. Cada grupo individual forma una rama. Como ejemplo, las principales categorías consideradas son seis: dinero, máquinas, material, métodos, mano de obra y administración.
5. Tener presente que no todas las seis categorías se aplican a todos los problemas. Otras categorías pueden ser: datos y sistemas de información, ambiente, mediciones, etc.
6. Las categorías definidas en un diagrama de afinidades, derivado de un torbellino de ideas, pueden ser utilizadas como contribuciones para estos factores principales.

7. Escribir, sobre cada una de estas ramas, los factores secundarios.
8. Un diagrama bien definido tendrá ramas de al menos dos niveles y varias ramas tendrán tres o más niveles.
9. Continuar de la misma forma hasta agotar los factores.
10. Completar el diagrama, verificando que todas las causas han sido identificadas (pp. 22-23).

A continuación, se muestra un ejemplo de un diagrama causa-efecto:

Figura 2.11: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Blog de la Calidad, s.f.

### 2.1.14 Multivoto

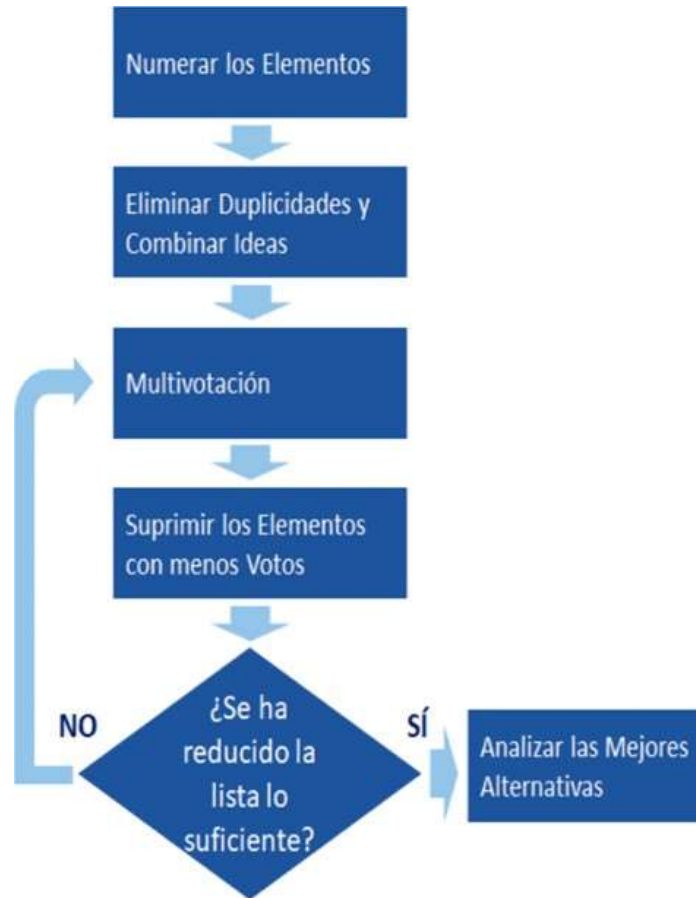
En cuanto al multivoto, Aiteco Consultores (2019) indica:

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando se dispone de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad se concentra en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes.

La técnica del multivoto suele utilizarse después de una lluvia de ideas donde se genera una lista muy larga de variables que pueden influir en el estudio; por esa razón, se emplea esta herramienta, para ayudar a la toma de decisiones y focalizar las variables más significativas.

Figura 2.12: Ejemplo de un procedimiento de multivoto



Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

### 2.1.15 Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto es una herramienta que permite focalizar las variables que aportan más valor y ayudan a identificar dónde se deben centrar los esfuerzos para la mejora de procesos, ya que este tipo de diagramas se basa en la regla del 80/20.

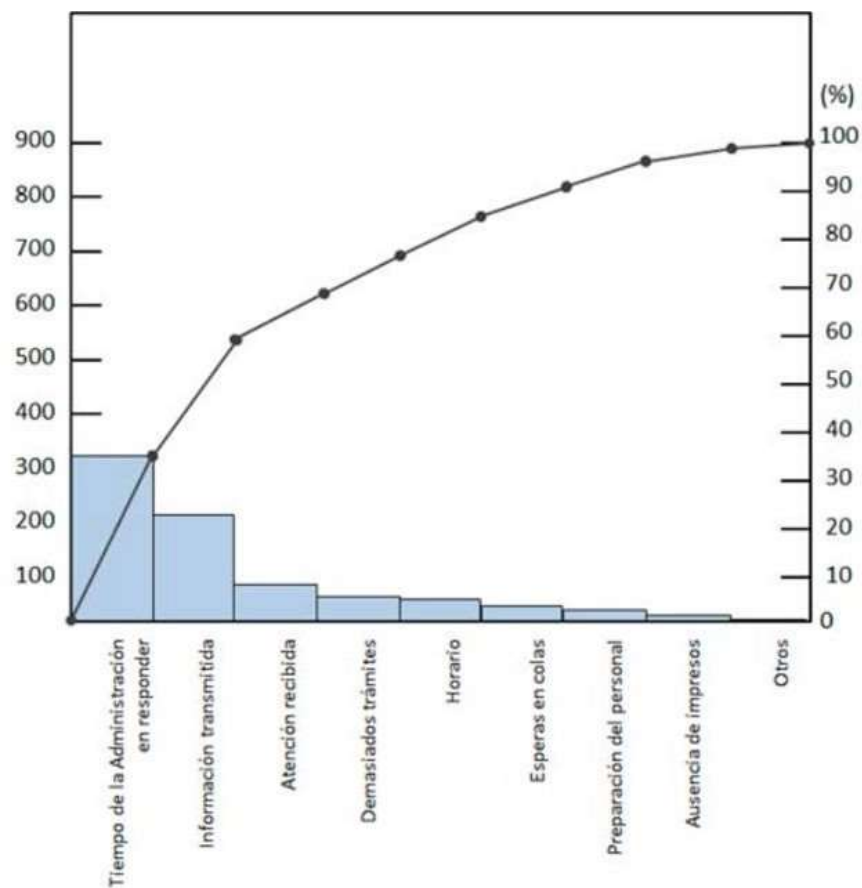
Al respecto, Lastra (2017) menciona: "Según Juran 'la observación empírica nos dice que la mayor parte de los resultados en cualquier contexto se producen por un pequeño número de causas"; es decir, el 80 % de los problemas surgen del 20 % de las causas.

Por último, JMP Statistical Discovery LLC (2023) explica:

Los Diagramas de Pareto tienen sentido en el caso de datos con conteos de valores de una variable nominal. Los Diagramas de Pareto no son una buena opción para datos de valores para una variable continua.

En datos categóricos, la muestra se divide en grupos, y las respuestas pueden tener un orden definido.

Figura 2.13: Ejemplo de un diagrama de Pareto



Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

### 2.1.16 Herramienta de 5 porqués

La siguiente herramienta es una técnica de preguntas usada durante un sistema de análisis de problemas para buscar la posible causa de raíz de estos.

La técnica requiere que se pregunte “por qué” al menos cinco veces, o se trabaje mediante cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil responder al “por qué”, la causa más probable se habrá identificado. (SPC group, s.f)

A continuación, se presenta un ejemplo de la manera de realizar la técnica mencionada:

- Se inicia con una lluvia de ideas, normalmente utilizando un diagrama de Ishikawa.
- Una vez que las causas hayan sido identificadas, se inicia a preguntar “¿por qué es así?” o “¿por qué está pasando esto?”.
- Se continúa preguntando por qué al menos cinco veces. Esto permite buscar a fondo y no conformarse con las primeras causas encontradas.
- Durante este tiempo, se debe tener cuidado de no preguntar “¿quién?”. El proceso debe enfocarse hacia los problemas y no hacia las personas involucradas.

Tabla 2.3: Ejemplo de una herramienta de 5 porqués

Descripción del problema	1er ¿Por qué?	2do ¿Por qué?	3er ¿Por qué?	4to ¿Por qué?	5to ¿Por qué?
	¿Por qué hay vibración en la máquina de la línea de soldadura?	¿Por qué los baleros de rodamiento generan vibración de la máquina?	¿Por qué los baleros presentan desgaste prematuro?	¿Por qué presentan falta de lubricación?	¿Por qué no está considerada dentro de las tareas de mantenimiento preventivo de la máquina?
Vibración en máquina de línea de soldadura	Porque los baleros de rodamiento generan vibración de la máquina	Porque los baleros presentan desgaste	Porque presentan falta de lubricación	Porque no está considerada dentro de las tareas de mantenimiento preventivo de la máquina	Porque la lubricación de baleros no fue considerada como tarea crítica en el PM
	Cuando la causa raíz es una de las 5 razones, se debe dejar de preguntar por qué				

Fuente: Rodríguez, 2019.

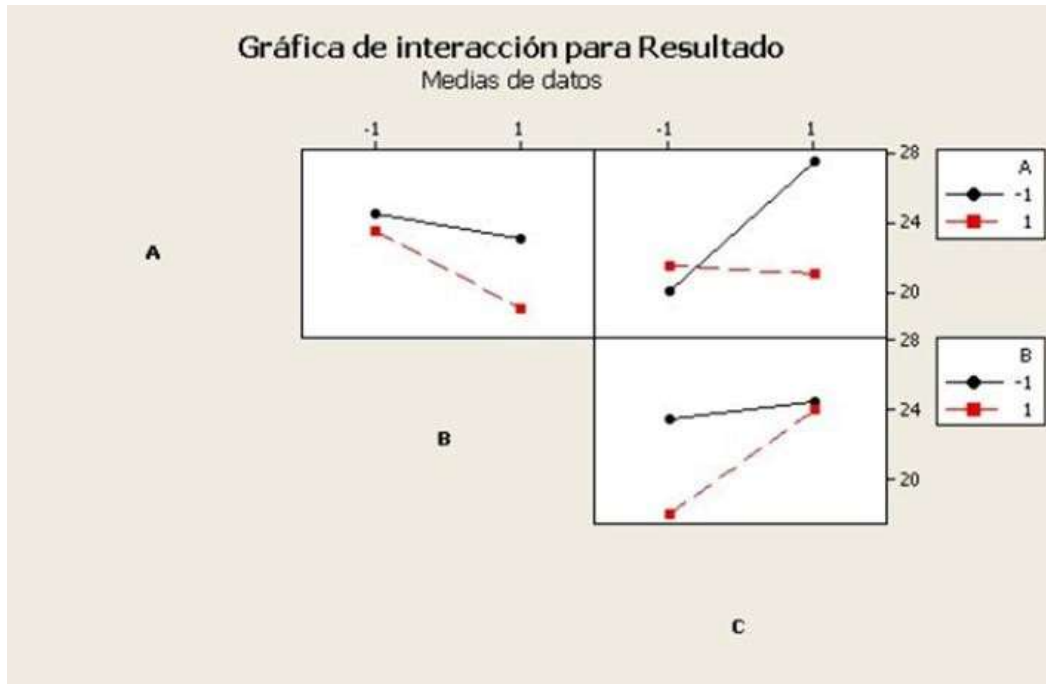
### 2.1.17 Diseño de experimentos (DOE)

En relación con el DOE, Jimeno (2012) expone:

La metodología de diseño de experimentos (DOE) es una herramienta estadística para la mejora de calidad usada frecuentemente en proyectos Seis Sigma. Esta metodología sirve para diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio para que cumpla con las expectativas usando el mínimo número de experimentos o pruebas. DOE es muy útil cuando tenemos entre manos un

producto complicado cuyo resultado puede depender de una gran cantidad de variables que no controlamos y que debemos ajustar para optimizarlo.

Figura 2.14: Ejemplo de DOE



Fuente: Jimeno, 2012.

### 2.1.18 Indicadores KPI

De acuerdo con Hansen (2021):

Los indicadores clave de rendimiento (KPI, Key Performance Indicators) se definen como métricas de rendimiento que evalúan el éxito de una organización o de una actividad determinada. Los KPI se pueden aplicar a proyectos, programas, productos y muchas otras iniciativas. Pueden medir el éxito de cualquier cosa, desde los objetivos de ventas a las métricas de redes sociales.

Como se explica en el párrafo anterior, los indicadores de rendimiento sirven como control de métricas específicas. En el caso de la elaboración de este proyecto, se consideraron la productividad y la cantidad de órdenes defectuosas para controlar cualquier cambio que pudiera presentarse durante la investigación.

Figura 2.15: Ejemplo de indicadores KPI



Fuente: Conexión Esan, 2021.

### 2.1.19 Capacitación

Jaureguilberry (s.f.) expone respecto a este punto:

La capacitación es un proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.

La capacitación es una herramienta que posibilita el aprendizaje y por esto contribuye a la corrección de actitudes del personal en el puesto de trabajo.

Según lo anterior, en cuanto a los cambios realizados durante la elaboración de este proyecto, se brindó capacitación al personal para entender cuál es la expectativa del cambio y cuál es la mejor manera de llevarlo a cabo con el fin de lograr el objetivo planteado.

Figura 2.16: Ejemplo de una capacitación



Fuente: Capacitación y Desarrollo UC, s.f.

### 2.1.20 Balance de línea

En torno al balance de línea, Salazar (2019a) detalla:

El balance o balanceo de línea es una de las herramientas más utilizadas para la gestión del flujo de un sistema de producción, dado que parte de la base teórica de la fabricación es equilibrada, de la cual depende el mejoramiento de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como lo son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

Tabla 2.4: Ejemplo de un balance de línea

N°	DESCRIPCION	FORMATO DE BALANCEO DE LINEA																											
		ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5		ITERACION 6		ITERACION 7		ITERACION 8		ITERACION 9		ITERACION 10		ITERACION 11		ITERACION 12		ITERACION 13		ITERACION 14	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	Cortar	0:02:00	1	0:02:00	1	0:01:00	2	0:01:00	2	0:00:40	3	0:00:40	3	0:00:30	4	0:00:30	4	0:00:24	5	0:00:24	5	0:00:20	6	0:00:20	6	0:00:17	7	0:00:17	7
2	Pegar	0:01:00	1	0:01:00	1	0:01:00	1	0:01:00	1	0:00:30	2	0:00:30	2	0:00:30	2	0:00:30	2	0:00:20	3	0:00:20	3	0:00:20	3	0:00:20	3	0:00:15	4	0:00:15	4
3	Secar	0:03:00	1	0:01:30	2	0:01:30	2	0:01:00	3	0:00:45	4	0:00:36	5	0:00:36	5	0:00:30	6	0:00:26	7	0:00:23	8	0:00:23	8	0:00:20	9	0:00:18	10	0:00:16	11
4	Empacar	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:30	1	0:00:15	2	0:00:15	2	0:00:15	2	0:00:15	2	0:00:15	2	0:00:15	2	0:00:15	2
5				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
6				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
7				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
8				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
9				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
10				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
11				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
A	MINUTO TOTAL DEL OPERARIO	0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30		0:06:30	
B	CICLO DE CONTROL	0:03:00		0:02:00		0:01:30		0:01:00		0:00:45		0:00:40		0:00:36		0:00:30		0:00:26		0:00:24		0:00:23		0:00:20		0:00:18		0:00:17	
C	No. DE OPERARIOS	4		5		6		7		10		11		12		13		17		18		19		20		23		24	
D	TIEMPO DE LINEA	0:12:00		0:10:00		0:09:00		0:07:00		0:07:20		0:07:12		0:06:30		0:07:17		0:07:12		0:07:07		0:06:40		0:06:34		0:06:31		0:06:31	
E	% BALANCE	54.17%		65.00%		72.22%		82.86%		86.67%		88.64%		90.28%		100.00%		89.22%		90.28%		91.23%		97.50%		94.20%		94.79%	
F	CICLO DE TRABAJO AJUSTADO	0:03:00		0:02:00		0:01:30		0:01:00		0:00:45		0:00:40		0:00:36		0:00:30		0:00:26		0:00:24		0:00:23		0:00:20		0:00:18		0:00:17	
G	UNIDAD/HORA	20.00		30.00		40.00		60.00		80.00		90.00		100.00		120.00		140.00		150.00		160.00		180.00		200.00		210.00	
H	UNIDAD/TURNO	160		240		320		480		640		720		800		960		1120		1200		1280		1440		1600		1680	
I	UNIDADES/OPERARIOS	40.00		48.00		53.33		68.57		64.00		65.45		66.67		73.85		65.88		66.67		67.37		72.00		69.57		70.00	
J	COSTO POR UNIDAD	\$ 500.00		\$ 416.67		\$ 375.00		\$ 291.67		\$ 312.50		\$ 305.56		\$ 300.00		\$ 270.83		\$ 303.57		\$ 300.00		\$ 296.88		\$ 277.78		\$ 287.50		\$ 285.71	

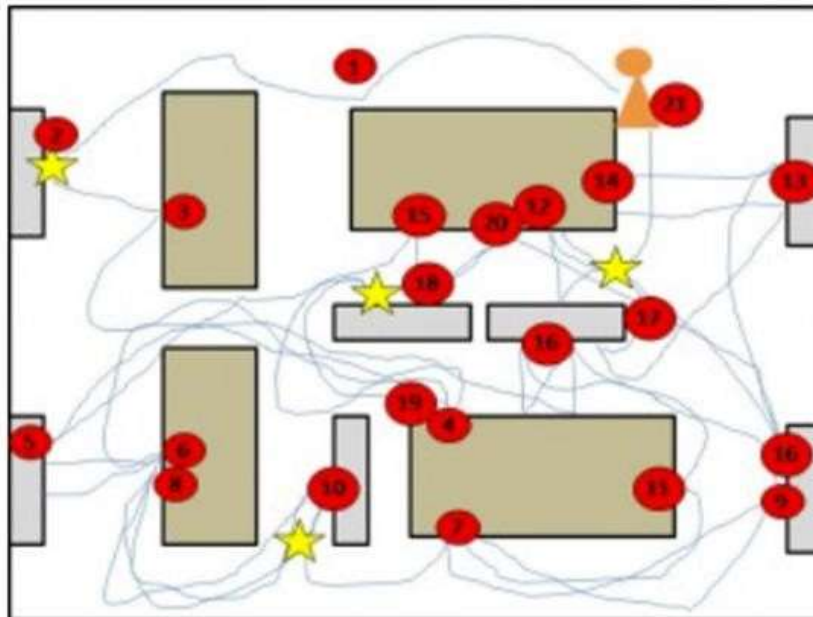
Fuente: Salazar, 2019a.

### 2.1.21 Diagrama de espagueti

Con relación a este diagrama, PDCA (2013) explica:

Un diagrama de spaghetti o *spaghetti chart* es la representación de cómo es el movimiento de los operarios dentro de su puesto de trabajo. Busca conocer cada movimiento del empleado para luego buscar cuál es el orden más lógico para máquinas, armarios, otros puestos de trabajo y ganar en eficiencia dentro de la empresa, en primer lugar, reduciendo tiempo de desplazamientos de operarios y aumentando el rendimiento de producción.

Figura 2.17: Ejemplo de un diagrama de espagueti



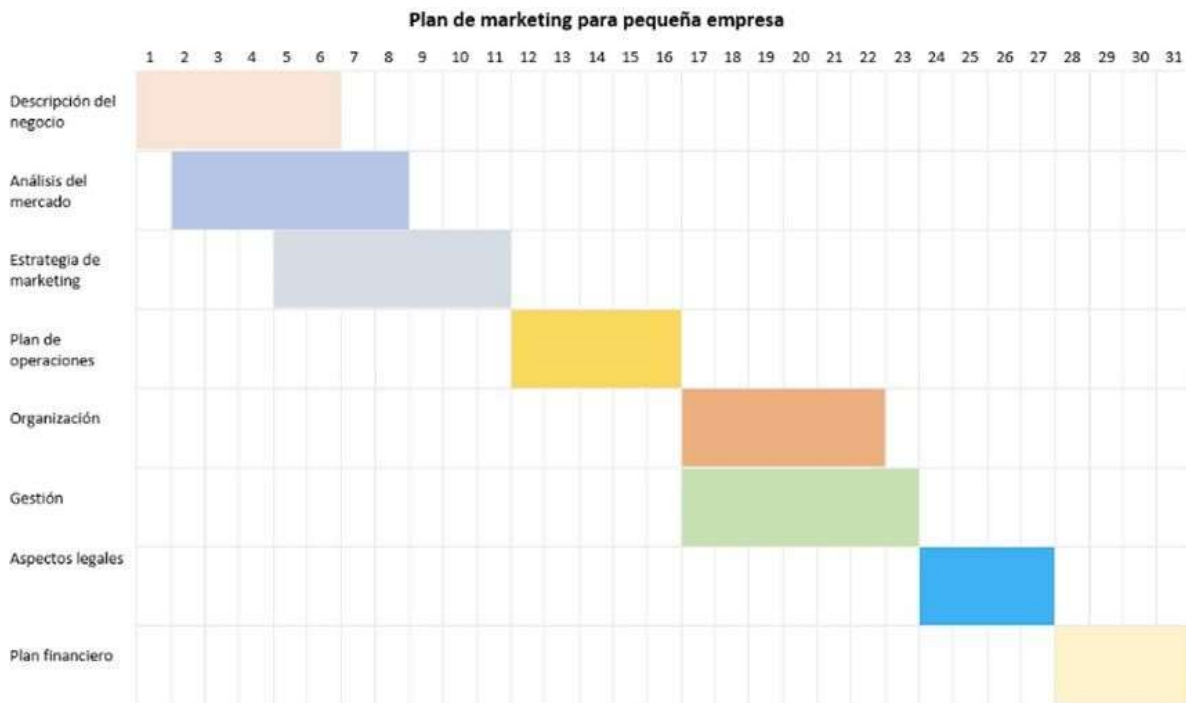
Fuente: PDCA, 2013.

### 2.1.22 Diagrama de Gantt

Acerca de este diagrama, Martins (2024) indica:

El diagrama de Gantt, muy usado en la gestión de proyectos, es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación de tu proyecto, de dar seguimiento a los logros y de estar siempre familiarizado con el cronograma de tu trabajo. Cada barra de un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea.

Figura 2.18: Ejemplo de un diagrama de Gantt



Fuente: Stsepanets, 2023.

### 2.1.23 Reuniones Kaizen

En los eventos Kaizen, se procura reunir a todas las partes interesadas por un período de tiempo no mayor a 10 min para mantenerlas concentradas e interesadas en el tema, ahí se revisan los puntos más importantes por desarrollar, cómo se encuentra el proceso en la actualidad y los puntos de mejora que se desean trabajar (Safety Culture, 2024).

Se tomó en cuenta para la ejecución de este proyecto al ser de suma importancia que todos los grupos interesados participen de las acciones que se desarrollan durante la investigación y análisis de presente estudio, con el objetivo de que exista una comunicación efectiva entre todos los grupos.

Figura 2.19: Reuniones Kaizen



Fuente: Calvo, 2020.

### 2.1.24 Distribución de planta

Referente a este tema, Salazar (2019c) señala:

La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación. Una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una en proyección.

El objetivo de una distribución de planta es mantener un orden lógico y adecuado para los procesos y colaboradores involucrados con la finalidad de minimizar costos, además de que sea la más segura y eficiente para los asociados de la empresa; por eso, se proyecta redistribuir la línea una vez analizada e implementada la investigación.

Figura 2.20: Ejemplo de una distribución de planta



Fuente: MS Ingeniería, 2018.

### 2.1.25 Procedimiento estándar (POE)

Ricardo (2020) describe respecto a esta herramienta:

Los procedimientos operativos estándar (POE) son instrucciones escritas destinadas a documentar cómo realizar una actividad de rutina. Muchas empresas se basan en procedimientos operativos estándar para ayudar a garantizar la coherencia y la calidad de sus productos. Los procedimientos operativos estándar también son herramientas útiles para comunicar importantes políticas corporativas, regulaciones gubernamentales y mejores prácticas [...]

Los procedimientos operativos estándar pueden beneficiar a cualquier proceso o tarea dentro de una organización que la gerencia quiera que se haga de la misma manera cada vez. Originalmente, los procedimientos operativos estándar eran populares en el entorno de fabricación, ya que son una parte integral de los sistemas de garantía de calidad. Si una empresa produce lo mismo una y otra vez, los clientes y los gerentes esperan consistencia en el producto.

Como parte de la estandarización que se desea obtener cuando el proyecto haya finalizado, se pretende generar un control para los cambios realizados y que los siga todo el personal de la línea.

Figura 2.21: Ejemplo de un procedimiento estándar (POE)



Fuente: Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), s.f.

### 2.1.26 Auditorías

Con relación a las auditorías, Quipe (2021) menciona:

Es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la gestión de la organización y evaluarlas de manera objetiva, con el fin, generalmente, de determinar el grado de implementación del sistema de gestión de la empresa, evaluar su nivel de cumplimiento de los objetivos estratégicos y el nivel de eficiencia y eficacia de los procesos de negocio. Ello con el fin de aplicar

acciones oportunas, correctivas o preventivas, para disminuir, eliminar o mejorar aquellos aspectos en que no se están cumpliendo de acuerdo con lo establecido por la organización.

Así, se considera el uso de auditorías para controlar los cambios hechos durante el proyecto, lograr que exista sostenibilidad en el tiempo y mantener los procesos estandarizados.

Figura 2.22: Ejemplo de auditorías



Fuente: Quipe, 2021.

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Samtec Interconnect Assembly es una compañía estadounidense fundada en 1976 en Indiana New Albany. Cuenta con clientes en más de 100 países y tiene plantas de producción en aproximadamente 10 países, siendo Costa Rica una de ellas desde el 2006. En la actualidad, la empresa tiene más de 5000 colaboradores en el mundo, de estos alrededor de 1083 están en Costa Rica. Asimismo, en el país la empresa es pionera en la creación de dispositivos electrónicos que suplen a la industria médica, de telecomunicaciones y necesidades como la conectividad, entre otros.

A continuación, se aprecian los detalles más relevantes de la empresa donde se llevó a cabo el estudio.

### **2.2.1 Misión**

“Ser ejemplo corporativo en la manufactura de soluciones de interconexión electrónica, comprometidos en la excelencia operacional, la pasión por el servicio, y el bienestar de nuestra gente” (Samtec Interconnect Assembly, 2023).

### **2.2.2 Visión**

“Ser líder corporativo en la manufactura y venta de soluciones de interconectividad electrónica en la región. Para la expansión y generación de empleos nacionales y globales” (Samtec Interconnect Assembly, 2023).

### **2.2.3 Antecedentes históricos**

Samtec Interconnect Assembly es un fabricante internacional de interconexiones de nivel de placa CI, además de una amplia línea de soluciones electrónicas de interconexión.

Para afrontar los retos de la interconexión del futuro, Samtec Interconnect Assembly ha desarrollado centros de tecnología dedicados al desarrollo y avance de tecnologías y productos que proporcionan un rendimiento y beneficios de costo, asegurando la optimización del sistema completo desde la matriz sin revestir a una interfaz de 100 metros de distancia y todos los puntos de interconexión en el medio.

Mucho más que una simple empresa de conectores electrónicos, Samtec Interconnect Assembly se enfoca primero en sus clientes. Con un compromiso hacia el servicio excepcional, productos de calidad y convenientes herramientas, la empresa cree en la importancia de las personas, ya sean clientes internos o externos. Esta fuerte convicción está profundamente arraigada en la organización y significa que se está dispuesto a ir más allá para fabricar productos excepcionales y brindar servicios de calidad, con el propósito de avanzar en la industria.

## 2.2.4 Ubicación geográfica

La empresa está ubicada en la Zona Franca Zeta, 500 m al oeste y 500 m al sur de Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica.

Figura 2.23: Ubicaciones de las plantas de manufactura de la empresa Samtec Interconnect Assembly



Fuente: Samtec Interconnect Assembly 2023.

La compañía se ubica en la Zona Franca Z, localizada en Montecillos, San Antonio de Alajuela, Costa Rica.

Figura 2.24: Mapa satelital de Samtec Interconnect assembly



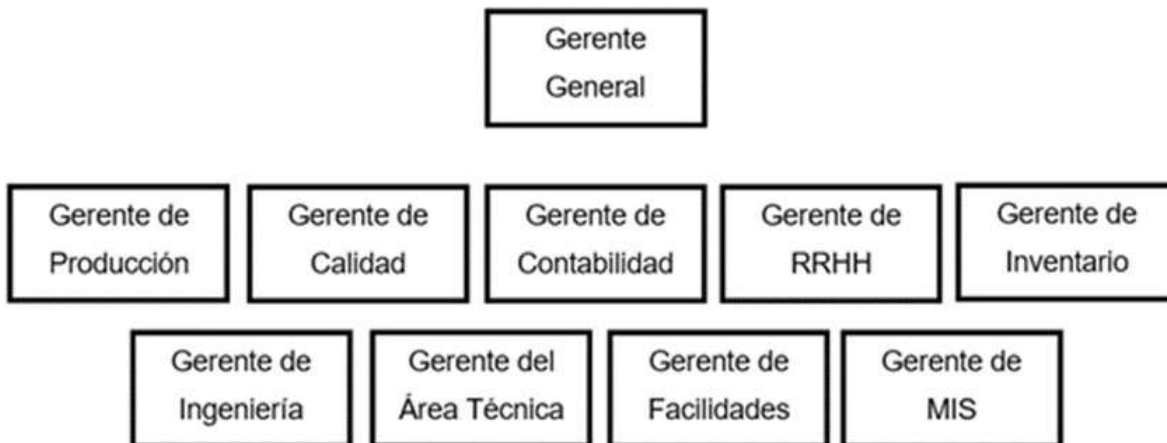
Fuente: Google Maps, 2023.

De acuerdo con la figura 2.24, su ubicación es estratégica, de fácil acceso y el Aeropuerto Juan Santamaría se encuentra a escasos kilómetros de distancia.

### 2.2.5 Estructura organizacional

Samtec Interconnect Assembly cuenta con 9 departamentos, cada uno de estos con su respectivo gerente y un gerente general. El organigrama de la empresa muestra la distribución de cada uno de sus departamentos, el cual se aprecia en la figura 2.25:

Figura 2.25: Organigrama de Samtec Interconnect Assembly



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Cada una de las gerencias se enfoca en labores específicas y mensualmente los gerentes de área se reúnen para revisar los resultados y las posibles mejoras que se puedan implementar.

### 2.2.6 Cantidad de empleados

A continuación, en la siguiente tabla 2.5, se muestra la cantidad de empleados por área.

Tabla 2.5: Cantidad de empleados de la empresa Samtec Interconnect Assembly

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad de asociados</b>
Administrativos	115
Calidad e Ingeniería	66
Producción	855
Inventario/Tráfico/Despacho	47
<b>Total</b>	<b>1 083</b>

Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

### 2.2.7 Tipos de productos

Samtec Interconnect Assembly fabrica algunas de sus materias primas, por ejemplo: en el área de moldeo, se fabrican los distintos tipos de conectores; en el área de estampado, se troquelan los pines que son insertados en los conectores y, en el área de platinado, se cubren los pines con diferentes tipos de aleaciones tales como el níquel u oro, dándoles una mayor conductividad.

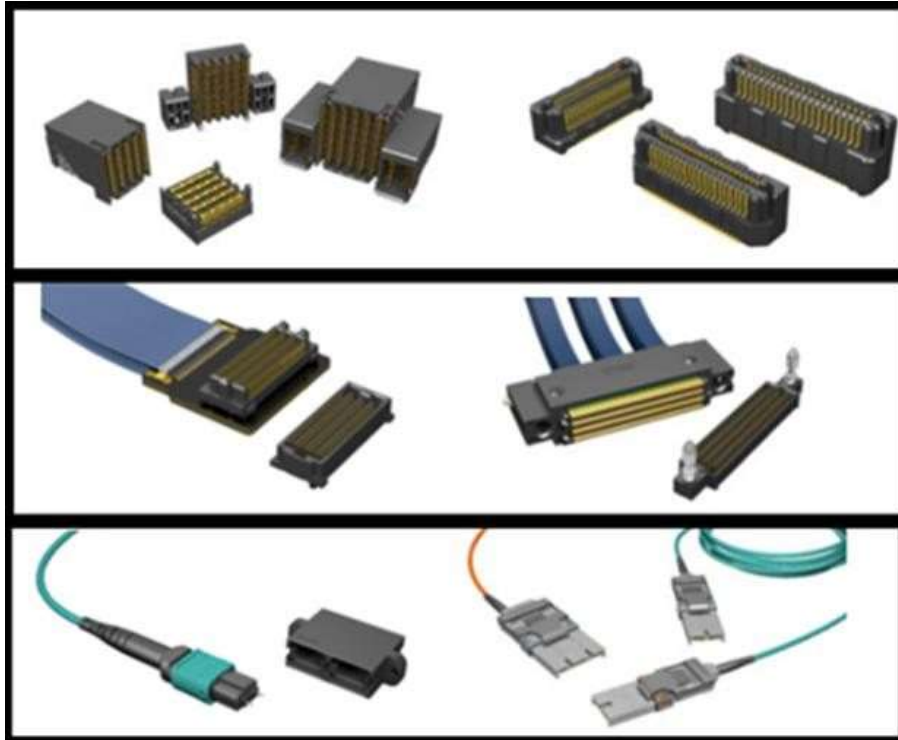
Estas partes viajan a las líneas de producción y de ahí nacen las series de conectores que pueden venderse de manera unitaria o ser parte de ensamblajes más complejos, viajando a otras áreas de la misma empresa para lograr el producto final.

Por otro lado, también se fabrican conectores utilizados en la industria automotriz y aeronáutica, muchos de los cuales llegan a ser parte de ensamblajes complejos como los cables de transferencia de datos, tal como sucede en el presente proyecto, el cual se enfocó en el producto de manufactura electrónica de la línea de producción Seac del

cliente Cadence, donde se construyen cables de alta velocidad que se insertan a una computadora gigante en la aplicación final.

En la figura 2.26 se aprecian algunos ejemplos:

Figura 2.26: Tipos de productos fabricados por la empresa Samtec Interconnect Assembly



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

### 2.2.8 Mercado de exportación

Tal como se mencionó, Samtec Interconnect Assembly posee 8 plantas dedicadas a la manufactura, ubicadas en diferentes partes del mundo, y cuenta con alrededor de 23 000 clientes en más de 124 países. Algunos de sus clientes se muestran en la figura 2.31:

Figura 2.27: Los 25 principales clientes de la empresa Samtec Interconnect Assembly



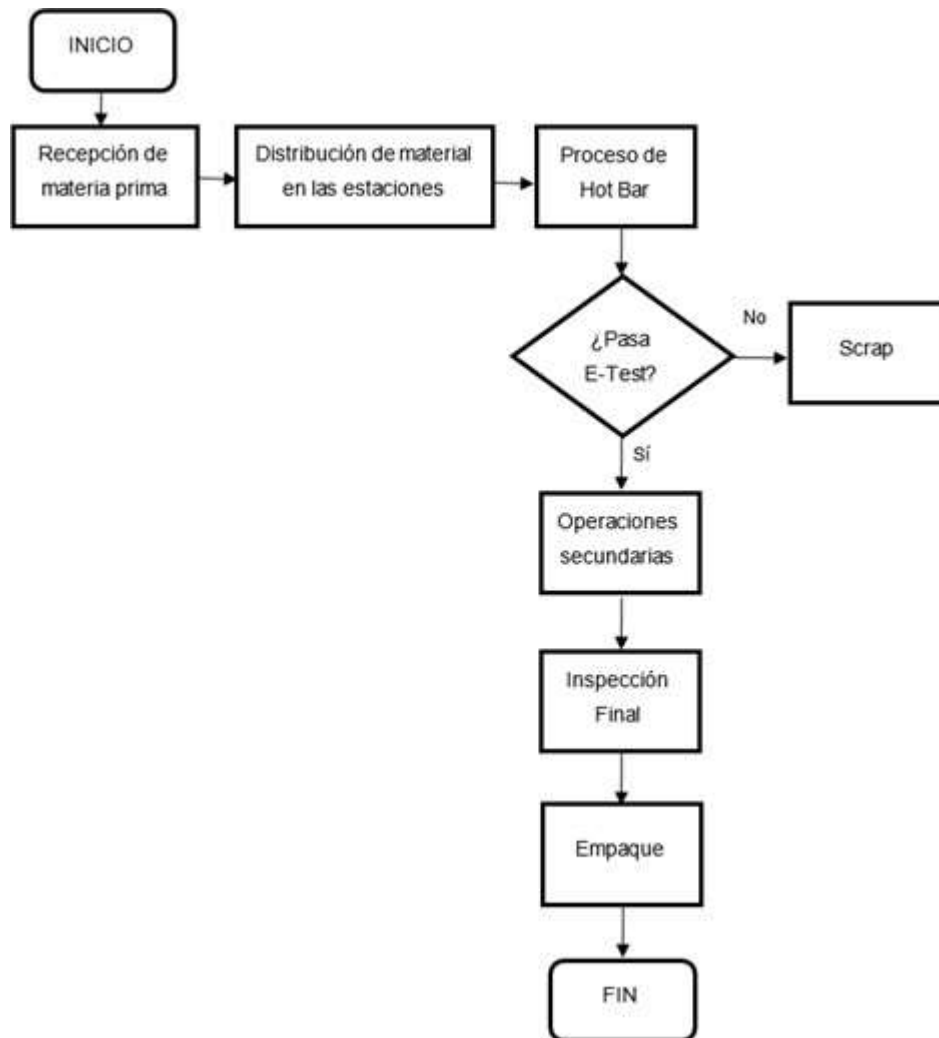
Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

### 2.2.9 Descripción general del proceso productivo

Samtec Interconnect Assembly posee diversos procesos y productos, pero en la mayoría sigue la misma línea de fabricación. Cada uno de estos cuenta con detalles específicos o requerimientos necesarios para llevar a cabo el ensamble o producto final.

La figura 2.28 indica la descripción general del proceso productivo de una de las áreas que tiene mayor cantidad de procesos. El proceso productivo inicia con la recepción de materia prima, posteriormente los componentes (cable y tarjetas) se unen por medio del proceso de *hot bar* (proceso que se realiza mediante la transferencia de calor) y, luego, la integridad de los ensambles se verifica a partir de pruebas eléctricas.

Figura 2.28: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ensamblajes complejos

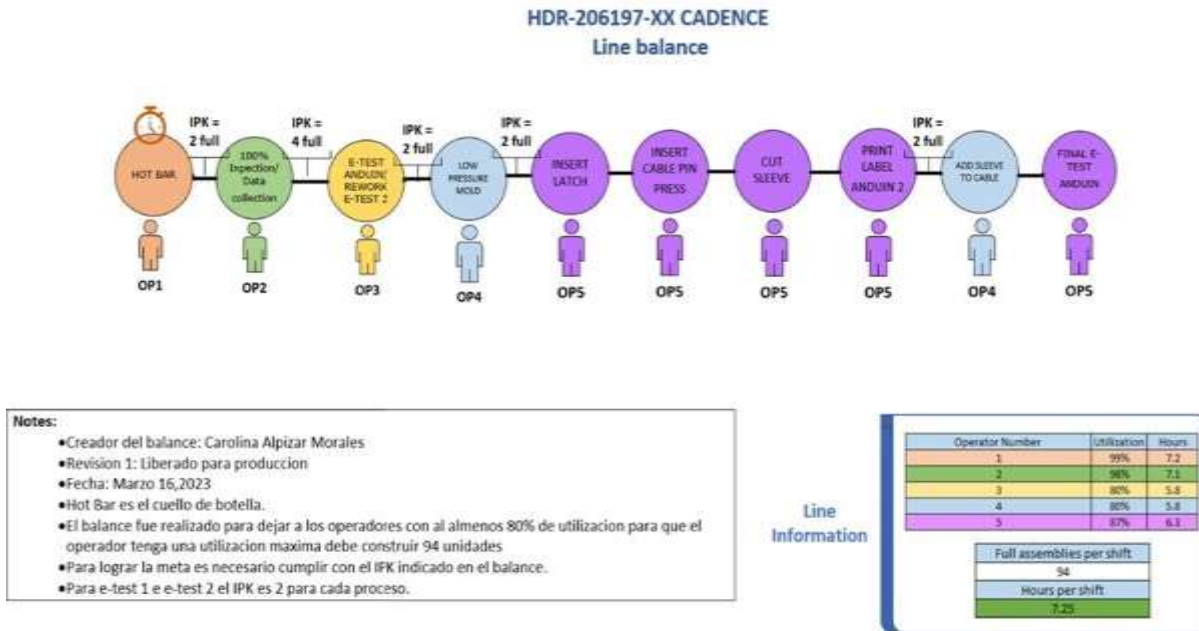


Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Después de las pruebas eléctricas, se añaden opciones, que varían según la serie y los requerimientos del cliente; en otras palabras, el cable o ensamble pasa por opciones secundarias que dependen de los requerimientos de los clientes, aplicaciones y demás. Posteriormente, el material se envía a las estaciones de inspección, en donde los ensamblajes son verificados al 100 % bajo microscopio para identificar no conformidades o condiciones que no cumplan los estándares de la industria.

Por último, cada uno posee especificaciones de empaque determinadas estipuladas por las instrucciones de trabajo, haciendo del empaque el proceso final.

Figura 2.29: Orden de la línea de producción



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

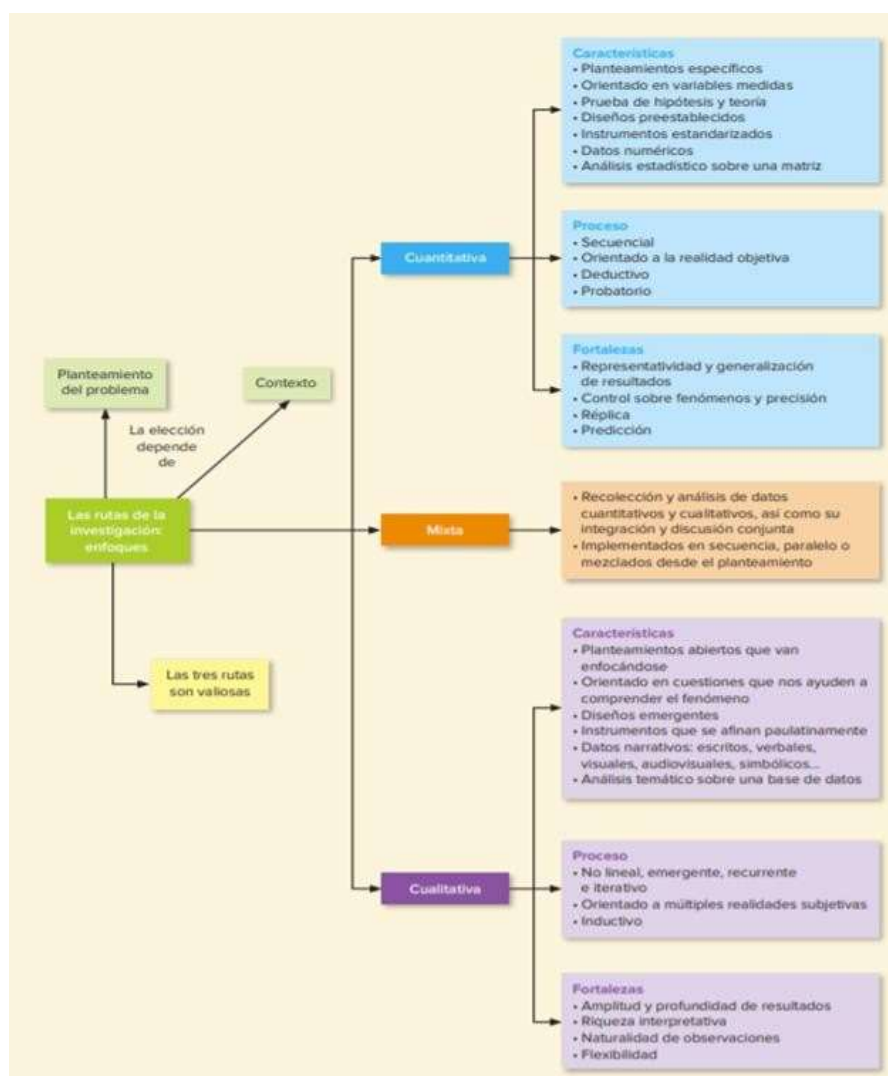
### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se exponen los aspectos metodológicos relacionados a las técnicas y los métodos más apropiados que posibilitaron abordar el objeto de esta investigación, los cuales consideraron conceptos donde se muestra el proceso orientado y específico para proveer una optimización y mejora en el flujo de línea, como lo indica la ruta cualitativa; además, contó con datos numéricos y estadísticos que ayudaron a respaldar la teoría estipulada en el presente documento, como lo exige la ruta cuantitativa.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), hay 5 fases, estas se encuentran vinculadas y son similares entre sí:

1. Llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos.
2. Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
3. Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
4. Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
5. Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas; o incluso para generar otras (p. 4).

Figura 3.1: Enfoques de investigación



Fuente: Hernández et al., 2014.

### 3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Pérez (2023) define método como “una forma de hacer algo de manera sistemática, organizada y/o estructurada. Se refiere a una técnica o conjunto de actividades para desarrollar una tarea”.

Por otro lado, define investigación del siguiente modo:

[...] aquel proceso metódico, sistematizado, objetivo y ordenado, que tiene como finalidad responder ciertas preguntas, teorías, suposiciones, conjeturas y/o hipótesis que se presentan en un momento dado sobre un tema determinado, la

investigación además permite la adquisición de conocimientos e información sobre un tema o asunto que se desconoce (Pérez, 2023a).

En este caso, la metodología de la investigación es una disciplina de conocimiento encargada de elaborar, definir y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos por seguir durante el desarrollo de la investigación para la producción de conocimiento.

Asimismo, Coelho (2019) señala:

Orienta la manera en que se va a enfocar una investigación y la forma en que se va a recolectar, analizar y clasificar los datos, con el objetivo de que los resultados tengan validez y pertinencia, y cumplan con los estándares de exigencia científica.

Tomando en cuenta el párrafo anterior, se utilizó la metodología DMAIC como herramienta base para el desarrollo del proyecto en la empresa Samtec Interconnect Assembly en el área de HDR, con el objetivo de eliminar el uso de la banda de soldadura del proceso de *hot bar* para reducir los costos de manufactura e incrementar la producción en la línea de Seac.

Figura 3.2: Metodología DMAIC para realizar la investigación



Fuente: Autor.

### **3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

En cuanto a los datos de este proyecto, se trabajó con fuentes primarias y secundarias de información para encontrar el punto más importante de la investigación en el proceso de *hot bar* y cómo afecta al compromiso adquirido con el cliente el utilizar la banda de soldadura para refluir el cable a la tarjeta.

Así, se investigaron diferentes fuentes de información y se consultó a miembros del área para obtener distintos puntos de vista y, de este modo, aclarar el panorama del estudio. Por lo tanto, se recolectaron datos y muestras de distintos sistemas utilizados por la compañía, con el propósito de obtener datos reales para realizar el proyecto.

#### **3.3.1 Sujetos de información**

Los sujetos de información seleccionados para la ejecución del estudio fueron las personas expertas de la línea de Seac para el producto Cadence, considerando que dentro de esta investigación se tomó la opinión de operarios, supervisores, ingenieros de calidad, proceso y manufactura, con la finalidad de tener una visión más amplia del proceso productivo y de las variables por revisar antes, durante y después de la investigación.

Para el estudio, la información recolectada provino de diferentes sistemas utilizados en la empresa, además de los datos generados o recolectados mediante las herramientas ingenieriles aplicadas.

A continuación, se muestra una figura con la información más relevante desarrollada en el presente proyecto, donde se indica el problema actual y el objetivo de la ejecución del trabajo:

Tabla 3.1: Project Charter de la investigación

Project charter										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Información general</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.</td> </tr> <tr> <td>Preparado por: Carolina Alpizar Morales</td> </tr> <tr> <td>Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly</td> </tr> <tr> <td>Fecha de preparación: 15-Agosto-2023</td> </tr> <tr> <td>Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024</td> </tr> <tr> <td>Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR</td> </tr> </tbody> </table>	Información general	Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.	Preparado por: Carolina Alpizar Morales	Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly	Fecha de preparación: 15-Agosto-2023	Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024	Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción del proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción del proyecto	El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.
Información general										
Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.										
Preparado por: Carolina Alpizar Morales										
Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly										
Fecha de preparación: 15-Agosto-2023										
Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024										
Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR										
Descripción del proyecto										
El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Objetivo del proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Plazo: 6 meses</td> </tr> </tbody> </table>	Objetivo del proyecto	Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.	Plazo: 6 meses	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Alcance y extensión de proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.</td> </tr> </tbody> </table>	Alcance y extensión de proyecto	Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.				
Objetivo del proyecto										
Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.										
Plazo: 6 meses										
Alcance y extensión de proyecto										
Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.										

Fuente: Autor.

### 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Las variables de análisis sirven para tener un norte acerca del desarrollo de un proyecto por medio del estudio, la medición y el control de este. Su estudio se realiza mediante un marco conceptual, operacional e instrumental. Al respecto, Hernández et al. (2014) explican cada uno:

**Conceptual:** Es el proceso por medio del cual se definen las variables de estudio. Son definiciones de diccionario, libros especializados o sitios web que describen la esencia o las características reales de un objeto o fenómeno.

**Operacional:** Se expone la forma en que se aplican los criterios de medición y evaluación de cada variable.

**Instrumental:** Es el que detalla el instrumento o instrumentos utilizados para medir cada variable.

Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<p>Diagnosticar, mediante un análisis de contexto y caracterización de procesos, la situación actual del proceso de hot bar, para identificar los factores que influyen en la falta de eficiencia en la producción de la línea.</p>	<p>Diagnóstico y análisis de contexto</p>	<p>“El diagnóstico es el punto de partida de la formulación estratégica. Se construye a partir del análisis de la situación, permite priorizar y entender qué se debe solucionar y aprovechar y, sobre todo, señala cómo se diferencia o debería diferenciar la empresa” (Impacta Consultora, 2022).</p>	<p>Realizar un estudio del proceso usando diferentes herramientas con los equipos involucrados, donde se evidencie la ineficiencia que posee y se identifiquen las causas por las que no se puede cumplir con la demanda solicitada por el cliente.</p>	<p>Project Charter. FODA. Matriz de análisis. FODA. SIPOC. Diagrama de flujo. Gemba Walk. Círculo de Ohno. Encuestas. Gráfico de barras.</p>
<p>Analizar, por medio del uso de estudio del trabajo, las variables que intervienen en el proceso y la forma en la que afectan los requerimientos solicitados por el cliente.</p>	<p>Identificación de variables</p>	<p>“Una variable es ‘algo’ que, aunque resulte tautológico, ‘varía o cambia de valor’. Las variables presentan diferencias en términos de su magnitud, por ello están asociadas a unidades concretas: dinero, tiempo, combustible, ‘puntos’, etcétera. Una variable puede asumir diferentes categorías o valores numéricos” (Rivas, 2016).</p>	<p>Ejecutar un estudio de causa de raíz para definir las variables más importantes que están interfiriendo en el proceso de <i>hot bar</i> y, una vez identificadas, realizar un diseño de experimentos que permita encontrar la mejor relación de las variables.</p>	<p>Métodos de trabajo actual del proceso. Histograma. Lluvia de ideas. Multivoto. Diagrama de Ishikawa. Diagrama de Pareto. 5 porqués. Diseño de experimentos (DOE). Plan piloto. Indicadores KPI.</p>
<p>Evaluar el comportamiento de las variables mediante el análisis de la información recolectada, que permita determinar la mejor manera de realizar el proceso de hot bar y, así, disminuir el tiempo ciclo.</p>	<p>Análisis de la información</p>	<p>El análisis de datos es el estudio exhaustivo de un conjunto de información cuyo objetivo es obtener conclusiones que permitan a una empresa o entidad tomar una decisión. “Es decir, nos referimos a la examinación e interpretación de una base de datos. Esto, con el fin de llegar a la resolución de</p>	<p>Determinar la mejor relación de las variables que permita la eliminación de la banda de soldadura y, con ello, lograr la reducción de costos y mudas, así como la implementación de la estación de alineamiento para aumentar la producción de la línea.</p>	<p>Capacitaciones a los asociados. Balance de línea por medio del uso de Excel y Visio. Diagrama de espaguetti.</p>

		un problema o cuestionamiento” (Westreicher, 2020).		
Proponer alternativas de mejora por medio de un plan piloto, con el fin de incrementar la capacidad de producción del proceso de <i>hot bar</i> en al menos un 10 %.	Mejora de proceso	“La mejora de procesos es un procedimiento empresarial mediante el cual se buscan ineficiencias en los procesos de una organización para corregirlos o mejorar su desempeño” (Equipo Ekon, 2022).	Revisión minuciosa del análisis de la información que permita comprobar la eliminación del uso de la banda de soldadura sin afectar la calidad del producto, lo que conlleva a una disminución del costo, reducción de mudas en el proceso e incremento de la producción que se puede obtener con la implementación de la estación de alineamiento en el proceso de <i>hot bar</i> .	Diagrama de Gantt. Reuniones Kaizen. Distribución de planta por medio del uso de la herramienta Draftside. Procedimiento estándar (SOP). Auditorías.

Fuente: Autor.

### **3.5 INSTRUMENTOS**

La confección de este proyecto se basó en los registros históricos de la empresa. Al respecto, Barrantes (2014) sugiere que “En la investigación se dispone de instrumentos para medir las variables y las interrogantes, a fin de recolectar la información necesaria. Se puede utilizar uno o varios de estos instrumentos, según sea el enfoque en el que estemos trabajando” (p. 259).

Por esa razón, se decidió utilizar una serie de herramientas ingenieriles desarrolladas para el análisis y estudio de la línea, las cuales se exponen a continuación.

#### **3.5.1 Reuniones**

Según Hernández et al. (2014):

Una reunión la constituye un grupo de personas de parecido o diferente perfil profesional unidas en un espacio y tiempo, y con una documentación concreta para su lectura, debate y aprobación, con el fin de coordinar actuaciones posteriores en el sistema organizacional.

Por consiguiente, se hicieron reuniones con los grupos relacionados para escuchar opiniones sobre el tema e iniciar la recolección y seguimiento de la información.

#### **3.5.2 Observación**

En relación con la observación, Barrantes (2014) explica lo siguiente:

[...] ciencia que comienza con la observación y, finalmente, tiene que volver a ella para su validación final. En cualquier sector de la investigación científica, cabe la observación para descubrir y poner en evidencia las condiciones de los fenómenos (puede ser cotidiana o científica). Ambas se utilizan para obtener conocimientos, pero la segunda es la que debe aplicarse en la investigación (p. 259).

De este modo, se efectuó un estudio detallado del proceso por medio de la observación, con el propósito de encontrar los distintos puntos que generan un desarrollo adecuado del proyecto.

### **3.5.3 Recorridos**

El recorrido es andar sobre un espacio el cual registramos el espacio con unidades de longitud, las unidades de longitud son trabajadas con sistema internacional de medidas. (Larrete.2024)

Tomando en consideración la definición anterior, un recorrido es la práctica que consiste en caminar donde se desarrolla el problema en estudio para visualizar en diferentes áreas los puntos críticos del proceso y tener una visión más clara del flujo de los procesos de la línea.

### **3.5.4 Registros históricos**

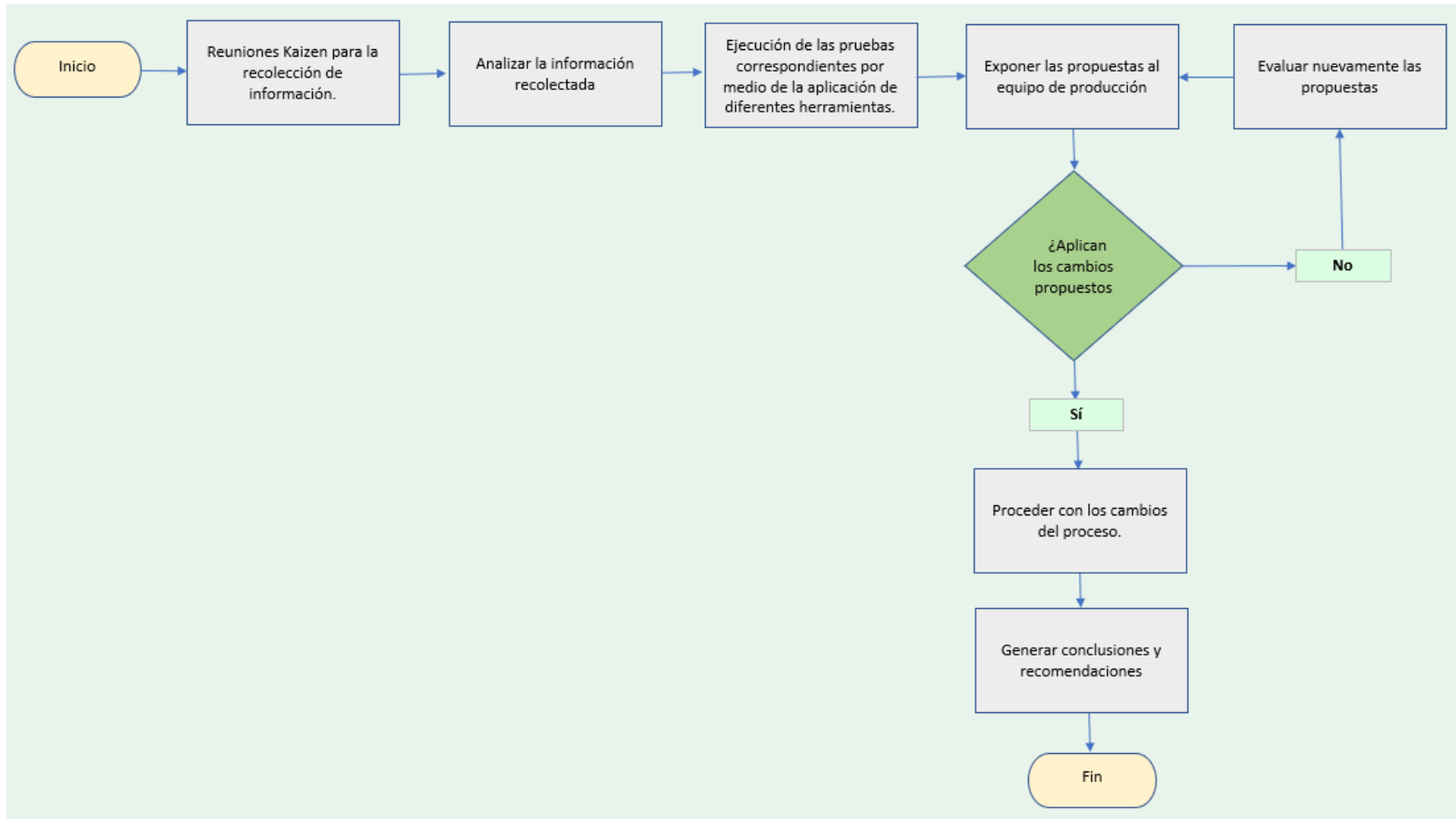
El registro histórico realiza un seguimiento de las actividades de alto nivel como, por ejemplo, el inicio y la finalización de trabajos, los cambios de estado de dispositivo, los mensajes del operador del sistema y las violaciones de seguridad. La información se registra en forma de mensajes. Estos mensajes se almacenan en archivos creados por el sistema. (IBM,2010)

Por lo que tomando como referencia el párrafo anterior, los registros históricos se refieren a recolectar la información necesaria que pueda brindar la empresa sobre el producto en estudio para obtener una idea más clara de los procesos y el problema desarrollado.

## **3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

A continuación, se expone un diagrama de flujo donde se observan los pasos por seguir para el desarrollo y análisis de los datos del proyecto.

Figura 3.3: Diagrama de flujo del proceso para la recolección y análisis de datos



Fuente: Autor.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Samtec Interconnect Assembly es una empresa global con una amplia gama de productos relacionados con la creación de dispositivos electrónicos.

El presente estudio se realizó en el área de HDR, en la línea de producción de Seac, conformada por 6 asociados que desempeñan diferentes tareas a lo largo de la línea. Sin embargo, aunque este trabajo se hizo solo en una línea de producción, puede utilizarse por parte de otras líneas del área con similitudes en cuanto al problema analizado.

Cabe mencionar que esta línea fue elegida por el equipo de producción debido a la necesidad que existe para cumplir la demanda del cliente, además de ser uno de los productos más complejos que tiene el área y por ende si se logra implementar el proyecto es más sencillo replicar los métodos en productos más simples con resultados exitosos. Por lo tanto, se estudió el proceso de *hot bar*, donde se emplea la banda de soldadura para refluir los cables con mayor facilidad, con el fin de poder identificar las variables más importantes que permitieran efectuar un análisis donde se lograra eliminar el uso de la banda antes mencionada sin afectar la calidad del producto y, con ello, implementar una estación de alineamiento que posibilitara el incremento de la productividad en al menos un 10 % por turno.

Así, en este capítulo, se desarrollaron las tres primeras fases de la metodología DMAIC.

#### **4.1 DEFINIR**

Como punto de inicio en esta primera etapa, junto con grupos interdisciplinarios se analizaron las razones por las cuales era necesario realizar un estudio por medio del uso de diferentes herramientas ingenieriles en la empresa Samtec Interconnect Assembly en la línea de Cadence, con el propósito de idear una forma que permitiera incrementar la producción en la línea, ya que con las condiciones actuales no es posible cumplir con la demanda solicitada por el cliente. A continuación, se muestra la información suministrada por el equipo de producción para conocer el comportamiento de la demanda desde el mes de abril 2023 hasta abril 2024.

Figura 4.1: Proyección de aumento de la demanda del producto Cadence



Fuente: Samtec Interconnect Assembly (2024)

Como se muestra en el gráfico anterior, el comportamiento de la demanda desde abril de 2023 hasta diciembre de 2023 es constante, sin embargo a partir de enero de 2024 se observa un incremento de 550 cables por semana, lo cual representa un aumento significativo para la línea que debe ser valorada para identificar si existen puntos de mejora dentro del proceso crítico de la línea para lograr la reducción de eficiencias que permitan incrementar el output tanto del proceso como de la línea en general.

Por esta razón, se identificó el proceso de *hot bar* en el cual se encuentran distintos puntos de optimización del proceso que pueden aportar a cumplir el objetivo propuesto. De este modo, se definió que es un estudio totalmente mixto (cualitativa y cuantitativa), al evaluarse los métodos de trabajo del proceso, los perfiles que poseen las máquinas, la materia prima, entre otros.

A continuación, se procede con la aplicación de las herramientas mencionadas en capítulos anteriores.

#### **4.1.1 Project Charter**

En la siguiente tabla, se muestra la información más relevante desarrollada en este proyecto, donde se aprecia el problema actual y el objetivo de la ejecución del trabajo:

Tabla 4.1: Project Charter

Project charter										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Información general</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.</td> </tr> <tr> <td>Preparado por: Carolina Alpizar Morales</td> </tr> <tr> <td>Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly</td> </tr> <tr> <td>Fecha de preparación: 15-Agosto-2023</td> </tr> <tr> <td>Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024</td> </tr> <tr> <td>Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR</td> </tr> </tbody> </table>	Información general	Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.	Preparado por: Carolina Alpizar Morales	Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly	Fecha de preparación: 15-Agosto-2023	Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024	Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción del proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <p>El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Descripción del proyecto	<p>El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.</p>
Información general										
Nombre del proyecto: Evaluación el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de Lean Six Sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.										
Preparado por: Carolina Alpizar Morales										
Patrocinador: Samtec Interconnect Assembly										
Fecha de preparación: 15-Agosto-2023										
Fecha estimada de entregable: 16-febrero-2024										
Autorizado por: Abramci Villalobos Gerente de producción HDR. Octavio Argueta Gerente de ingeniería HDR										
Descripción del proyecto										
<p>El proyecto estará enfocado en el incremento de la eficiencia de la producción para lograr el cumplimiento de la demanda, tomando un enfoque en el proceso de hot bar con el fin de encontrar las causas más importantes que puedan generar un impacto positivo al objetivo propuesto además de mantener la competitividad en el mercado y satisfacer las expectativas del cliente.</p>										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Objetivo del proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Plazo: 6 meses</td> </tr> </tbody> </table>	Objetivo del proyecto	Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.	Plazo: 6 meses	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Alcance y extensión de proyecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.</td> </tr> </tbody> </table>	Alcance y extensión de proyecto	Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.				
Objetivo del proyecto										
Evaluar el proceso de Hot Bar en la línea de Seac de la empresa Samtec Interconnect Assembly, mediante la aplicación del DMAIC y el uso de técnicas de lean six sigma, que permita incrementar la eficiencia de la producción.										
Plazo: 6 meses										
Alcance y extensión de proyecto										
Con el objetivo de la elaboración del presente proyecto se estima un incremento de un 10% en la producción de la línea por turno, lo que significa tener 27 unidades más por día, lo cual va a permitir adquirir el compromiso de aumento de demanda solicitado por el cliente.										

Fuente: Autor.

El Project Charter es un documento donde se recopila la información relacionada con el proyecto, el cual se plantea de manera formal. En este se establece el objetivo del proyecto, su alcance y la autorización por las gerencias de cada departamento, que son parte de las personas involucradas en la rendición de cuentas, así como las fechas de inicio y tentativa de finalización del proyecto de una manera clara y alineada con las personas involucradas. Además, es una base para la toma de decisiones a lo largo del proyecto y funciona como referencia para evaluar cualquier cambio necesario con el propósito de establecer si se ajusta al alcance u objetivos propuestos al inicio de la ejecución del proyecto.

En el Project Charter adjunto, se observan los puntos significativos tomados en cuenta en la ejecución del presente estudio; asimismo, se indica al gerente de producción, el gerente de ingeniería y la desarrolladora del proyecto, quien se encargó de efectuar diferentes revisiones con los *stakeholders* para brindar avances vinculados al proyecto.

### 4.1.2 FODA

Con el objetivo de tener una mejor visión de la situación de la empresa Samtec Interconnect Assembly, se realizó un análisis FODA para identificar las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de esta.

Figura 4.2: Análisis FODA de la empresa



Fuente: Autor.

De este modo, se llevó a cabo una reunión con los equipos de calidad, producción e ingeniería para determinar los factores que pueden influir en la ineficiencia de la producción y, por ende, en cumplir con la demanda requerida por el cliente. A continuación, se detalla el FODA elaborado.

## **Factores internos**

### **Fortalezas**

Preocupación por la mejora continua: La empresa trabaja con gran esfuerzo en la mejora continua de cada área, por lo cual el equipo gerencial acepta desarrollar proyectos que incluyan mejoras en la productividad y reducción de costos.

El flujo del material en la línea es constante: En la línea en estudio se realizó un *re-layout* del área en estudio hace aproximadamente 6 meses, donde se pudo mejorar el flujo del material para que fuera construido de manera constante y se disminuyeran ciertas mudas que existían en el proceso.

Incremento de la demanda en la línea de producción: Como parte de las empresas globales con mejor clientela, Samtec Interconnect Assembly recibe aumentos de demanda inesperadamente, lo cual lo posiciona en un lugar bastante favorable a nivel de manufactura.

### **Debilidades**

Resistencia al cambio: Después de trabajar durante varios años de una forma, se produce cierta resistencia al cambio por parte de los operarios cuando implica tener que ejecutar diferentes tareas en el proceso; por lo tanto, en ocasiones se hace un poco compleja la implementación de nuevos proyectos y se debe pasar por un período determinado de tiempo para generar aceptación y pasar la curva de aprendizaje que se origina en el equipo.

Falta de capacitación al personal con respecto al producto: Al no existir un estándar claro para construir el producto, no se cuenta con una capacitación correcta para el personal en cuanto a la forma en la cual el producto es construido o debe ser tratado, por esa razón surgen distintos tipos de problemas de calidad y resistencia al cambio con la implementación de nuevos métodos o proyectos por parte del personal operativo.

Temor de expandir la diversificación de productos: La empresa en general ha sido pionera a lo largo de los años en la construcción de componentes electrónicos, lo cual le ha permitido tener una cartera de clientes fijos; sin embargo, la tecnología utilizada en la actualidad está más avanzada que los conectores y cables construidos, por esa razón,

por el momento se considera una debilidad que no expandan su mercado a nuevas empresas.

## **Factores externos**

### **Oportunidades**

Implementación de nuevas tecnologías para optimizar el proceso: Samtec interconnect assembly es una empresa multinacional con poderosos clientes, sin embargo, ha quedado atrás en algunos puntos relacionados a la tecnología que posee actualmente, por ello es importante que tome en consideración la manera de ir actualizándose de acuerdo al mercado e ir implementando nuevas opciones de máquinas ó herramientas que permitan obtener personal y productos mejorados.

Mejora de la capacitación para aumentar la eficiencia: Como parte de la mejora continua en la cual la empresa está queriendo llegar, es importante que tome en consideración la capacitación del personal como una oportunidad de mejora con el fin de que los asociados tengan las herramientas necesarias para poder brindar un mejor servicio enfocado a la eficiencia.

Invertir en equipo de producción más moderno donde se pueda tener un mayor control de este: Otra oportunidad de mejora es que a lo largo de los años se han rezagado las máquinas que se poseen, aunque existe un gran potencial en los productos para hacer cambios por máquinas más modernas que permitan un mayor control de los procesos como tal.

### **Amenazas**

La competencia existente con otras empresas de manufactura electrónica: Aunque Samtec Interconnect Assembly es una empresa bastante sólida, a nivel global existen empresas que brindan productos a un muy bajo costo, lo cual provoca que en ocasiones los clientes opten por un producto más económico que realice una función similar al producto ofrecido por Samtec Interconnect Assembly.

Mejores ofertas de mercado en precio y calidad de producto: Como se expuso, parte de la mejora que en la actualidad se está trabajando en la empresa es el aumento de productividad, producción y calidad del producto final que está llegando al cliente, porque

internamente hay sedes en China donde se logra un producto de calidad impecable a un costo menor al ofrecido por Costa Rica; por esa razón, la casa matriz opta por llevarse productos contruidos en el país a un lugar más barato y que garantiza una mejor calidad. Pérdida de clientes por no cumplir con pedidos a tiempo: Debido al aumento de demanda en diferentes productos, se ha solicitado varios proyectos para optimizar procesos, aumentar la capacidad de las líneas y, de esa manera, cumplir con el número solicitado por el cliente; sin embargo, por distintos puntos mencionados como falta de estandarización, resistencia al cambio, entre otros, en ocasiones el objetivo se complica y los pedidos no son entregados a tiempo, lo cual puede implicar que los clientes busquen otras opciones a nivel de mercado.

#### 4.1.3 Matriz de estrategias

A continuación, se expone la matriz de estrategias del análisis FODA en la línea de producción de Seac, tomando en cuenta las fortalezas (F) con debilidades (D) y las oportunidades (O) junto con las amenazas (A).

Tabla 4.2: Matriz de estrategias FODA

	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Tomar los puntos fuertes de la compañía para poder desarrollar método en el cual el cliente pueda incrementar la demanda y con ello la empresa pueda incrementar la capacidad de sus líneas y considerar obtener máquinas de mejor tecnología para cumplir con el objetivo.	Incentivar la cultura de la mejora continua para aumentar la producción sin afectar la calidad del producto y con ello lograr que las órdenes estén en el tiempo estipulado y requerido por el cliente.
Debilidades	Generar un estudio robusto para generar un estándar de construcción del producto y con ello mejorar las capacitaciones en la correcta utilización de la herramienta para disminuir la desinformación y la resistencia al cambio a un nuevo proceso.	Brindar las herramientas necesarias para que los asociados sientan la confianza en el conocimiento del producto para que se pueda implementar proyectos de optimización con un equipo ampliamente capacitado.

Fuente: Autor.

De esta manera, (FO) se refiere a utilizar las fortalezas con el fin de aprovechar las oportunidades, (FA) es usar las fortalezas con el propósito de evitar el impacto de amenazas, (DO) corresponde a disminuir las debilidades con el uso de oportunidades y (DA) es disminuir las debilidades junto con las amenazas.

Seguidamente, se explican las estrategias según la matriz FODA:

### **Fortalezas/oportunidades (FO)**

Tomar los puntos fuertes de la compañía para desarrollar un método con el cual el cliente pueda incrementar la demanda y, con ello, también la empresa esté preparada para aumentar la capacidad de sus máquinas por medio de nuevas tecnologías, con el objetivo de que el grupo operativo tenga las herramientas necesarias para generar un flujo adecuado del material a lo largo de la línea.

### **Fortalezas/amenazas (FA)**

Utilizar el impulso de la empresa por la mejora continua para aprovechar el aumento de demanda e incrementar la producción al optimizar los procesos sin afectar la calidad del producto y lograr que las órdenes estén en el tiempo solicitado por el cliente.

### **Debilidades/oportunidades (DO)**

Generar un estándar robusto y mejorar las capacitaciones en la correcta utilización de la herramienta para disminuir la desinformación y la resistencia al cambio en cuanto a un nuevo proceso.

Es decir, si el personal a cargo del proceso posee un estándar que debe seguir, se encuentra mejor capacitado y entiende la importancia de que la empresa siga creciendo, se mejora la forma con la cual los proyectos de optimización son ejecutados e implementados en el piso de producción.

### **Debilidades/amenazas (DA)**

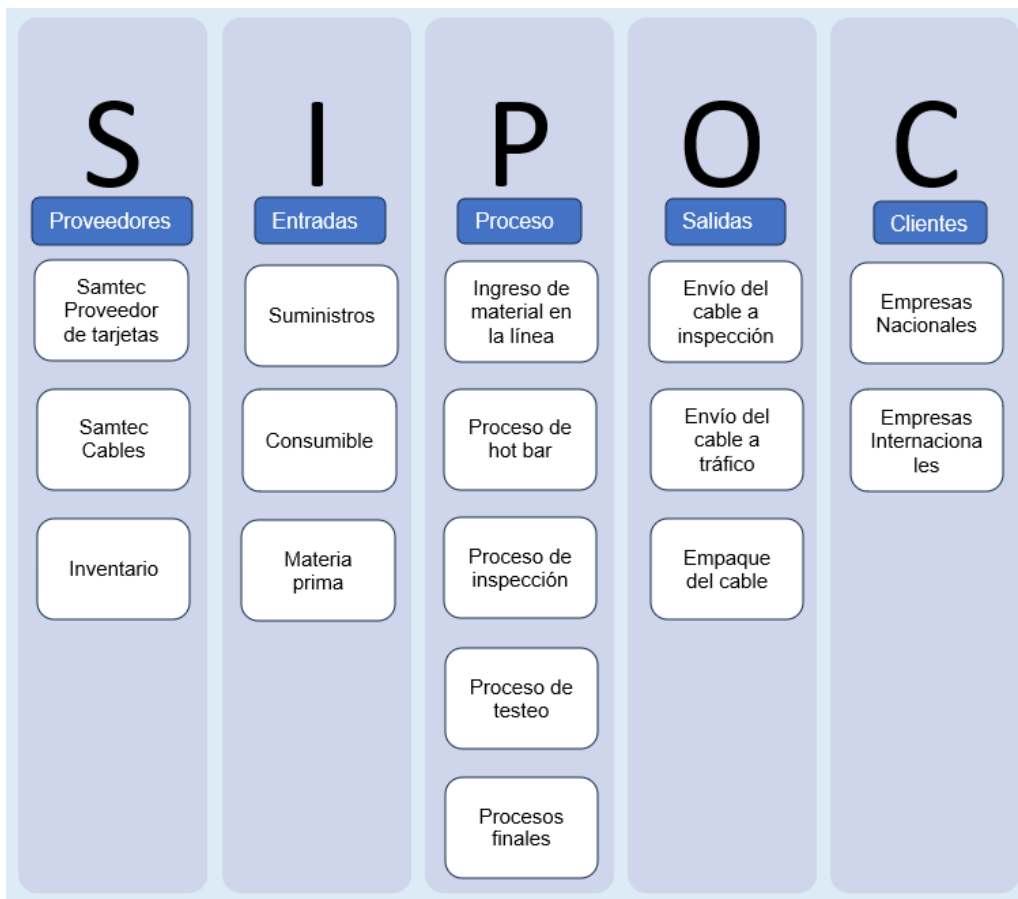
Brindar las herramientas necesarias a los colaboradores para que tengan la suficiente confianza en el producto, obtener un equipo ampliamente capacitado e implementar proyectos que impulsen a la mejora y desarrollo de la línea y empresa en general.

La estrategia en la cual se desarrolló la presente investigación fue (FA) fortalezas y amenazas, ya que en los puntos señalados en cada uno de los cuadros del FODA se identificó que el incremento de demanda y la mejora continua son fortalezas claves que se acoplan al proyecto en estudio; además, las amenazas detectadas van de la mano con las fortalezas porque si la demanda en incremento no es cumplida por la empresa, puede perder clientes y contratos sumamente importantes y experimentar un impacto económico negativo.

#### 4.1.4 SIPOC

Seguidamente, se muestra el diagrama de SIPOC elaborado para caracterizar un proceso.

Figura 4.3: Diagrama SIPOC del sistema productivo de Samtec Interconnect Assembly



Fuente: Autor.

**Suplidores (S):** Es la fase que se encarga de tener la materia prima para la construcción del ensamble, como se muestra en este caso:

**Samtec Interconnect Assembly procesador de tarjetas:** La mayoría de materia prima que Samtec Interconnect Assembly utiliza en sus productos es fabricada por la misma empresa en diferentes sedes del mundo, por lo que en este caso es su propio proveedor.

**Samtec Interconnect Assembly Cables:** Samtec Interconnect Assembly Cables se ubica en Costa Rica y Estados Unidos, lo cual hace más fácil obtener materia prima para la elaboración de sus ensambles.

**Inventario:** La parte de inventario es donde se almacena la materia prima y está lista para empacarse y desviarse a las distintas líneas de producción.

**Entradas (I):** Son los materiales necesarios para la elaboración y ejecución del proceso, como lo son en este caso para la construcción del cable Cadence: las tarjetas, el cable, el *housing*, los conectores y las etiquetas.

**Suministros:** Estos son los componentes para iniciar la construcción del producto, por ejemplo, pinzas, tijeras, *pokers* y cepillos.

**Consumibles:** Estos materiales no son parte del ensamble en sí, ya que no están incluidos en el BOM, pero son necesarios para la mayoría de los procesos, por ejemplo, bolsas, alcohol, flux, entre otros.

**Materia prima:** La materia prima es la base del producto, está incluida en el BOM del plano porque son los materiales con los requerimientos específicos solicitados por el cliente.

**Proceso (P):** Corresponde a la elaboración del producto desde el inicio hasta el final de la fase.

**Ingreso de material a la línea:** El líder de línea es la persona encargada de tener el material listo al inicio de la línea para la construcción del ensamble.

**Proceso de *hot bar*:** En el proceso de *hot bar* se une el cable a la tarjeta por medio del uso de una máquina semiautomática que expone el material a altas temperaturas y, con ello, se funde la soldadura de cada uno de los componentes para adherirse uno con el otro hasta formar el subensamble.

Proceso de inspección: En este proceso el asociado encargado de inspeccionar las piezas revisa bajo microscopio que el subensamble cumpla con los criterios de calidad correspondientes para pasar al próximo proceso.

Proceso de testeo: Una vez que el inspector se ha asegurado de que el cable cumple con las óptimas condiciones y criterios de calidad, procede a pasarlo a los respectivos procesos de testeo (máquina que conduce electricidad a los subensambles y, con esto, determina si el cable pasa o no pasa la prueba).

Procesos finales: En esta etapa del proceso, el asociado a cargo termina de dar los pasos finales y convierte el subensamble en uno completo y listo con las especificaciones solicitadas por el cliente.

**Salidas (O):** Cuando el proceso es completado, el producto se lleva a las siguientes etapas:

Envío del cable a inspección final: El Departamento de Calidad se encarga de revisar minuciosa y detalladamente el producto, con el fin de que esté en las mejores condiciones para exportarlo.

Empaquetado del cable: Este proceso se realiza en la fase final, se empaican los cables en bolsas para enviarse al Departamento de Tráfico.

Envío del cable a inventario: Este proceso se lleva a cabo con el objetivo de almacenar los cables listos para exportarse al cliente. Cuando estén listos para exportación, se embalan y se envían al cliente.

**Clientes (C):** Es la persona a la que se destina el producto elaborado.

Empresas nacionales: La empresa tiene una amplia cartera de clientes, por lo tanto, cuenta con clientes nacionales que compran productos de Samtec Interconnect Assembly para sus funciones.

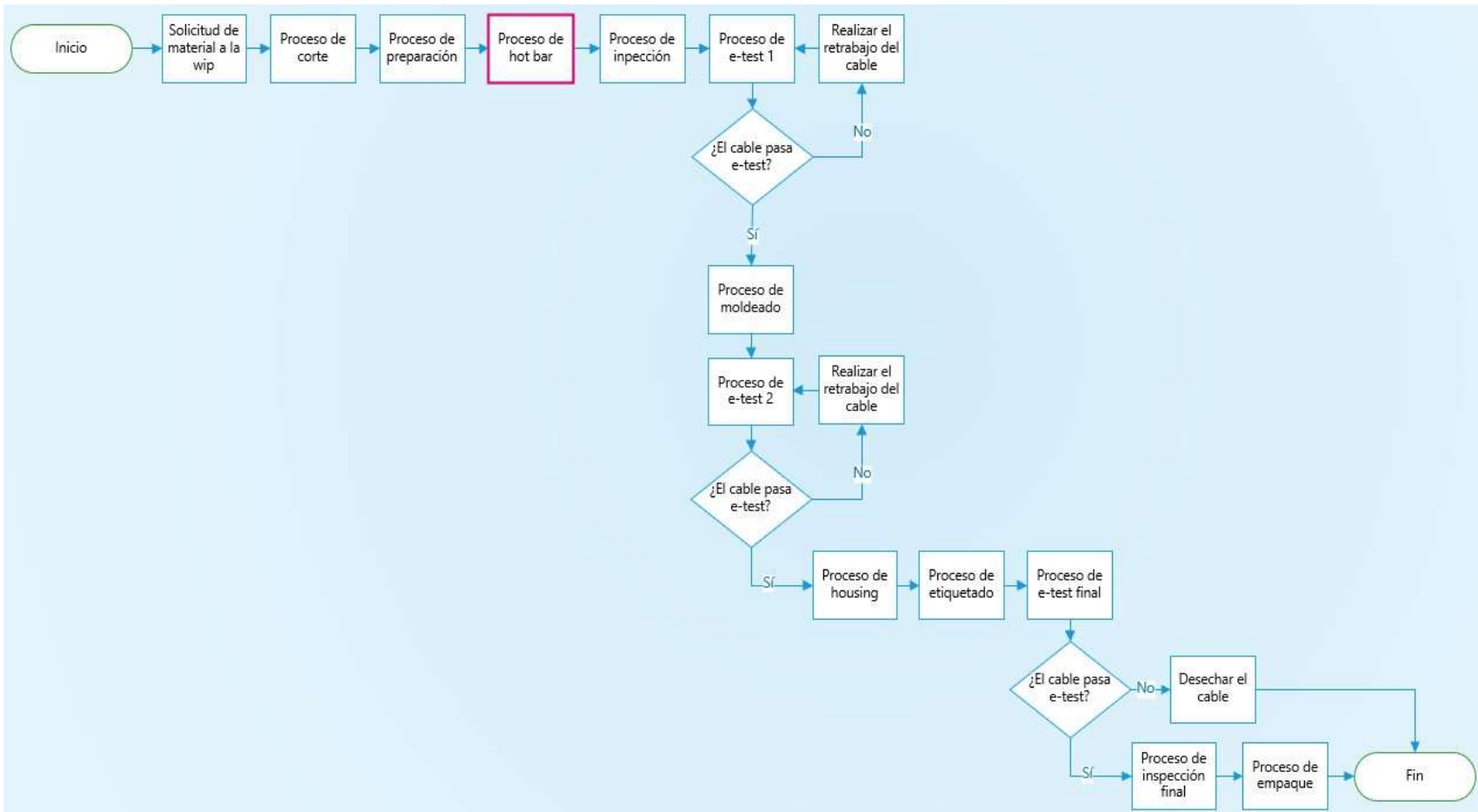
Empresas internacionales: El mayor impacto por la distribución de cables y conectores de la empresa es en el medio internacional, en este caso el cliente por el cual se realizó esta investigación se encuentra en Estados Unidos y se considera uno de los más importantes dentro del área.

#### **4.1.5 Diagrama de flujo**

Los diagramas de flujo son herramientas que permiten visualizar fácilmente y comprender los pasos secuenciales de un proceso.

Por esa razón, se consideró elaborar el siguiente diagrama donde se aprecia el proceso de construcción del cable de Cadence, desde el momento en que se realiza la solicitud de la materia prima al Departamento de Inventario hasta que los cables son enviados al proceso de empaque y se encuentran listos para exportarse al cliente.

Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso de manufactura



Fuente: Autor.

Según el diagrama anterior, el proceso inicia al solicitársele la materia prima al área de inventario; luego, cuando esta se encuentre en el piso de producción, se envía a los diferentes procesos productivos para transformarla en el producto final que se envía al cliente.

Con el fin de comprender mejor cada uno de los procesos, se detalla lo siguiente:

1. El cable es asignado a una orden específica y enviado al proceso de corte donde se ajusta a la medida solicitada por el cliente, después pasa al siguiente proceso.
2. Una vez el cable es cortado, se envía al proceso de preparación, donde es pasado por una máquina que expone y estaña las partes conductivas del cable, de este modo se logra obtener el cable listo para pasarlo a la línea de producción.
3. El cable preparado es recibido por el asociado del proceso de *hot bar* (máquina semiautomática que expone el cable a altas temperaturas). En este caso, el cable se alinea sobre una tarjeta con componentes internos y el asociado procede a activar el ciclo de la máquina que contiene dos tiempos. En el primero, el cable y la tarjeta son expuestos a diferentes parámetros de temperatura con el propósito de pegar los conductores del cable a la tarjeta y, en la segunda parte del ciclo, el asociado debe detener la máquina para colocar una banda de soldadura sobre el *shield* y con esto lograr que la soldadura del cable, la soldadura en la tarjeta y la banda colocada se fundan a altas temperaturas para que el ensamble quede unido entre sí.
4. Cuando el ensamble esté unido, es colocado en la estación de inspección, ahí la persona encargada (inspector) lleva a cabo la revisión del ensamble bajo microscopio para detectar que los criterios de calidad estén de acuerdo con los requerimientos del cliente.
5. En el siguiente proceso de *e-test* (máquina que expone al ensamble a pruebas eléctricas), se testa el producto para detectar si hay problemas eléctricos en el ensamble, por lo que se conecta el cable a la máquina y esta indica con un mensaje en la pantalla si el cable pasa la prueba o falla la misma.
6. Si el cable falla la prueba eléctrica, la revisa el inspector para descartar algún problema visual; si esta falla la prueba por segunda vez, se desecha, ya que

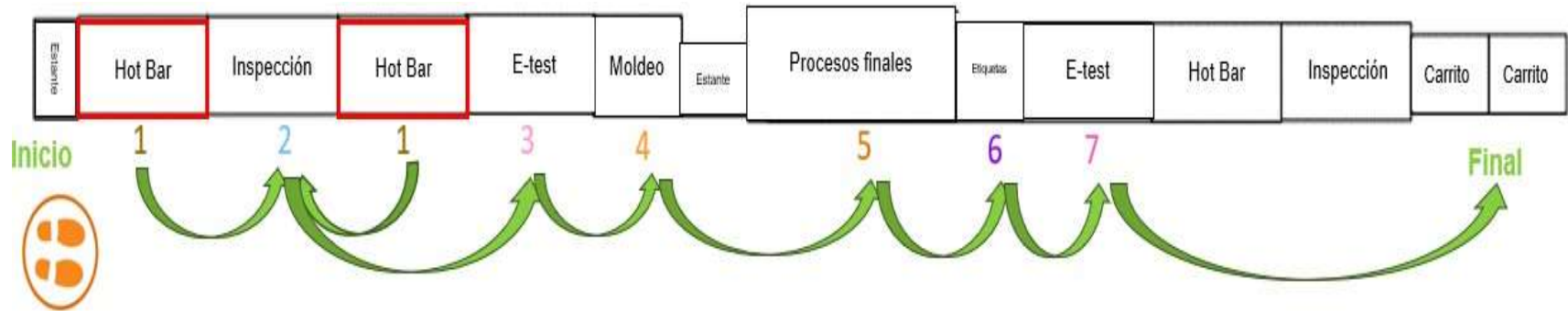
significa la existencia de un problema interno en el ensamble que no puede repararse.

7. Cuando el ensamble pasa la prueba eléctrica, se envía al moldeado donde, con una máquina, se coloca un recubrimiento de plástico para proteger las partes conductivas del cable.
8. De nuevo el ensamble se envía al proceso de *e-test* para comprobar que no haya sufrido cambios o modificaciones durante el proceso de moldeo.
9. Luego los ensamblados son enviados al proceso de *housing*, el cual es una carcasa donde se colocan 2 subensambles para crear un ensamble completo y, con ello, formar el producto requerido por el cliente.
10. El ensamble completo se envía al proceso de etiquetado para identificar el cable y poder dar la trazabilidad necesaria del producto.
11. Después el cable es sometido a una última prueba de *e-test* para corroborar que el cable por enviar al cliente está en las óptimas condiciones y cumple con los estándares de calidad adecuados.
12. Una vez que salen de la línea de producción, los cables son enviados a la estación de inspección del Departamento de Calidad, donde siguen los lineamientos necesarios para asegurar que el producto cumple con todos los requerimientos.
13. Cuando el Departamento de Calidad aprueba los ensamblados, se envían a la línea de empaque para ponerlos en bolsas y enviarlos al cliente.

#### **4.1.6 Gemba Walk y círculo de Ohno**

Con la finalidad de conocer cómo se ve la línea de producción de Seac y cómo se transporta el material y se distribuyen los asociados a lo largo de esta, se efectuó un Gemba Walk.

Figura 4.5: Gemba Walk de la línea de Seac



Fuente: Autor.

De acuerdo con la aplicación de esta herramienta, se apreció lo siguiente:

**Observación 1:** Durante el recorrido se detectó que los asociados de *hot bar* tienen diferentes maneras de ejecutar el proceso, lo cual genera la inexistencia de un método específico o estandarizado y esto influye en los tiempos que tardan los asociados realizando la misma función.

Por ejemplo:

- Asociados que pausan la máquina para colocar la banda de soldadura en la segunda fase del ciclo de esta.
- Otros operarios colocan la banda de soldadura mientras la máquina continúa con su ciclo normal, lo cual puede llegar a provocar que el *thermode* majee y quemee al asociado.
- Distintos operarios mantienen el material sobre el *tooling* y otros lo mantienen en cajas.

Debido a que existen diversas formas en las que se ejecuta el proceso, los tiempos de este pueden variar y provocar un impacto directo en la producción de la línea.

**Observación 2:** En este punto de la investigación, se identificó que los parámetros de temperaturas de las máquinas son diferentes a pesar de que se trabaja el mismo material; además, se revisó contra la documentación del sistema de la empresa y se detectó que las máquinas no tienen las temperaturas ni tiempos especificados en la documentación, lo cual provoca que el tiempo ciclo posea variaciones y no haya un control para los ajustes de temperatura por parte del equipo técnico.

Figura 4.6: Instrucción de PICS del proceso actual de hot bar

**Uso de banda de soldadura**

Utilice la banda de soldadura de 0,005" de espesor en la pantalla. La longitud recomendada para la cinta de soldadura es de 0,230", pero la longitud puede aumentarse para asegurar que los filetes de blindaje se hacen en la hot bar o disminuirse para reducir el retoque de la bola de soldadura debido al exceso de soldadura.

Configurar perfil HB

**Ajustes de presión:**

Cabezal Izquierdo Delantero: 7.0 psi  $\pm$ 1.0 psi Cabezal Izquierdo Trasero: 0 psi

Cabezal derecho delante: 7,5 psi +1,5/-1,7 psi Cabezal derecho detrás: 0 psi

**Ajustes Uniflow:**

Se requiere Uniflow 4

**IC:**

Base: 250°C +40°C/-10°C Aumento 1: 1 s

Precalentamiento: 350°C  $\pm$ 25°C durante 1,5 s +0,5/-0 s Subida 2: 1,5 s +0,5/-0 s

Reflujo: 400°C +25°C/-10°C durante 1 s +0,5/-0,2 s

Enfriamiento: 190°C  $\pm$ 10°C

**SH:**

Base: 250°C  $\pm$ 20°C Subida 1: 1s  $\pm$ 0,5 s

Precalentamiento: 390°C +10°C/-15°C durante 2 s  $\pm$ 0,5 s Subida 2: 2 s  $\pm$ 0,2 s

Reflujo: 350°C  $\pm$ 25°C durante 2 s +0,2 /-0,5 s

Enfriamiento: 180°C +10°C/-0°C

Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Con relación a la figura anterior, tomada directamente del sistema utilizado en la empresa para llevar el control de los ajustes de las máquinas del cuarto (PICS), se observan los distintos parámetros y solicitudes actuales del proceso de *hot bar* para lograr un buen ajuste de estas.

En la siguiente figura, se aprecian los parámetros empleados en la *hot bar* #1, los cuales no calzan con los perfiles utilizados en los PICS porque los tiempos y la temperatura son más altos de lo solicitado, esto produce un atraso en el proceso e impacta a la producción de la línea ya que entre más tiempo y más temperatura se coloque, más lento será el tiempo que logre la máquina en alcanzar los perfiles colocados.

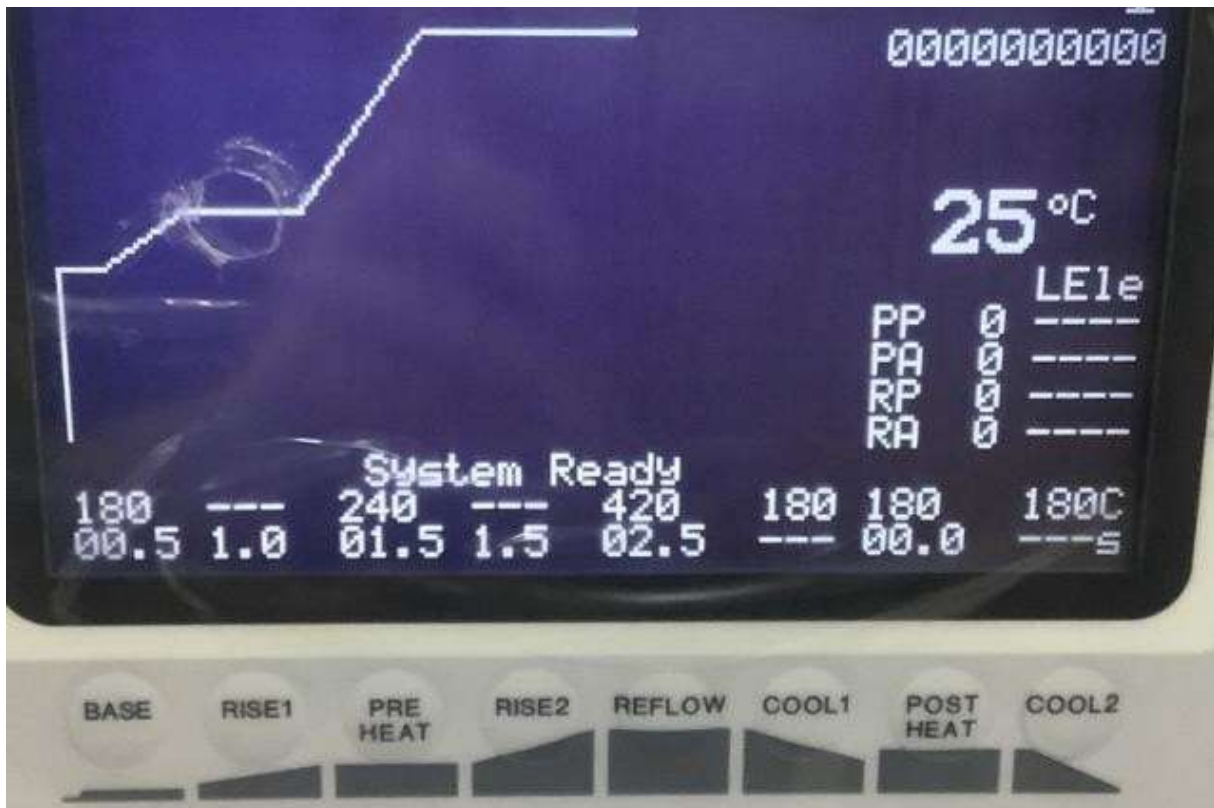
Figura 4.7: Parámetros de la hot bar #1



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

A continuación, se muestra una segunda figura de los parámetros usados en la máquina #2, los cuales se encuentran diferentes a la máquina #1 y a los perfiles solicitados en los PICS, esto indica que no existe una estandarización ni control en los perfiles de las máquinas. Así, a partir de lo hallado se espera controlar por medio de un sistema Poka Yoke los parámetros que se colocan en las *hot bar* y evitar discrepancias entre ellas y los PICS.

Figura 4.8: Parámetros de la hot bar #2



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

**Observación 3:** Durante el recorrido fue posible notar que las tarjetas utilizadas en el proceso de *hot bar* poseen algunas deficiencias en la cantidad de soldadura de cada uno de los *pad* de las mismas. Es decir, el material tiene inconsistencias que provocan que los perfiles de temperatura no se adapten para todos los casos y esto ocasione no obtener el mismo resultado cuando la soldadura es refluida; por ende, incremente la cantidad de tiques al soporte técnico y el inspector debe llevar a cabo más retrabajos en los ensambles.

De acuerdo con el sistema PICS usado en la empresa, las correctas alturas de soldadura en las tarjetas deben ser las siguientes:

Figura 4.9: Alturas de soldaduras de las tarjetas según PICS

HDR-206197-XX-SEAC	
SUB-SEAC-PCB-1-030-S-1	
Ground of solder	0.0036" $\pm$ 0.002"
Maximum tolerance	0.0056"
Minimum tolerance	0.0016"
Instrument of measurement	Dropgauge

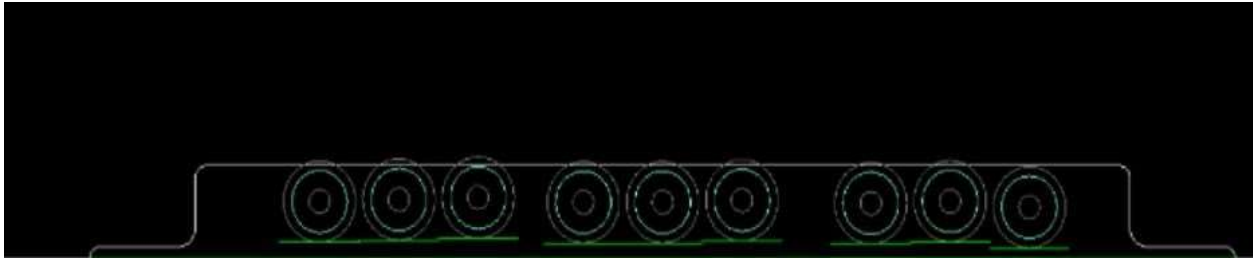
Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Según la figura adjunta, la altura de la soldadura debe ser de 0.0036" con una tolerancia de  $\pm$ 0.002", por consiguiente se realizó la medición de las tarjetas para detectar la discrepancia real presente en las tarjetas utilizadas en el proceso de *hot bar* para la línea de Seac y, con ello, escalar al equipo de China la existencia de un problema con la materia prima que debe ser corregido con el fin de evitar situaciones que impacten la producción de la línea e impidan alcanzar la demanda esperada.

**Observación 4:** Por parte del *tooling* empleado en la máquina, se identificó que el *thermode* de *shield* utilizado no hace un contacto directo con el material, esto ocasiona que el calor no se propague de manera correcta y no refluya la soldadura de la mejor forma.

Mediante un dibujo con la aplicación Draftside, se observó el comportamiento del *thermode* con respecto al contacto que tiene con la tarjeta, identificando que debido a las inconsistencias en las alturas de las soldaduras del *pad* en la tarjeta, este toca de manera superficial el cable, lo cual provoca una mala propagación del calor por parte del *thermode* y, por ende, que la soldadura no refluya bien y genere retoques innecesarios en el proceso de inspección, esto puede llevar a problemas eléctricos en los siguientes procesos. Por esa razón, es necesario crear un *thermode* adaptado a las condiciones actuales de las tarjetas para una correcta propagación del calor al ensamble sin la necesidad de utilizar la banda de soldadura.

Figura 4.10: Comportamiento de la altura de la soldadura en el material



Fuente: Equipo de manufactura de Samtec Interconnect Assembly, 2023.

## 4.2 MEDIR

Respecto a la segunda etapa del estudio, se utilizaron varias herramientas con el fin de conocer y comprender la situación actual del proceso y, con esto, determinar la magnitud del problema y las oportunidades de mejora que aportan a la ejecución del proyecto.

En este paso, la precisión y selección adecuada de los datos fue muy importante para seleccionar los puntos de enfoque, además de generar una base sólida para las siguientes etapas de la metodología DMAIC.

### 4.2.1 Encuesta

Actualmente el área de HDR está conformada por 100 personas por turno de las cuales 42 colaboradores trabajan en procesos de *hot bar* de todo tipo de productos, ya que hay una rotación del personal a lo largo de las diferentes líneas cada 2 semanas.

Cabe recalcar que la línea cuenta con 2 máquinas *hot bar* operadas por 2 asociados, por consiguiente, se procedió a consultar con los supervisores del área la cantidad de personas que han trabajado el producto en estudio, quienes indicaron que tienen 6 asociados de cada turno identificados para ensamblar ese producto según la rotación del mes.

Por lo tanto, se realizó una encuesta a los 6 asociados por turno que han trabajado en el proceso de *hot bar* para la línea de Seac, con el objetivo de conocer un poco más acerca de las variables que pueden estar provocando atrasos en la línea en el transcurso de cada turno.

En el apéndice 1 se muestran más detalles de la encuesta completa hecha a 18 operarios (contemplando los 3 turnos) relacionados con la línea y el producto.

Ahora bien, la primera pregunta se enfocó en el tiempo que tienen los asociados trabajando en el proceso de *hot bar*, específicamente para la línea de Seac.

Figura 4.11: Primera pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en el proceso de hot bar en la línea de producción de Seac?



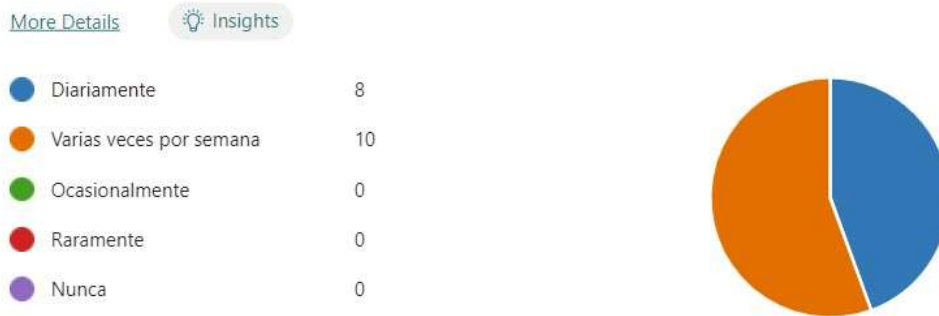
Fuente: Autor.

Los datos arrojados indicaron que 9 colaboradores tienen de 1 a 2 años de trabajar en el proceso de *hot bar* de esa línea en específico; luego siguen 6 personas con más de 3 años de experiencia en el proceso y el producto; mientras 2 personas cuentan con menos de 1 año de estar en la línea, sin embargo, poseen experiencia en el proceso, pero en otros productos de área.

La segunda pregunta se basó en la frecuencia de los problemas existentes en el proceso de *hot bar* que provocan atrasos en la producción del producto en estudio.

Figura 4.12: Segunda pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

2. ¿Con que frecuencia enfrenta retrasos en la producción en la línea de Seac del producto Cadence por problemas de hot bar?



Fuente: Autor.

Según las respuestas de la pregunta anterior, 10 operarios que han trabajado en la línea indicaron experimentar problemas en la máquina varias veces por semana y 8 operarios señalaron que a diario. Por consiguiente, existe una ineficiencia en las máquinas que provoca abrir tiquetes constantemente para realizar ajustes en los perfiles de las *hot bar*, lo cual ocasiona atrasos en la línea que impiden cumplir con la demanda solicitada.

En la tercera pregunta se cuestionó el contacto generado por el *thermode* con el cable y la tarjeta.

Figura 4.13: Tercera pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

3. ¿Cómo es el contacto que genera el *thermode* con el cable y la tarjeta?



Fuente: Autor.

De acuerdo con las respuestas proporcionadas por los asociados encuestados, existe una mejora que se debe efectuar al *thermode* para generar un mejor contacto con el cable y la tarjeta, con el fin de lograr que la soldadura refluya sin la necesidad de usar la banda de soldadura en el segundo ciclo de *hot bar*.

En la cuarta pregunta se obtuvieron opiniones relacionadas con el mantenimiento de las máquinas hecho por el equipo de técnicos.

Figura 4.14: Cuarta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

4. ¿Existe un correcto mantenimiento de la maquinas de hot bar por parte del equipo técnico? (Cambios de thermodes a tiempo, cambio de cables , limpieza de contactos,etc)



Fuente: Autor.

Se determinaron 2 opiniones sobre el mantenimiento del equipo técnico, pues la mitad de los encuestados opinó que no existe un correcto mantenimiento y la otra mitad señaló que sí se lleva a cabo de la mejor manera; por lo tanto, puede no existir un mismo servicio en todos los turnos.

En cuanto a la quinta pregunta, se conocieron opiniones vinculadas con el mantenimiento de las máquinas realizado por el equipo de técnicos.

Figura 4.15: Quinta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

5. ¿Los materiales y suministros se encuentran siempre a disposición de los asociados en la línea?

[More Details](#)

 Insights

 Sí	7
 No	11



Fuente: Autor.

De acuerdo con las respuestas, 11 asociados opinaron que los materiales y suministros no se encuentran a tiempo y disposición de los asociados de la línea y los otros 7 comentaron que los materiales y suministros sí se encuentran en la línea cuando son requeridos por los asociados, lo cual significa que el seguimiento y servicio por parte de los líderes de la línea no es el óptimo en todos los turnos y eso ocasiona atrasos innecesarios que perjudican directamente la producción.


En la sexta pregunta, se buscó conocer la opinión de los operarios respecto a la capacitación que tienen en el proceso de *hot bar* en la línea en estudio.

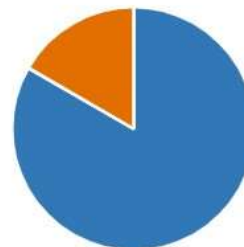
Figura 4.16: Sexta pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

6. ¿Considera usted que se encuentra bien capacitado para realizar las funciones que el proceso de hot bar requiere?

[More Details](#)

 Insights

 Sí	15
 No	3



Fuente: Autor.

De acuerdo con la información brindada, 15 operarios indicaron que la capacitación proporcionada para la ejecución del proceso está bien, mientras la minoría señaló que no están bien capacitados para realizar el proceso. En este caso es importante recalcar que la experiencia en el proceso puede generar un estado de confort a los asociados que permite ejecutar la construcción del ensamble sin mayor problema.

En la séptima pregunta se apreció la opinión de los 3 asociados inconformes con la capacitación brindada por el equipo de producción para ejecutar la construcción de los ensambles.

Tabla 4.3: Séptima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

7. Justifique a razón del por qué su respuesta es "No"

3 Responses

ID ↑	Name	Responses
1	anonymous	No existe una matriz de entrenamiento clara
2	anonymous	No hay un estrenamiento robusto
3	anonymous	Existen diferentes criterios por lo que se dificulta saber cual es el correcto

Fuente: Autor.

Según las respuestas brindadas por los asociados encuestados, la disconformidad respecto a la capacitación se dirige a que no existe una matriz de entrenamiento clara y los criterios usados no son claros por lo que le genera confusión a la parte productiva.

En la octava pregunta de la encuesta se pretendió conocer la opinión de los asociados respecto a la materia prima (tarjetas) que reciben para trabajar.

Figura 4.17: Octava pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

8. ¿Considera usted que existen inconsistencias en la altura de la soldadura en las tarjetas?



Fuente: Autor.

De acuerdo con la opinión de los asociados encuestados, es notoria la existencia de un problema relacionado a la materia prima recibida por parte del *vendedor*. Cabe resaltar que el material es funcional, sin embargo, al haber variaciones en las alturas de la soldadura, los perfiles de las máquinas no calzan para todas las tarjetas, esto desencadena que se abran *tickets* con la finalidad de ajustar los perfiles de las *hot bar*, lo cual al final se traduce en atrasos en la producción al tener las máquinas *down* esperando por un arreglo que se ajuste a las necesidades del momento.

En la novena pregunta se requirió la opinión de los asociados para saber si el proceso se ejecuta de una manera estandarizada o si hay diferencias entre los operarios que lo realizan.

Figura 4.18: Novena pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

9. ¿Considera que el proceso de hot bar se realiza de una manera estandarizada?

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> Sí	0
<span style="color: orange;">●</span> No	18



Fuente: Autor.

En este caso, el 100 % de los encuestados opinaron que no existe una estandarización en la forma de realizar el proceso, pues al igual que se detectó en la caminata Gemba, cada uno de los operarios de *hot bar* lleva a cabo el proceso de acuerdo con la costumbre y no usa el mismo método, esto ocasiona que unos asociados ejecuten el proceso de una manera más rápida o lenta, lo cual repercute en la producción final de la línea.

Con relación a la décima pregunta, se buscó saber la opinión de los asociados respecto a la coordinación existente por parte del *planner* a la hora de generar la planificación de las órdenes que se corren en la línea.

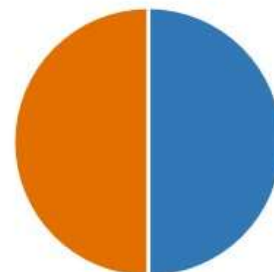
Figura 4.19: Décima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

10. ¿Existe una falta de planificación y coordinación por parte del planner?

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> Sí	9
<span style="color: orange;">●</span> No	9



Fuente: Autor.

Según las respuestas brindadas por parte de los operarios de *hot bar*, se encontraron opiniones divididas ya que un 50 % indicó que sí existe una buena planificación de las órdenes y el otro 50 % mencionó que falta orden en la coordinación de estas.

En la undécima pregunta, se esperó que los asociados señalaran si el seguimiento de la documentación se realiza de la mejor manera o si hay alguna deficiencia en este punto.

Figura 4.20: Undécima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

11. ¿Existe una falta de seguimiento de la documentación por parte de los asociados (PICS, planos)?

[More Details](#)

 Insights

 Sí	14
 No	4



Fuente: Autor.

De acuerdo con las respuestas de la pregunta anterior, 14 asociados indicaron que sí hay una falta de seguimiento en la documentación por parte de los operarios, lo cual es fundamental detectar porque existen cambios que pueden generarse a lo largo de los sistemas de la empresa y con la omisión de la información se producen fallos en la calidad, *scrap* y, por ende, atrasos en las órdenes que no permiten cumplir con la demanda del cliente.

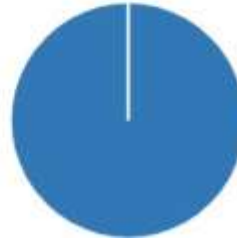
En la duodécima pregunta, fue importante saber si los asociados notan inconsistencias en los parámetros de temperatura utilizados en las *hot bar*.

Figura 4.21: Duodécima pregunta de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

12. ¿ Considera usted que existen inconsistencias en los parámetros de temperatura de las maquinas de hot bar?

[More Details](#)

● Sí	18
● No	0



Fuente: Autor.

En este caso, el 100 % de los asociados coincidieron en que existen diferencias entre los parámetros de temperatura de las máquinas en la línea y, como se observó en el Gemba realizado, no coinciden los parámetros de las máquinas respecto a lo que solicita el sistema de Samtec Interconnect Assembly, por lo que fue un punto importante por revisar en la investigación actual.

Referente a la pregunta número 13 de la encuesta, se esperó conocer la opinión de los asociados en cuanto al seguimiento y servicio brindado por parte de los líderes de línea y supervisores.

Figura 4.22: Pregunta 13 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

13. ¿Considera usted que existe falta de seguimiento por parte de las jefaturas?

[More Details](#)

Insights

● Sí	11
● No	7



Fuente: Autor.

Según los datos anteriores, 11 asociados indicaron que sí hay seguimiento por parte de las jefaturas y los otros 7 señalaron que tienen un buen servicio por parte de los supervisores y líderes de línea, lo cual puede generar opiniones distintas por tener diferentes equipos de líderes en los distintos turnos.

En la pregunta número 14 de la encuesta, se muestran las respuestas de los asociados relacionadas a la pregunta número 13.

Tabla 4.4: Pregunta 14 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac  
14. Justifique la razón del por qué su respuesta es "sí"

18 Responses

ID ↑	Name	Responses
1	anonymous	No se encuentran involucrados en piso
2	anonymous	Muchas veces se les comenta situaciones, y no estan enterados
3	anonymous	no se le da el seguimiento diario a la planeación de este producto
4	anonymous	Falta de control y de supervision
5	anonymous	Algunas acciones correctivas no se llevan a caba por lo que los procesos no mejoran
6	anonymous	.
7	anonymous	No mantienen una constante verificacion de la lineas lo que causa mala comunicacion.
8	anonymous	No se le da seguimiento a los problemas o se obtienen respuestas concretas
9	anonymous	Falta una correcta planeacion de la produccion, casi siempre hay que estar corriendo con las ordenes y el material no siempre esta disponible y listo

Fuente: Autor.

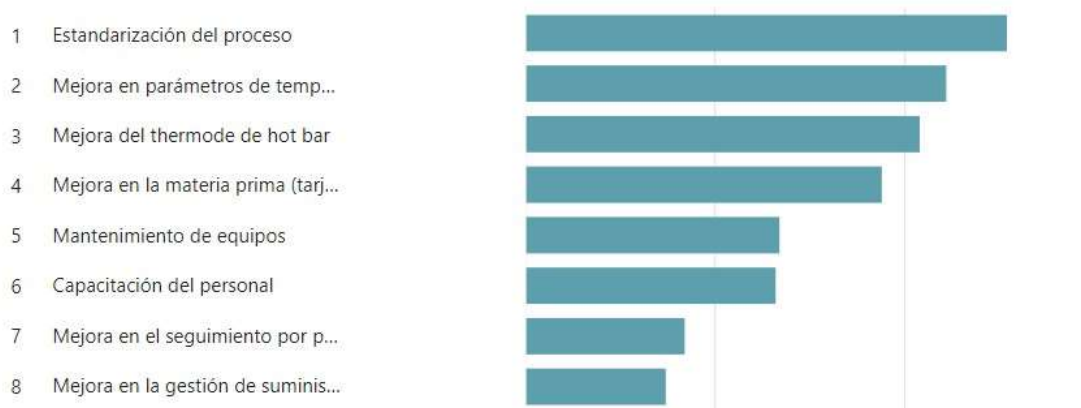
Se obtuvieron diferentes opiniones de los asociados con respecto al seguimiento brindado por parte de las jefaturas. Así, existe una disconformidad porque no hay un conocimiento real ni una respuesta expedita, lo que termina generando atrasos en la línea que afectan el *output* final al no cumplir con las fechas comprometidas por el *planner*.

En la pregunta número 15 de la encuesta, se pretendió que los asociados generaran un orden de prioridades a las acciones que deben trabajarse inmediatamente para aumentar la producción de la línea y, con ello, cumplir la demanda adquirida con el cliente.

Figura 4.23: Pregunta 13 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

15. Ordene las siguientes opciones del 1 al 8 (siendo la 1 de mayor prioridad y la 8 con menor prioridad) las áreas considera que necesita una mejora inmediata para aumentar la eficiencia en el proceso de hot bar.

[More Details](#)



Fuente: Autor.

Según la figura anterior, se obtuvieron las siguientes acciones de acuerdo con la opinión de las personas encuestadas:

- En primer lugar, se debe trabajar la estandarización del proceso para aumentar la eficiencia de la línea.
- En segundo lugar, trabajar en los parámetros de temperatura ayudaría a aumentar la eficiencia de la línea y cumplir con la demanda adquirida.
- Por su parte, en tercer lugar, el *thermode* debe mejorarse para generar un mejor contacto con el cable y la tarjeta.
- En cuarto lugar, es necesario enfocarse en la materia prima (tarjetas) recibida en la línea de producción para obtener un mejor control en el proceso.
- Los encuestados opinaron que el mantenimiento de los equipos debe estar en quinto lugar por revisar.
- Los encuestados indicaron que la capacitación del personal debe trabajarse de sexto lugar.

- La mejora en el seguimiento por parte de las jefaturas debe estar en séptimo lugar por trabajar.
- Las personas encuestadas señalaron que la mejora en la cuestión de suministros es el último punto que debe trabajarse y no influye tanto como los demás.

En la pregunta 16 de la encuesta, se pretendía que los asociados generaran opiniones donde indicaran las causas que creyeran influyentes directamente en la ineficiencia de la producción de la línea.

Tabla 4.5: Pregunta 15 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac

16. Escriba 2 posibles causas que considere que provocan la falta de eficiencia en la producción de la línea de Seac del producto Cadence.

### 18 Responses

ID ↑	Name	Responses
1	anonymous	Materiales y Tooling
2	anonymous	thermode y tarjetas
3	anonymous	Los tickets en las maquinas de HB provocan gran demora, los problemas de calidad debido a que no se logra refluir la soldadura. adicional a la meta que se completa por turno no es la indicada para cumplir con la demanada semanal.
4	anonymous	Falta de estandarizacion del proceso y inconsistencias de medidas en materias primas
5	anonymous	Falta de estandarización del proceso, variaciones de alturas en las materias primas (tarjetas)
6	anonymous	1. En una misma corrida los perfiles se deben varias para poder alcanzar un producto aceptable ya sea porque las tarjetas tiene mucha o poca soldadura. 2. Todos los turnos realizan el proceso de manera distinta.
7	anonymous	Revision de materia prima antes del proceso Falta de Estandarizacion del proceso

8	anonymous	La diferencia de alturas de las soldaduras más el uso del ribbon. Los parametros de HB no están estandarizados
9	anonymous	Falta de seguimiento, falta de materiales
10	anonymous	Por que el proceso no está estandarizado por lo que cada persona corre diferente / No todos pueden colocar el ribbon de una manera rapida por lo que aveces puede variar mucho los tiempos.
11	anonymous	la falta de personal con experiencia desarrollada en el proceso correspondiente y la inconsistencia en los materiales - las pcbs y los cables no siempre tienen las mismas medidas de soldaduras lo que provocan diferentes resultados en las HB
12	anonymous	Mantenimiento y seguimiento
13	anonymous	El proceso no está estandarizado y variación en el estado que llega la materia prima.
14	anonymous	todos hacen el proceso como mejor les parece// Los cables aveces dan problemas en la e-test y hay que abrir ticket para que los tecnicos revisen y ajusten las maquinas
15	anonymous	Los supervisores no conocen de los procesos y no saben como resolver los problemas de la línea// Las maquinas dan mucho problema con las temperaturas, una maquina es mas lenta que la otra y una persona puede sacar mas cables que la otra y eso afecta por que no se puede cumplir el output de la línea
16	anonymous	Las tarjetas tiene mucha soldadura y hace bolas de soldadura o tienen poca y no pega y eso aumenta que el inspector retrabaje los cables y eso le quita mucho tiempo// A veces los perfiles que la hot bar no estan iguales en las 2 maquinas y eso hace que se atrase alguno de los 2 operarios
17	anonymous	falta de estandarizar el proceso de manera adecuada por que todos los asociados lo hacen de diferentes formas// las maquinas dan mucho problema durante el turno y varias veces por semana , por que no refluyen bien o por que tiene mucha temperatura y quema el cable
18	anonymous	Capacitar mejor a los supervisores y líderes para que ayuden con el flujo de la línea y a resolver problemas pequeños// Las tarjetas vienen con la altura de soldadura diferentes y eso provoca que hayan problemas con refluir el material// los parametros de las maquinas son diferentes y tienen tiempos distintos

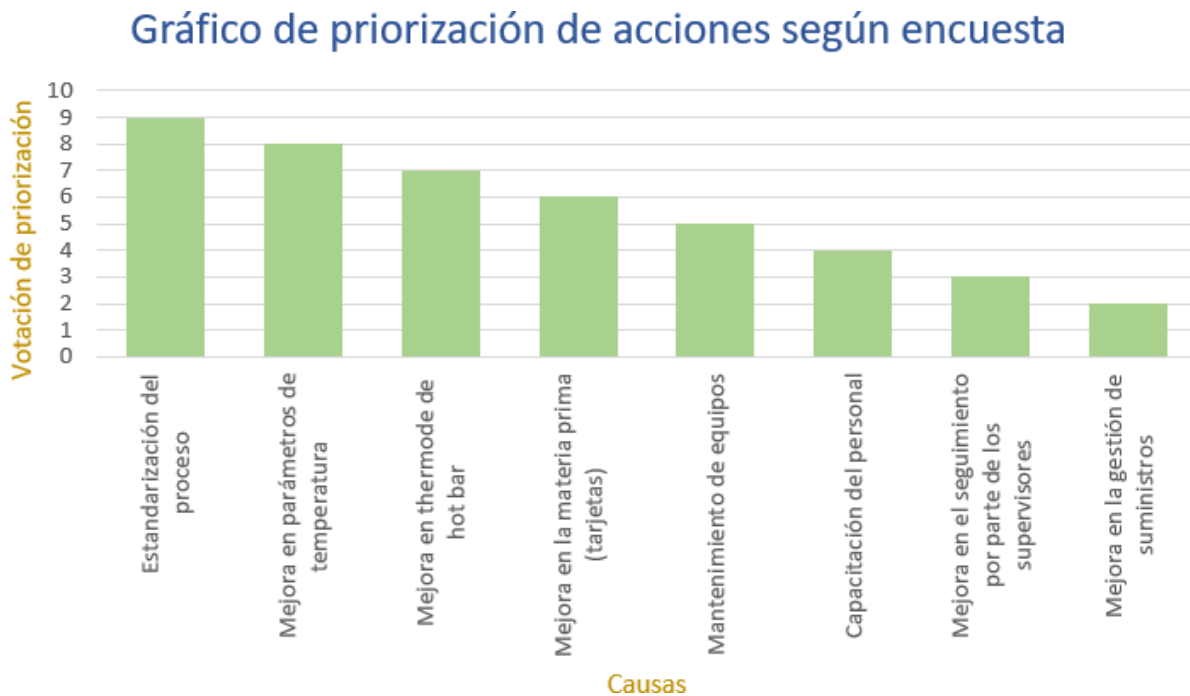
Fuente: Autor.

A partir de esta información, se realizó la lluvia de ideas y se continuó con la ejecución de las distintas herramientas ingenieriles para mejorar la eficiencia en la producción de la línea y, de este modo, cumplir la demanda solicitada por el cliente.

#### 4.2.2 Gráfico de barras

Considerando los datos recolectados en la pregunta 15 de la encuesta anterior, por medio de la creación de un gráfico de barras se muestra la opinión de los colaboradores del proceso de *hot bar* respecto a las causas que creen deben priorizarse de lo más urgente a lo menos urgente, para tomar las acciones necesarias en el presente estudio.

Figura 4.24: Pregunta 15 de la encuesta realizada en el proceso de hot bar de la línea de Seac



Fuente: Autor.

De acuerdo con la figura anterior, los asociados del proceso de *hot bar* señalaron como primera opción la estandarización del proceso ya que con ello se genera un control y se evitan resultados diferentes en tiempos de ciclo, calidad del producto, entre otros.

Ahora bien, los asociados indicaron que la siguiente acción de mejora debe ser respecto a los parámetros de temperatura de la máquina, porque con el análisis es viable generar parámetros distintos que den mejores resultados en comparación con los actuales.

Como tercer punto, se mencionó la mejora del *thermode* de *hot bar* porque el contacto que hace el *thermode* actual con el material no es suficiente para la transferencia de calor requerida con el fin de que el cable refluya sin la necesidad de usar la banda de soldadura en el proceso.

En cuanto a la cuarta opción, se estableció la mejora en la materia prima como necesaria para lograr un control robusto en lo que se recibe y trabaja en la línea, con el propósito de evitar atrasos por ajustes innecesarios al no tener un producto estable en la condición de altura de la soldadura, lo que ocasiona diferentes inconsistencias en los resultados de los cables.

Respecto al puesto cinco, se encuentra el mantenimiento de equipos como la siguiente prioridad por trabajar, pues con un buen seguimiento y mantenimiento de los equipos es posible implementar acciones preventivas para que las máquinas estén detenidas el menor tiempo posible y, así, evitar el impacto en el *output* final de la línea.

En el siguiente punto, con relación a la capacitación del personal, se reveló que los asociados consideraron que falta una mejor preparación en el proceso y, por ello, hay discrepancias en cómo realizarlo.

En el penúltimo punto, se indicó que la falta en el seguimiento por parte de los supervisores puede influir de gran modo en la ineficiencia de la producción de la línea, lo que produce atrasos e impide cumplir el objetivo al final del turno.

Por último, se hizo referencia a una mejora en la gestión de suministros de la línea, porque algunos asociados señalaron experimentar atrasos por falta de material para laborar de una manera fluida, lo cual puede originar que los asociados se detengan y se generen esperas innecesarias que terminan influyendo a la línea en general.

#### **4.2.3 Métodos de trabajo**

Como parte de la investigación, se realizaron diferentes observaciones del proceso de *hot bar*. Por lo tanto, mediante la aplicación del estudio de métodos de trabajo, se revisó minuciosamente el proceso actual para entender cómo se lleva a cabo y, con la

información recolectada, aumentar la producción de la línea con la reducción del tiempo ciclo del proceso de *hot bar*.

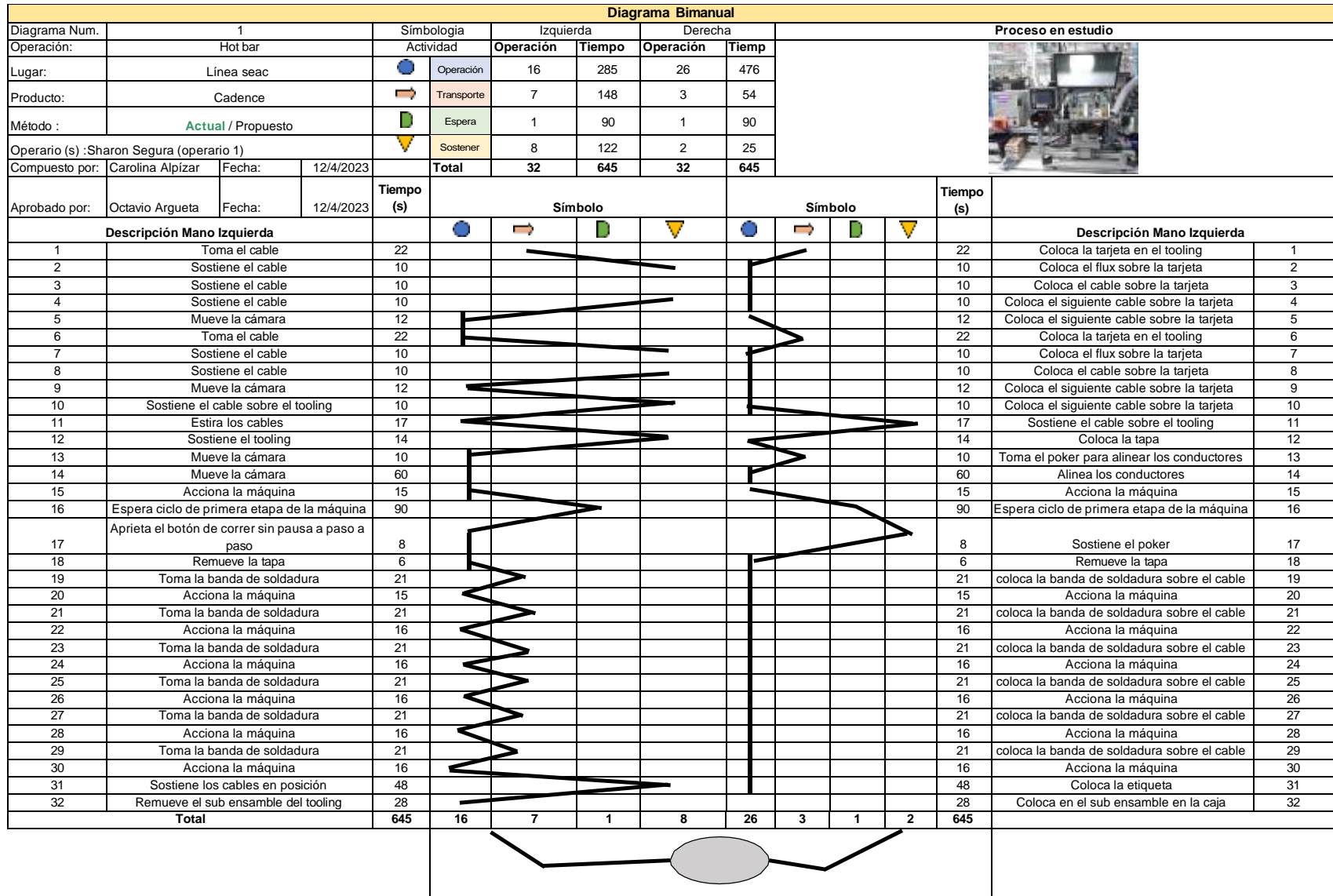
#### **4.2.3.1 Diagrama bimanual**

Por medio de observaciones del proceso, se elaboró un diagrama bimanual para cada uno de los asociados con el objetivo de tener información relacionada al proceso actual de *hot bar* y, de este modo, recolectar movimientos, además de tiempos que podrían mejorarse por medio de la eliminación del uso de la banda de soldadura; implementar estaciones de alineamiento; conocer la manera con la que cada uno realiza el proceso y, con ello, determinar la mejor forma de ejecutarlo para estandarizar y aumentar la producción total de la línea, con la finalidad de cumplir con la demanda adquirida con el cliente.

Para llevar a cabo el estudio, se consideraron los 6 asociados del proceso de *hot bar* (2 asociados en cada turno) con diferente expertices en el proceso, para que los datos brindaran una información más acertada. Cabe destacar que la observación se efectuó después de cada merienda en cada uno de los turnos.

En el siguiente diagrama se determinó la cantidad de operaciones, transportes, esperas y sostenimiento que se realizan durante el proceso y, así, se estableció el tiempo y los movimientos ejecutados por un asociado en la corrida. También, los próximos 2 ejemplos de diagramas se hicieron en el turno 1, el cual tiene un horario de 8 horas, que abarca de las 6 a.m. a las 2 p.m.

Figura 4.25: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operaria 1



Fuente: Autor.

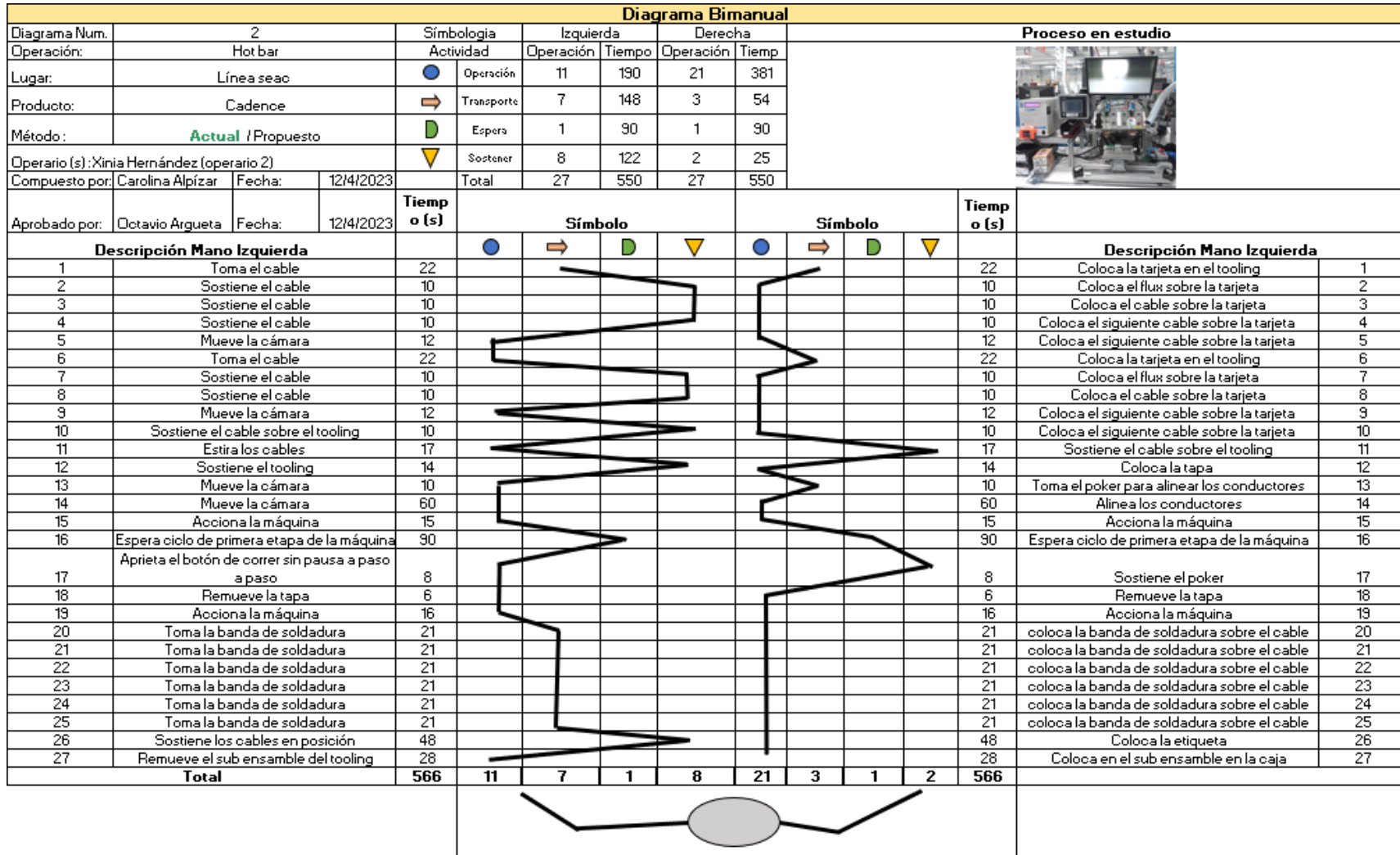
Observar el proceso posibilita encontrar áreas de mejora que puedan generar un impacto positivo en el incremento de la producción de la línea para cumplir con la demanda adquirida con el cliente, además de hacer una revisión para conocer si los asociados del proceso lo llevan a cabo de la misma manera y poder actuar con el objetivo de generar una estandarización que permita disminuir la brecha de movimientos y tiempos en el proceso.

En el caso #1, se tomó en cuenta a la asociada Sharon Segura, quien tiene 2 años de experiencia en el proceso de *hot bar* en la línea de Seac en el turno 1.

Al respecto, la asociada ejecuta el proceso de una forma en la que el tiempo ciclo del proceso total es de 645 s, con 32 movimientos al final de cada corrida, esto indica que son 10.75 min, y expresado en unidades son 5.61 unidades por hora, lo que al final del turno se transforma en 44.88 unidades.

Para el caso #2, se consideró a la asociada Xinia Hernández, quien tiene 5 años de experiencia en el proceso de *hot bar* en la línea en estudio en el turno 1.

Figura 4.26: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operaria 2



Fuente: Autor.

Esta asociada realiza el proceso de una forma en la que el tiempo ciclo del proceso total es de 566 s, con 27 movimientos al final de cada corrida, es decir, 9.68 min, que expresado en unidades son 6.25 unidades por hora, lo cual al final del turno se transforman en 50 unidades.

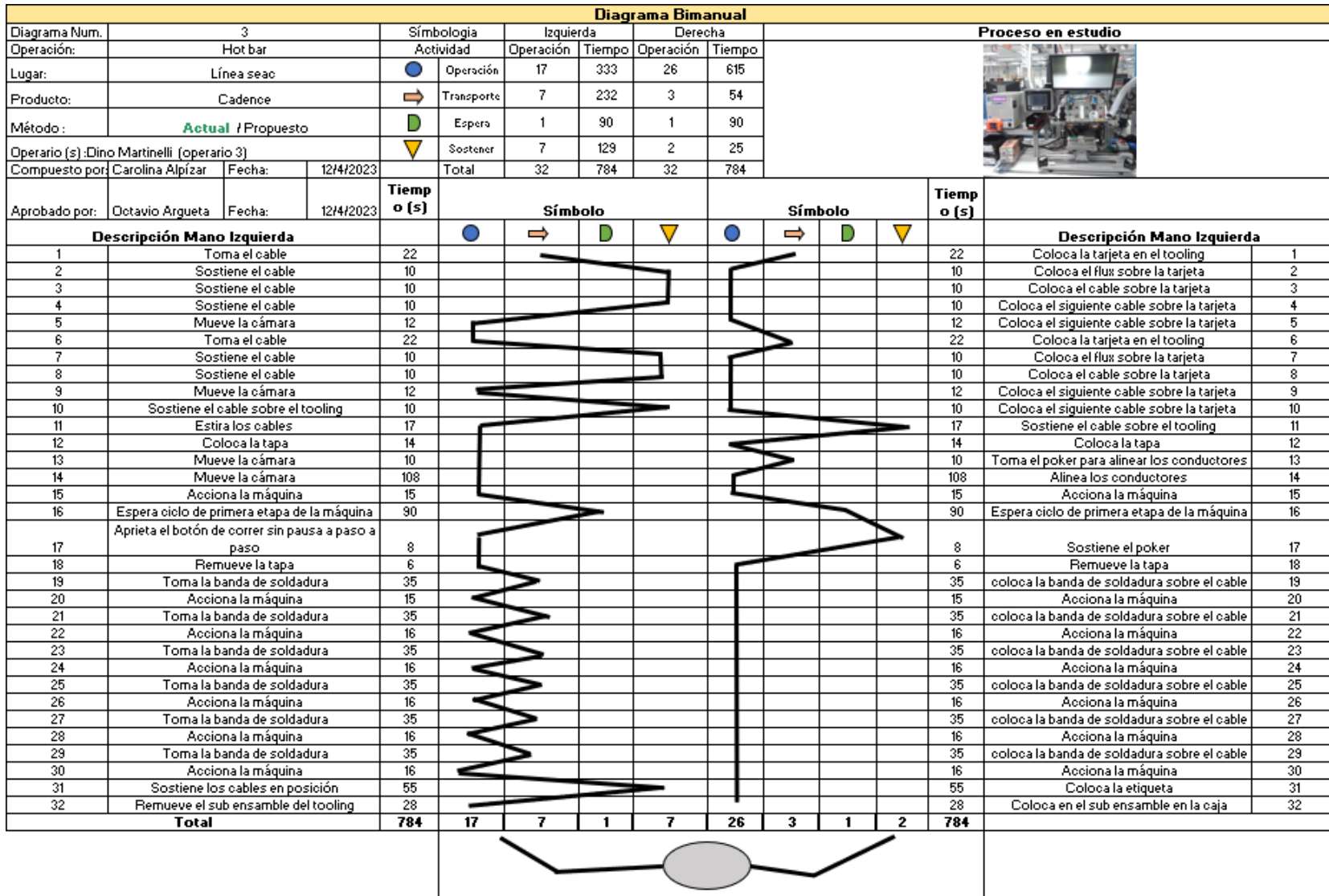
En una de las observaciones hechas durante el Gemba, se detectó que la asociada Xinia realiza el proceso de una manera distinta a la de su compañera, porque en la segunda parte del proceso coloca la banda mientras la máquina se encuentra ciclando, lo cual es muy peligroso, ya que la presión y la temperatura de la máquina son sumamente altas. Aunque la cantidad de unidades aumenta, omitiendo que la máquina se detenga entre la colocación de cada banda de soldadura, es fundamental tomar en cuenta que la acción ejecutada por la asociada es incorrecta por temas de seguridad; sin embargo, no existe un proceso estandarizado donde se establezcan estas acciones de igual forma, por lo tanto, cada uno lo maneja de acuerdo con su *expertise* y conocimiento.

En los 2 próximos ejemplos se aprecian 2 asociados que laboran en el segundo turno, el cual tiene un horario de 2 p.m. a 10 p.m.

Para el caso #3, se consideró al asociado Dino Martinelli, quien cuenta con 9 meses de experiencia en el proceso de *hot bar* en la línea en estudio en el turno 2.

A continuación, se muestra el diagrama bimanual elaborado a partir de las acciones del asociado durante el proceso de *hot bar*.

Figura 4.27: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 3



Fuente: Autor.

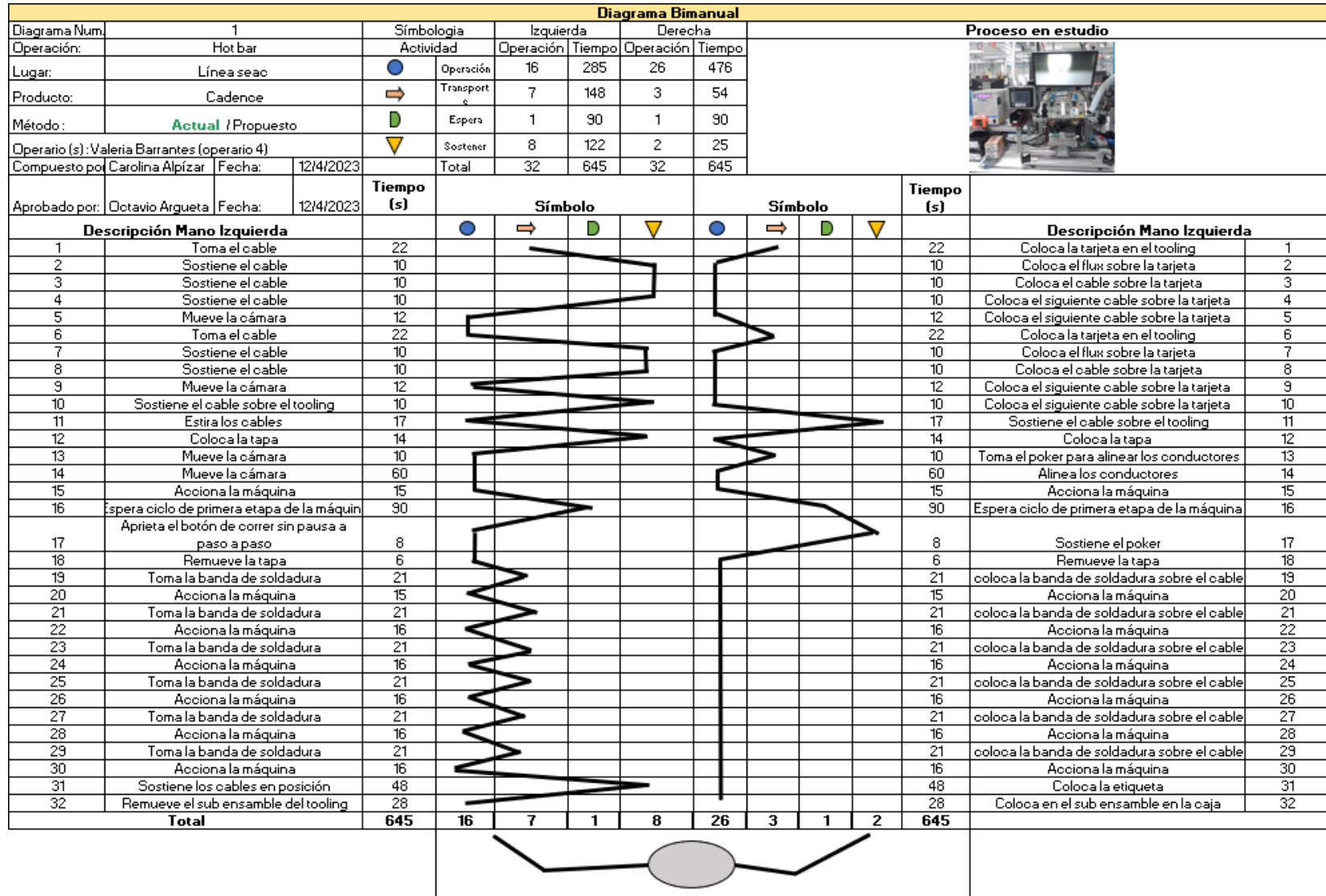
Como se observa, el asociado es nuevo en el proceso por lo que la técnica utilizada y la falta de *expertise* provocan que los tiempos del proceso aumenten. Así, el tiempo que tarda en el proceso es de 13.06 min, que expresado en unidades son 4.76 unidades por hora, lo cual al final del turno se transforman en 38 unidades.

En las observaciones tomadas durante la caminata, se identificó que el asociado efectúa pasos distintos en comparación con los demás, esto influye en la cantidad de movimientos extras que puede estar realizando y origina atrasos en el proceso; por consiguiente, se requiere una estandarización del proceso para mitigar los *gaps* presentados.

Respecto al caso #4, se tomó en cuenta a la operaria Valeria Barrantes, quien tiene 2.5 años de experiencia en el proceso de *hot bar* en la línea en estudio en el turno 2.

A continuación, se muestra el diagrama bimanual elaborado analizando las acciones del asociado durante el proceso de *hot bar*.

Figura 4.28: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 4



Fuente: Autor.

Tomando como referencia el diagrama anterior, se determinó que la operaria del turno 2, con un *expertise* de 2.5 años en el proceso y en la línea, realiza el proceso igual a su compañero de al lado; sin embargo, por el tiempo que lleva trabajando el producto, es más rápida y, por ende, construye más cables que su compañero.

Como se aprecia, la asociada tarda 11.53 min completando 1 ensamble, o sea, por hora completa 5.2 unidades, lo cual significa que por turno construye 42 cables, 4 unidades más que el asociado de al lado.

A continuación, se muestra el diagrama realizado por un asociado del turno 3, quien trabaja 8 horas, de 10 p.m. a 6 p.m.

Para el ejemplo del operario 5, se consideró un asociado con 3.2 años de experiencia en el proceso de *hot bar* para la línea en estudio.

En la siguiente hoja se aprecia el comportamiento del asociado de acuerdo con la observación y tiempos tomados durante el proceso.

Figura 4.29: Diagrama bimanual del proceso actual de hot bar, operario 5

Diagrama Bimanual															
Diagrama Num.	1			Símbología		Izquierda		Derecha		Proceso en estudio					
Operación:	Hot bar			Actividad	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo							
Lugar:	Línea seac			●	Operación	11	241	26	406						
Producto:	Cadence			➔	Transporte	7	123	3	56						
Método:	Actual / Propuesto			◻	Espera	1	90	1	90						
Operario (s):	Jose Pablo Muñoz (operario 5)			▼	Sostener	8	122	2	24						
Compuesto por:	Carolina Alpizar	Fecha:	12/4/2023	Total		27	576	32	576						
Aprobado por:	Octavio Argueta	Fecha:	12/4/2023	Tiempo (s)	Símbolo				Símbolo				Tiempo (s)		
<b>Descripción Mano Izquierda</b>				●	➔	◻	▼	●	➔	◻	▼	<b>Descripción Mano Izquierda</b>			
1	Toma el cable			22					22	Coloca la tarjeta en el tooling			1		
2	Sostiene el cable			10					10	Coloca el flux sobre la tarjeta			2		
3	Sostiene el cable			10					10	Coloca el cable sobre la tarjeta			3		
4	Sostiene el cable			10					10	Coloca el siguiente cable sobre la tarjeta			4		
5	Mueve la cámara			15					15	Coloca el siguiente cable sobre la tarjeta			5		
6	Toma el cable			22					22	Coloca la tarjeta en el tooling			6		
7	Sostiene el cable			10					10	Coloca el flux sobre la tarjeta			7		
8	Sostiene el cable			10					10	Coloca el cable sobre la tarjeta			8		
9	Mueve la cámara			15					15	Coloca el siguiente cable sobre la tarjeta			9		
10	Sostiene el cable sobre el tooling			10					10	Coloca el siguiente cable sobre la tarjeta			10		
11	Estira los cables			17					17	Sostiene el cable sobre el tooling			11		
12	Sostiene el tooling			14					14	Coloca la tapa			12		
13	Mueve la cámara			12					12	Toma el poker para alinear los conductores			13		
14	Mueve la cámara			84					84	Alinea los conductores			14		
15	Acciona la máquina			15					15	Acciona la máquina			15		
16	Espera ciclo de primera etapa de la máquina			90					90	Espera ciclo de primera etapa de la máquina			16		
17	Aprieta el botón de correr sin pausa a paso a paso			7					7	Sostiene el poker			17		
18	Remueve la tapa			9					9	Remueve la tapa			18		
19	Toma la banda de soldadura			16					16	coloca la banda de soldadura sobre el cable			19		
20	Acciona la máquina			16					16	Acciona la máquina			20		
21	Toma la banda de soldadura			17					17	coloca la banda de soldadura sobre el cable			21		
22	Toma la banda de soldadura			17					17	coloca la banda de soldadura sobre el cable			22		
23	Toma la banda de soldadura			17					17	coloca la banda de soldadura sobre el cable			23		
24	Toma la banda de soldadura			17					17	coloca la banda de soldadura sobre el cable			24		
25	Toma la banda de soldadura			17					17	coloca la banda de soldadura sobre el cable			25		
26	Sostiene los cables en posición			48					48	Coloca la etiqueta			26		
27	Remueve el sub ensamble del tooling			29					29	Coloca en el sub ensamble en la caja			27		
<b>Total</b>				<b>576</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>576</b>		

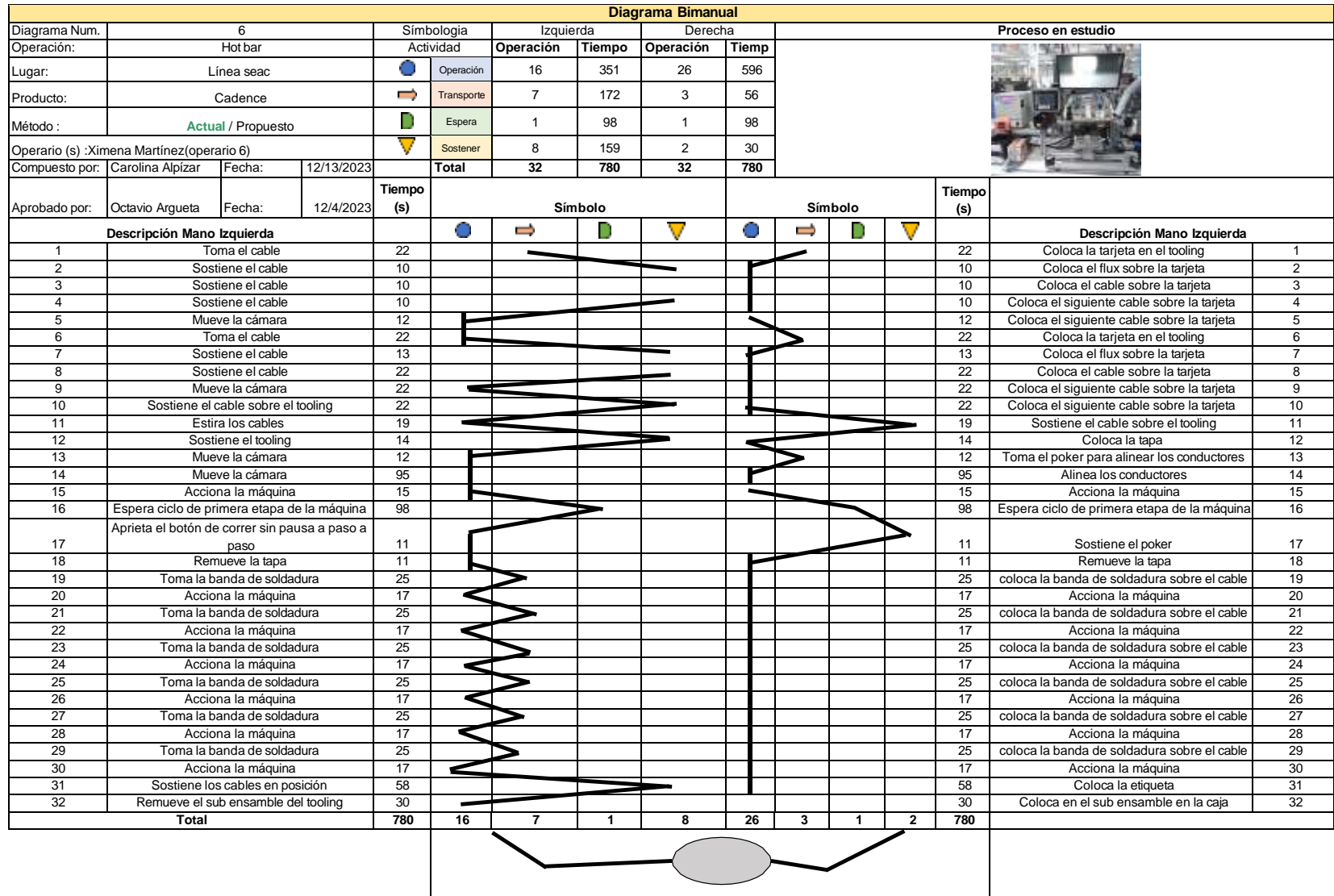
Fuente: Autor.

Según el ejemplo anterior, el asociado tiene un método muy similar a la asociada con más experiencia del turno 1. En algunos procesos es un poco más rápido y utiliza métodos distintos en comparación a la asociada del siguiente turno; sin embargo, existe una diferencia de 10 segundos por ciclo entre un asociado y otro, sin dejar de lado que el método empleado por ambos asociados pone en riesgo la parte de seguridad al omitir la detención de la máquina cuando se efectúa la colocación de la banda de soldadura en el segundo ciclo del proceso, lo que puede llegar a generar problemas futuros al ocurrir un accidente.

De acuerdo con los datos sustraídos del diagrama, el asociado tarda 9.6 min en completar el ciclo, esto significa que por hora construye 6.25 unidades y al finalizar el turno completa alrededor de 50 cables; es decir, construye la misma cantidad de ensambles por turno en comparación a la asociada del turno 1.

Por último, se muestra el siguiente diagrama con la información recolectada de la asociada Ximena Martínez del tercer turno, que solo tiene 3 meses de pertenecer a la línea en estudio y está en prueba.

Figura 4.30: Diagrama bimanual del proceso actual de *hot bar*, operario 6

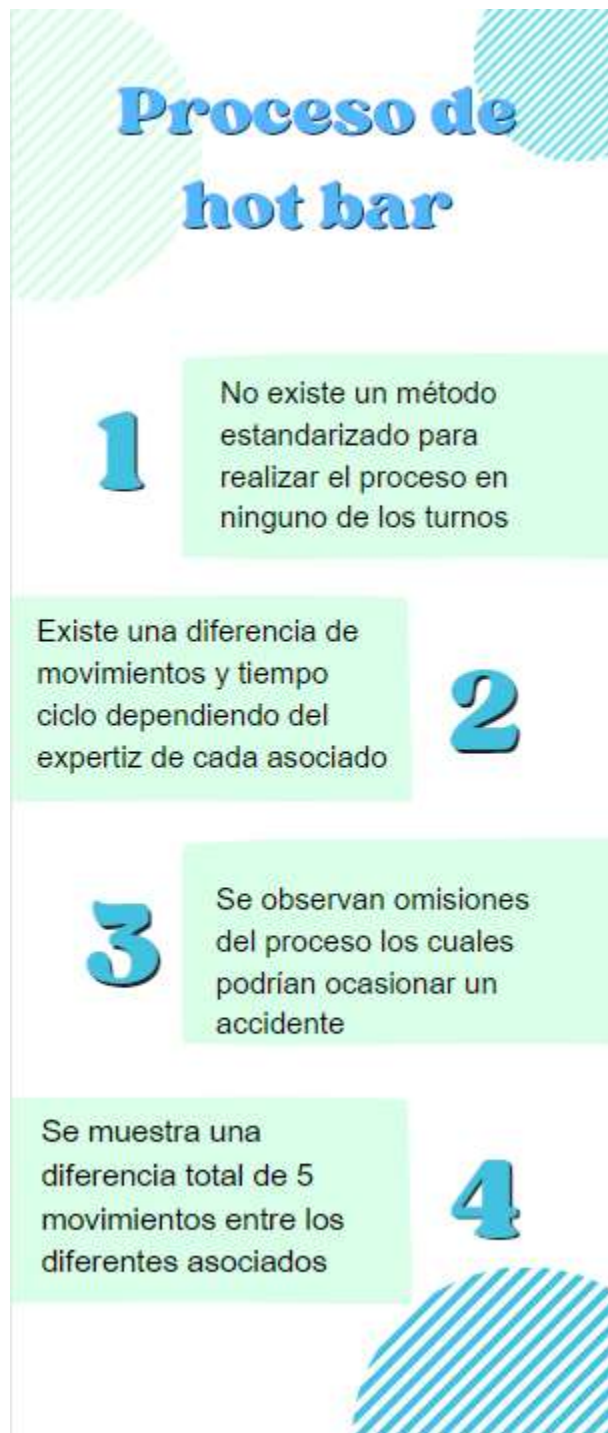


Fuente: Autor.

Como se aprecia en la información anterior, la asociada que se encuentra en prueba en el proceso incrementa los tiempos de ciclo considerablemente, pues tarda 780 segundos, lo cual quiere decir que cada 13 min construye un cable y cada hora realiza 4.7 cables, o sea, por turno está logrando construir 38 unidades, lo que genera un impacto directo en el *output* final de la línea. En otras palabras, no se está cumpliendo el *output* actual solicitado, de este modo el incremento de demanda podría verse afectado y quedar mal con el cliente.

Ahora bien, mediante los datos recolectados a partir de las observaciones hechas, se elaboró el siguiente infograma:

Figura 4.31: Infograma del diagrama bimanual sobre el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

En resumen, se puede establecer lo siguiente:

- No existe un método estandarizado para efectuar el procedimiento en ninguno de los turnos, ya que cada uno ejecuta el procedimiento de ensamblaje de maneras

distintas. En algunos casos, se asimilan los movimientos o técnicas utilizadas; sin embargo, no hay un procedimiento claro acerca de la correcta realización del procedimiento que permita cerrar el *gap* a nivel de tiempos y movimientos hechos durante la corrida.

- La diferencia existente tanto en movimientos como en tiempos es notable entre una asociada con mucha experiencia y un asociado con poca experiencia. Tomando en cuenta los datos recolectados, se apreció una gran similitud entre los asociados de acuerdo con su experiencia:
  - Los asociados de T1 y T3 que poseen más experiencia optan por maneras más rápidas con las que pueden acortar el tiempo del proceso, aunque eso signifique poner en riesgo su propia seguridad al saltar pasos del proceso y exponerse a que la máquina caiga sobre sus manos al realizar el ciclo.
  - Por otro lado, la otra asociada de T1 y el asociado de T2 muestran una forma similar de trabajar y poseen un tiempo de experiencia con una diferencia de 6 meses entre ellos, lo cual indica que una vez superada la curva de aprendizaje y apegándose un poco más a la técnica utilizada en el entrenamiento, se mantiene un tiempo y métodos estables.
  - En el caso de los asociados con menos experiencia, hay una similitud en los tiempos recolectados, a saber, T2 y T3, quienes tienen menos de un año de estar familiarizados con el producto. Al respecto, existe un incremento en los tiempos por parte de ambos asociados, lo que sugiere una curva de aprendizaje amplia para lograr acoplarse al producto y al proceso como tal.
- Se presentan omisiones durante el proceso que ponen en riesgo al asociado y podrían provocar un accidente. Así, en el caso de los asociados con mayor *expertise*, hay una omisión de la detención de la máquina en el segundo ciclo del proceso ya que, según lo comentado por los mismos asociados, se reduce el tiempo ciclo, tiempo que podría aprovecharse para construir más unidades por hora, lo cual es demostrado en cada uno de los diagramas expuestos.

Posteriormente, se tomaron los tiempos para determinar si el comportamiento de cada uno de ellos es constante durante el turno y, de este modo, poder continuar con el desarrollo del estudio.

#### **4.2.3.2 Estudio de tiempos**

Como parte de la investigación, con el fin de detectar los puntos más importantes que aporten a la optimización e incremento de la producción en la línea de Seac para el producto Cadence y, así, alcanzar la demanda solicitada por el cliente, se hizo un estudio de tiempos del proceso de *hot bar*, tomando como guía a los mismos asociados con quienes se elaboró el diagrama bimanual, para evitar incluir variables que pudieran afectar la información recolectada en el punto anterior.

Por medio del método Westinghouse, se aplicó la tabla, considerando el tiempo ciclo de cada uno de los asociados y la demanda anual; por consiguiente, se debían realizar al menos 15 observaciones por operario para obtener un dato confiable que permitiera indicar el tiempo que tarda cada asociado en el proceso.

Cabe destacar que el estudio se llevó a cabo después de la merienda, con el propósito de tener un escenario real en el cual los asociados trabajan diariamente.

Tabla 4.6: Tabla Westinghouse

Cuando el tiempo por pieza o ciclos es:	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10,000 por año	1,000 a 10,000	Menos de 1,000
1.000 horas	5	3	2
0.800 horas	6	3	2
0.500 horas	8	4	3
0.300 horas	10	5	4
0.200 horas	12	6	5
0.120 horas	15	8	6
0.080 horas	20	10	8
0.050 horas	25	12	10
0.035 horas	30	15	12
0.020 horas	40	20	15
0.012 horas	50	25	20
0.008 horas	60	30	25
0.005 horas	80	40	30
0.003 horas	100	50	40
0.002 horas	120	60	50
Menos de 0.002 horas	140	80	60

Fuente: *Estudio de tiempos usando cronómetro*, s.f.

Con base en la tabla anterior, se efectuó el estudio de tiempos con una muestra de 15 tomas; al respecto, en el apéndice 2 se aprecia con detalle cada estudio de tiempos por asociado.

Cabe resaltar que se realizaron en los tres turnos después de la merienda y en 2 días distintos, con el propósito de obtener los datos más certeros y tener una comprensión más clara del proceso actual de *hot bar*.

A continuación, se muestra un promedio del estudio de tiempos llevado a cabo para cada uno de los asociados:

Tabla 4.7: Tabla del estudio de tiempos del proceso actual

<b>Promedio estudio de tiempos</b>			
<b>Operarios</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>OP1</b>	10.73		
<b>OP2</b>	9.35		
<b>OP3</b>		13.11	
<b>OP4</b>		11.45	
<b>OP5</b>			9.60
<b>OP6</b>			12.87

Fuente: Autor.

Después de realizar un estudio de tiempos con 15 muestras a cada uno de los asociados, se obtuvieron los siguientes resultados:

- En los tres turnos existe una diferencia en los tiempos que tarda cada uno de los asociados en construir un ensamble, considerando que hay gran variedad de *expertiz* entre turnos y en un mismo turno también, lo cual lleva a obtener una deficiencia en el cumplimiento del *output* total al final del turno, ya que por diversos factores como experiencia, horario y fatiga se pueden generar atrasos que terminan afectando el cumplimiento de la meta diaria.
- Como se mencionó en los diagramas bimanuales, no se cuenta con una estandarización en el proceso. De esta manera, algunos utilizan métodos distintos para acortar el tiempo ciclo y producir un poco más, como lo es el caso de T1 y T3, que poseen operarios con gran experiencia y conocen tanto el proceso que burlan el sistema para obtener una mayor ganancia en cuanto a unidades construidas.
- Además, dentro de los puntos por considerar, los parámetros y temperaturas de ambas máquinas de *hot bar* son diferentes entre ellas y con respecto a lo que indica el sistema oficial de la empresa, lo cual puede generar diferencias entre los tiempos de máquinas y afectar los tiempos, pues aunque lo indicado por el sistema es una guía para que el equipo técnico coloque los parámetros de las *hot bar*, no existe una manera de controlar cuánta tolerancia se desvía de la base y esto

ocasiona que la cantidad de temperatura y tiempo colocado para el ciclo puedan ser muy variables e impactar directamente el *output* de los asociados.

A partir de los datos recolectados, se dedujo que considerando el sumatorio total del estudio de tiempos realizado en todos los turnos, la cantidad de tiempo invertido en el proceso es de 67.11 min; además, se detectó la necesidad de estandarización del proceso para poder cerrar la brecha entre asociados y, con ello, mantener un mismo método entre los operarios con el fin de disminuir la variabilidad de métodos existentes y obtener un control más exacto en la cantidad de cables que construyen los asociados en el proceso.

#### 4.2.4 Histograma

Como parte de las observaciones encontradas en la caminata y encuesta realizadas, se midió la materia prima (las tarjetas) mediante el instrumento oficial utilizado por la empresa, llamado: Dropgauge, con el propósito de establecer si existe una inconsistencia en la altura de la soldadura de estas que pueda estar generando problemas de reflujo en la soldadura, lo cual desencadena que se ingresen tiquetes por ajustes en las temperaturas de las máquinas y, por ende, se origine tiempo *down* que impacta el *output* final de la línea y no permite cumplir con la demanda solicitada por el cliente.

En relación con lo expuesto, las especificaciones y tolerancias para la materia prima de las tarjetas en el producto Cadence son las siguientes:

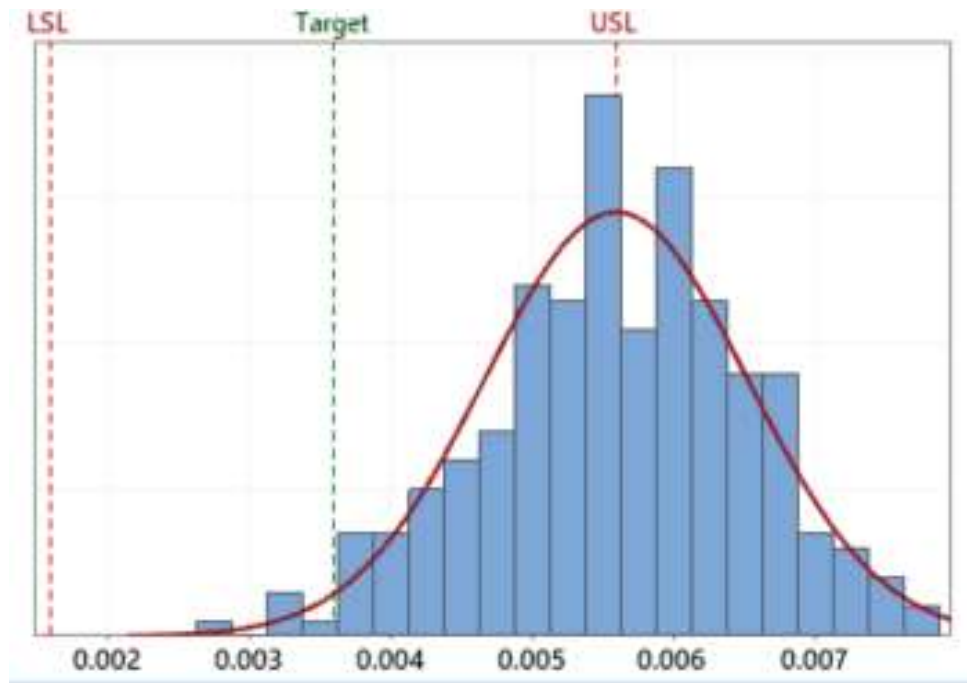
Tabla 4.8: Especificaciones y tolerancias de la soldadura en las tarjetas del producto Cadence

HDR-206197-XX-SEAC	
SUB-SEAC-PCB-1-030-S-1	
Altura de soldadura	0.0036" +/-0.002"
Tolerancia máxima	0.0056"
Tolerancia mínima	0.0016"
Instrumento de medición	Dropgauge

Fuente: Autor.

A continuación, se muestra un histograma con los resultados arrojados en la medición de materia prima:

Figura 4.32: Medición de la altura de la soldadura en las tarjetas



Fuente: Autor.

De acuerdo con las especificaciones y tolerancias solicitadas por parte de Samtec Interconnect Assembly relacionadas a la materia prima (tarjetas), en el apéndice 3 se indican las mediciones completas de las tarjetas, donde es posible observar que el 50 % de estas se encuentran fuera de especificación, es decir, hay una discrepancia significativa en la altura de la soldadura de las tarjetas que desencadena diferentes problemas en el proceso de *hot bar*, los cuales afectan directamente el cumplimiento de demanda solicitada. Por esa razón, con los datos recolectados se procedió con la escalación al *vendor* para exigir una mejora en el producto recibido.

### 4.3 ANALIZAR

En la etapa de analizar, se profundizó el estudio de los datos recolectados para identificar las causas que contribuyen al problema y, de este modo, los puntos de mejora del proceso.

Para llevar a cabo este punto del proyecto, se usaron distintas herramientas ingenieriles con el objetivo de comprender a fondo el proceso y determinar las causas más influyentes.

Esta fase fue crucial con la finalidad de generar la información más relevante sobre dónde deben dirigirse los esfuerzos para abordar la causa raíz del problema.

A continuación, se muestran las herramientas utilizadas para desarrollar esta etapa.

### 4.3.1 Lluvia de ideas

A partir de la encuesta realizada, se empleó la herramienta de lluvia de ideas para conocer la opinión de los asociados que trabajan en el proceso de *hot bar* de la línea en estudio, quienes expresaron la mayor cantidad de ideas posibles acerca de lo que puede estar ocasionando la falta de eficiencia en la producción de la línea que no permite el cumplimiento del *output* diario e impacta directamente en el potencial incremento de demanda a partir de enero de 2024.

A continuación, se muestra una lista de las principales causas recopiladas por medio de la sesión de lluvia de ideas:

Figura 4.33: Lluvia de ideas



Fuente: Autor.

Con base en la figura anterior, existen diferentes opiniones por parte de los asociados. Cabe destacar que la lluvia de ideas se realizó por 18 personas y cada una brindó 2 ideas de lo que consideraba las principales causas del porqué no se está cumpliendo la meta en la línea.

Como se aprecia en la lluvia de ideas hecha, se obtuvieron en total 12 causas posibles que provocan la problemática actual de ineficiencia en la línea de Seac del producto Cadence. Al respecto, la cantidad y diversidad de ideas es fundamental al permitir hallar soluciones originales al problema en estudio.

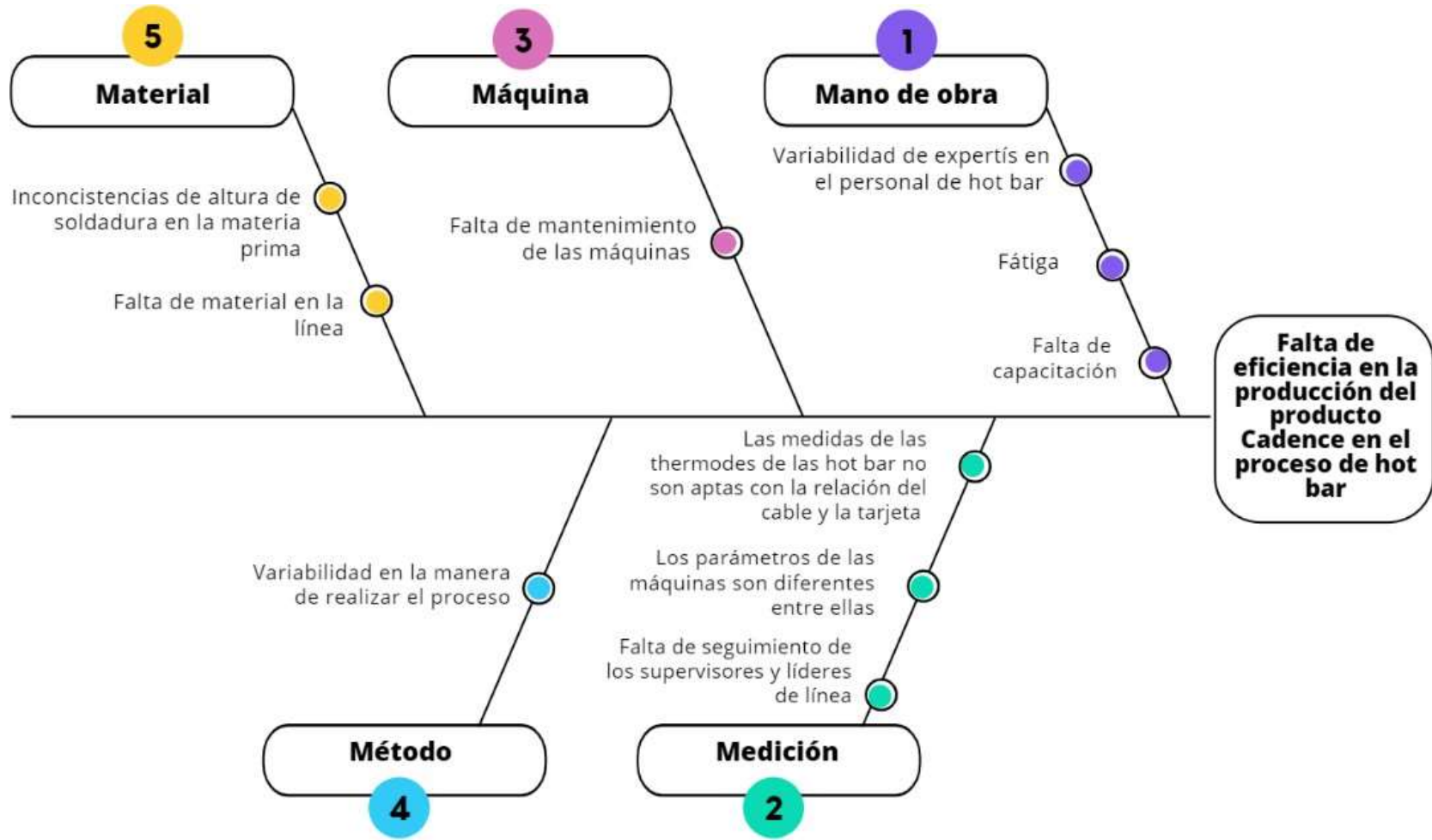
#### **4.3.2 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa se utiliza con la intención de identificar y visualizar las posibles causas de un problema en un proceso o producto. Por esa razón, se basa en que un problema puede tener diferentes razones por las cuales puede estar sucediendo y se busca representarlas con el objetivo de comprender y categorizar las interacciones entre cada una de ellas.

Para la elaboración del siguiente diagrama, se consideró la opinión de distintos obreros familiarizados con el producto, además de la opinión experta de la ingeniera a cargo del desarrollo del proyecto, con el fin de explorar y comprender las causas que pueden influir en el problema de ineficiencia de producción de la línea de Seac, específicamente en el proceso de *hot bar*. La idea con ello es organizar las causas recolectadas en la lluvia de ideas para analizar, priorizar y abarcar la raíz del problema antes mencionado de una manera efectiva.

A continuación, se expone un diagrama de Ishikawa clasificando cada una de las causas en las categorías de las 5M para lograr identificar las causas más importantes en las que se debe enfocar el proyecto.

Figura 4.34: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autor.

A continuación, se explica cada una de las causas colocadas en el diagrama de Ishikawa:

### **Método**

Variabilidad en la manera de realizar el proceso: Cada uno de los asociados ejecuta el proceso de *hot bar* diferente al no haber una forma estipulada acerca de la manera correcta en la que se debe hacer el proceso. Así, optan por emplear técnicas que les resulten convenientes de acuerdo a su nivel de conocimiento del proceso, lo cual conduce a un descontrol de métodos y flujo de material porque la cantidad de cables que pueden ser contruidos por operario puede variar dependiendo de cómo lleve a cabo el proceso. Por lo tanto, según la forma en que los asociados ejecutan el proceso, ocurre una disminución o incremento del tiempo ciclo, lo cual impacta directamente en el *output* final de la línea y genera el incumplimiento del objetivo en estudio.

### **Mano de obra**

Variabilidad de *expertiz* en el personal de *hot bar*: En cuanto a la experiencia que posee cada uno de los asociados involucrados, en el desarrollo del proyecto se determinó que los operarios del proceso de *hot bar* no poseen la misma experiencia al ejecutarlo, lo cual produce que algunos construyan cables más rápido que otros y se observe un *gap* entre ellos; además, al tener personal con diferentes *expertises* en una misma línea, puede llevar a que el flujo del material no sea constante y afecte de alguna forma el cumplimiento del *output* diario y, por ende, las órdenes no sean entregadas a tiempo.

Fatiga: Durante la caminata realizada, se detectó que el rendimiento de los asociados era variable dependiendo de la hora y el turno en que se efectuó el Gemba, ya que el comportamiento de un asociado no era el mismo al inicio de un turno que después de las comidas porque el rendimiento solía bajar conforme las horas iban pasando; por lo tanto, la afectación en la producción hora tras hora era notorio y esto afectaba indudablemente el *output* final del turno.

Falta de capacitación: Algunos comentarios recolectados en la encuesta efectuada a los asociados de *hot bar* sugirieron ciertas disconformidades con la capacitación brindada al ser colocados en el proceso en estudio, porque consideraron que el tiempo que se mantiene a un asociado en capacitación no es el suficiente para aprender

adecuadamente el proceso, lo cual lleva a generar atrasos, errores y problemas de calidad que al final se resumen en ineficiencia de producción para cumplir con el objetivo, a saber, el incremento de demanda del producto en estudio.

### **Máquina**

Falta de mantenimiento de las máquinas: Un punto que los asociados mencionaron dentro de la lluvia de ideas fue el mantenimiento de las máquinas al indicar que existen ocasiones donde los *thermodes* culminan su vida útil, sin embargo, deben continuar utilizándolos porque los mantenimientos se efectúan por mes y la cantidad de cables procesados semanalmente son tantos que el *thermode* no genera una correcta función, lo cual produce que la soldadura no se realice de la mejor manera, la cantidad de tiquetes aumente y la línea sea afectada al no cumplir la meta.

### **Medición**

Las medidas de los *thermodes* de las *hot bar* no son óptimas con relación al cable y la tarjeta: El *thermode* usado en la máquina de *hot bar* tiene como función transferir el calor al material en proceso por medio del contacto, pero se detectó que el diseño de este no permite un buen contacto, lo cual genera que la transferencia de calor no sea óptima. Por lo tanto, hace algunos años el equipo de producción procedió a usar una banda de soldadura que produce una altura mayor y un contacto ideal con el *thermode*, lo cual ayuda con la transferencia de calor adecuada para que el cable suelde mejor, además posibilita que el cable posea más soldadura y quede mejor añadido a la tarjeta.

Los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas: Como parte de las observaciones realizadas durante el estudio, se detectó que cada máquina de la línea posee diferentes parámetros seteados, también se corroboró contra el sistema oficial utilizado en la empresa (PICS) y se encontró que ninguna estaba alineada con el mismo, lo cual sugiere una inconsistencia entre el sistema y lo que es usado en la línea de producción. Cabe destacar que las temperaturas y tiempos empleados en cada una de las máquinas pueden generar variaciones en el tiempo ciclo, esto puede llevar a un sesgo en el proceso, al impactar la producción entre ambos asociados y originar que uno produzca más que el otro. Por consiguiente, es necesario generar un estudio que indique

cuál es el parámetro correcto para que el cable sea soldado de la mejor forma, actualizar el sistema con dicha información y buscar la manera de restringir la tolerancia de variación de este para que sea seteado de la misma forma en las máquinas y calce con el sistema para evitar la variación del proceso.

Falta de seguimiento de los supervisores y líderes de línea: La falta de seguimiento por parte de los supervisores y líderes de línea es un punto por destacar porque en varias ocasiones el operario manifestó tener dudas acerca del proceso y las jefaturas en esos casos no sabían cómo responder o aclarar las dudas del operario, por lo tanto, se producen atrasos innecesarios en la línea ya que se llama a todos los equipos de soporte para esclarecer dudas básicas del proceso. De este modo, al no tener al personal bien capacitado, tanto al operario como a los jefes, se impacta el flujo de la línea y, en ocasiones, las operaciones son atrasadas por varios minutos en espera de una respuesta, lo cual genera que todos los integrantes de la línea sean afectados y la meta no sea lograda.

## **Material**

Inconsistencias en la altura de la soldadura de la materia prima (tarjetas): En las observaciones realizadas en la caminata, la encuesta y la lluvia de ideas, se efectuaron mediciones de las tarjetas utilizadas en el producto en estudio, ya que se ingresan tiquetes por ajustes de parámetros trabajando un mismo lote de tarjetas, lo cual ha llamado la atención de diferentes equipos. Así, se llevó a cabo la ejecución de dichas mediciones con la herramienta oficial de la empresa, llamada Dropgauge, para saber el estado del material, lo cual arrojó que existe al menos un 50 % de material que se encuentra fuera de especificación según el requerimiento de la empresa, además de la variabilidad hallada de un *pad* de la tarjeta a otro, esto conlleva a que los ajustes sean tan recurrentes porque el comportamiento del material es distinto en una misma tarjeta debido a que las alturas son sumamente variables.

Falta de material en la línea: Una de las observaciones por parte de los asociados fue la falta de material en la línea. En algunas ocasiones externaron que deben levantarse de la estación de trabajo con el fin de obtener más material para continuar con el ensamblaje

de los cables, pues el líder de línea olvida colocar el material necesario para el turno y esto ocasiona atrasos que impactan la producción.

### **4.3.3 Multivoto**

Para realizar este punto del proyecto, se hizo una pequeña reunión con los asociados involucrados, donde se les explicó la razón por la que se estaba solicitando la opinión de cada uno y la forma en la que debía distribuirse la cantidad de 100 puntos entre las causas que consideraran más importantes como responsables del problema de ineficiencia en la línea.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados del multivoto efectuado con cada uno de los involucrados en la lluvia de ideas, asignándole un valor a cada una de las causas; al respecto, se llevó a cabo la votación de la siguiente manera:

1. Se incluyeron las ideas recolectadas y se categorizaron de acuerdo con las 5M utilizadas.
2. Al identificar las nueve ideas, se estableció que 18 colaboradores que trabajan en el proceso de *hot bar* votaran determinando cuáles son las causas más significativas que consideran provocan la ineficiencia de la producción en la línea de Seac para el producto Cadence.
3. Después, se sumaron los resultados obtenidos de cada causa.

En la siguiente tabla, se muestra el resultado del multivoto sin establecer aún el orden de prioridad:

Tabla 4.9: Multivoto de las causas

<b>Multivoto:100pts</b>		
<b>Inficiencia en la producción de la línea de seac producto cadence</b>		
<b>Causas posibles:</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Variabilidad de expertis en el personal de hot bar	<b>63</b>	<b>3.50%</b>
Falta de mantenimiento de las máquinas	<b>130</b>	<b>7.22%</b>
Variabilidad en la manera de realizar el proceso	<b>435</b>	<b>24.17%</b>
Los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas	<b>380</b>	<b>21.11%</b>
Inconcistencias de altura de soldadura en la materia prima (tarjetas)	<b>211</b>	<b>11.72%</b>
Falta de capacitación	<b>95</b>	<b>5.28%</b>
Las medidas de los thermodes de las hot bar no son aptos con la relación del cable y la tarjeta	<b>305</b>	<b>16.94%</b>
Falta de supervisión por parte de los supervisores y líderes de línea	<b>80</b>	<b>4.44%</b>
Falta de material en la línea	<b>56</b>	<b>3.11%</b>
Fátiga	<b>45</b>	<b>2.50%</b>
<b>Total</b>	<b>1800</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Autor.

Según la tabla anterior, se brindaron 100 puntos a cada uno de los asociados participantes en la votación, con el fin de identificar las causas más relevantes por trabajar en las siguientes etapas del proyecto.

En el apéndice 4, se muestran los datos recolectados de los 18 colaboradores que ejecutaron el voto distribuyendo el puntaje de acuerdo con el conocimiento obtenido durante el tiempo laborado en el proceso y la línea, sumando un total de 1800 puntos.

#### **4.3.4 Diagrama de Pareto**

A partir de la información obtenida del multivoto, se confeccionó el diagrama de Pareto, mediante los siguientes pasos:

1. En primer lugar, las ideas son ordenadas de mayor a menor.
2. Se realizó el cálculo de frecuencia relativa y, de esa manera, se dividió el total de cada una de las ideas entre la sumatoria total de los votos.
3. Se determinaron los porcentajes del total de los votos.
4. Se procedió con el cálculo de frecuencia acumulada.
5. Por último, se elaboró el gráfico.

Seguidamente, se aprecia el multivoto con los cambios de los 3 primeros pasos anteriores, donde se visualiza cuáles son las causas con mayor frecuencia en la ineficiencia en la producción de la línea de Seac en el producto Cadence.

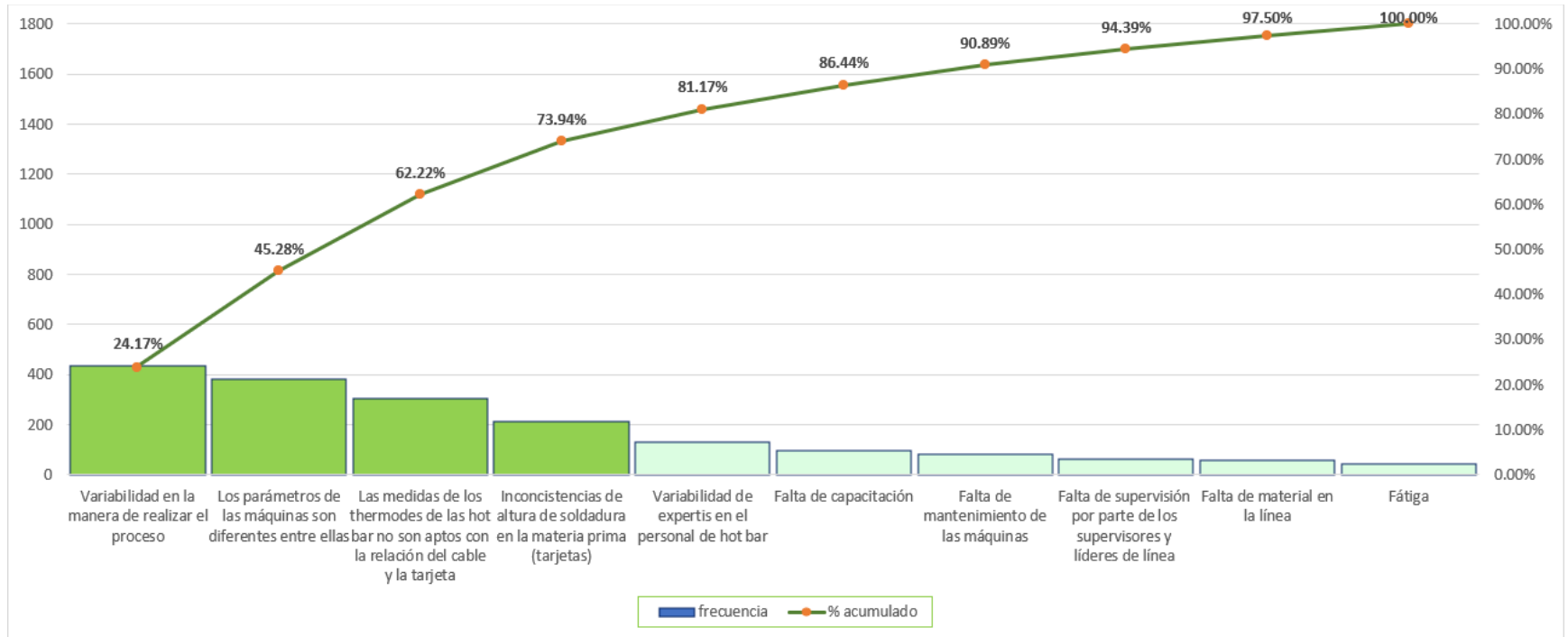
Además, se elaboró el diagrama de Pareto, tomando como base la tabla mostrada a continuación:

Tabla 4.10: Información para la elaboración del diagrama de Pareto

<b><i>Causas posibles</i></b>	<b>frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>% acumulado</b>
Variabilidad en la manera de realizar el proceso	<b>435</b>	24.17%	24.17%
Los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas	<b>380</b>	21.11%	45.28%
Las medidas de los thermodes de las hot bar no son aptos con la relación del cable y la tarjeta	<b>305</b>	16.94%	62.22%
Inconcistencias de altura de soldadura en la materia prima (tarjetas)	<b>211</b>	11.72%	73.94%
Variabilidad de expertis en el personal de hot bar	<b>130</b>	7.22%	81.17%
Falta de capacitación	<b>95</b>	5.28%	86.44%
Falta de mantenimiento de las máquinas	<b>80</b>	4.44%	90.89%
Falta de supervisión por parte de los supervisores y líderes de línea	<b>63</b>	3.50%	94.39%
Falta de material en la línea	<b>56</b>	3.11%	97.50%
Fátiga	<b>45</b>	2.50%	100.00%

Fuente: Autor.

Figura 4.35: Diagrama de Pareto



Fuente: Autor.

Como se expone en el gráfico anterior, aplicando la teoría del 80-20, se identificó que el 73.94 % del problema actual está provocado por las siguientes causas:

- Variabilidad en la manera de realizar el proceso, con un total de 24.17%.
- Los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas, con un total de 45.28%.
- Las medidas de los *thermodes* no son aptas con relación al cable y la tarjeta, con un total de 62.22%.
- Inconsistencias en la altura de la soldadura en la materia prima (tarjetas), obtuvo un 73.94%.

#### **4.3.5 5 porqués**

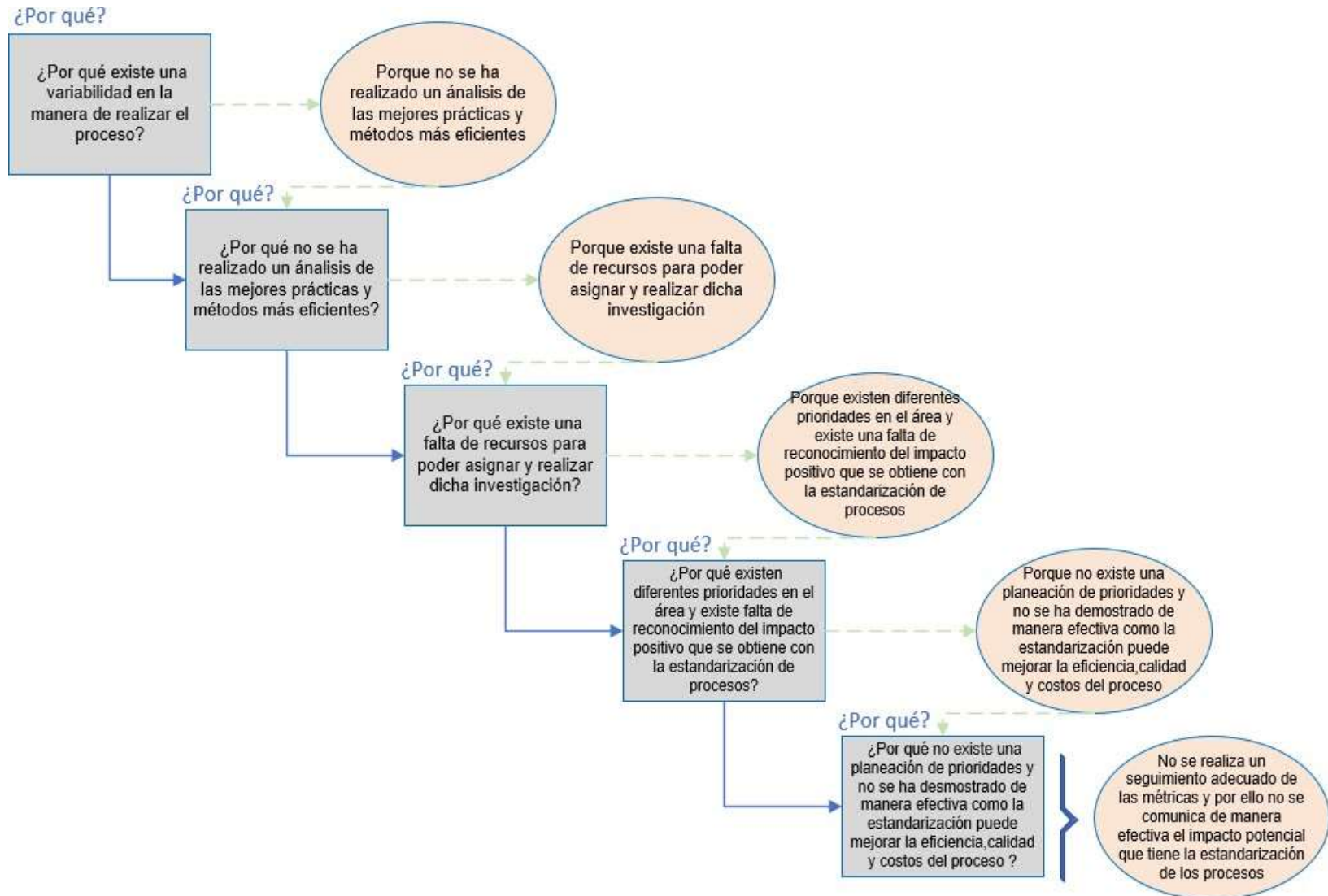
Por medio de la herramienta de los 5 porqués, se identificó la causa raíz de los 5 puntos más importantes abordados en el 80/20 anterior, con la idea de explorar más allá de las causas evidentes y llegar a la causa principal que origina cada uno de los problemas mencionados.

De este modo, una vez que las causas se identificaron, se tomaron en cuenta los siguientes pasos para desarrollar dicha herramienta:

1. Se programó una reunión con los equipos de producción, calidad, equipo técnico e ingeniería, con el fin de obtener diferentes opiniones que ayudaran con la ejecución de cada uno de los 5 porqués.
2. Una vez en la reunión, se definió cada uno de los puntos por revisar y se iniciaron las preguntas de cada una de las 4 causas en estudio.
3. Luego de que la causa raíz de cada uno de los 4 puntos en estudio fue encontrada, se procedió con la siguiente herramienta que permitiera abordar cada una de las causas y, con ello, buscar la correcta optimización del proceso para cumplir con el objetivo interpuesto por el cliente.

A continuación, se muestra el análisis de la primera causa, la cual es la variabilidad en la manera de realizar el proceso.

Figura 4.36: Primera causa, 5 porqués

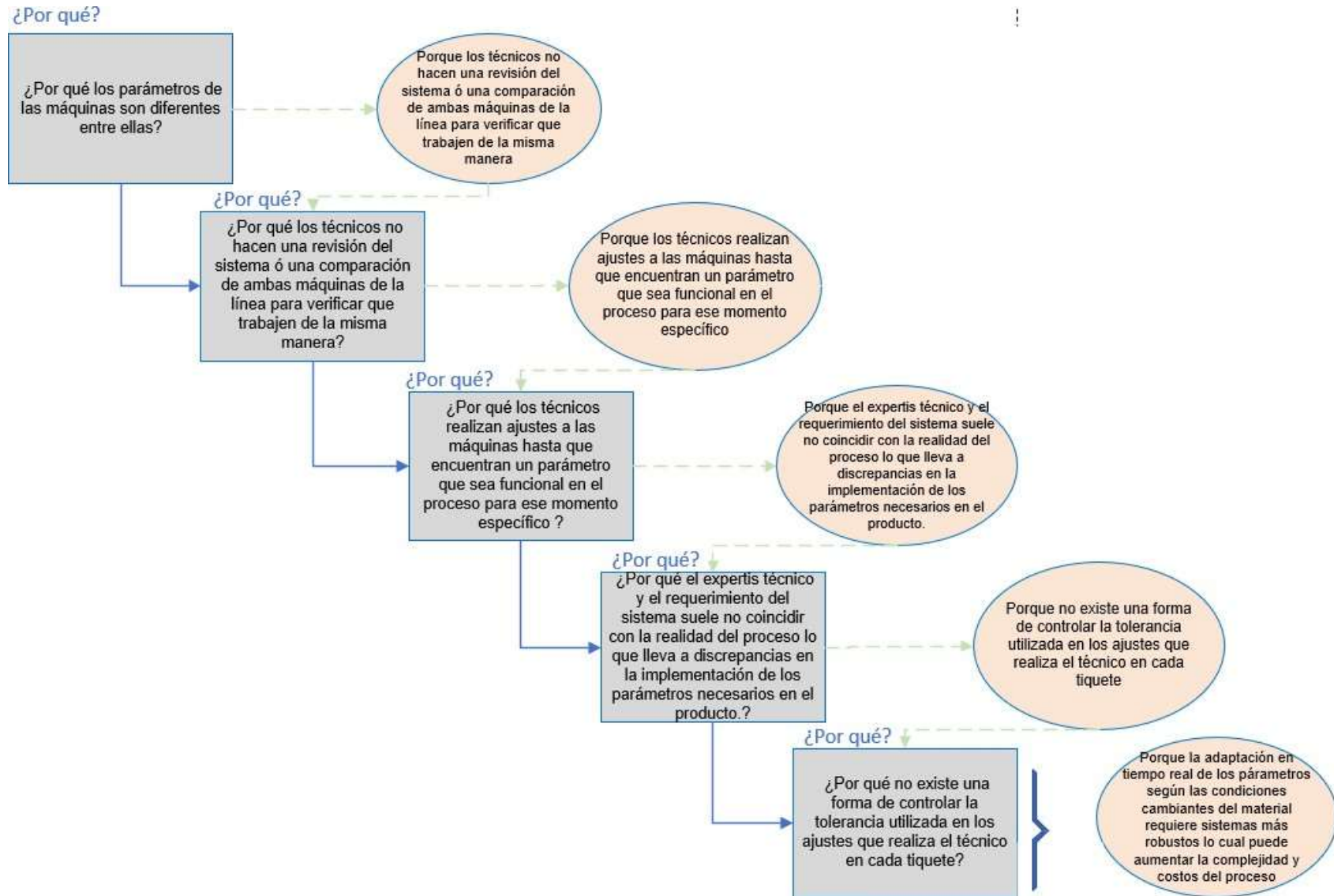


Fuente: Autor.

En la figura anterior, se desglosan todas las causas posibles por las cuales ocurre el problema en la variabilidad en la manera de ejecutar el proceso, lo que llevó a la conclusión de que el seguimiento adecuado de las métricas no es el apropiado, además del impacto producido por no tener los procesos estandarizados de una forma clara para el operador, no tener un seguimiento apropiado y ser un tema desconocido para las jefaturas del área porque no se ha realizado algún proyecto donde se evidencie el problema que significa la causa en estudio.

Con relación a la segunda causa del diagrama de Pareto en la que se efectuó un estudio de los 5 porqués, a saber, los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas, se procedió a identificar las causas por las que se origina el problema mencionado.

Figura 4.37: Segunda causa, 5 porqués

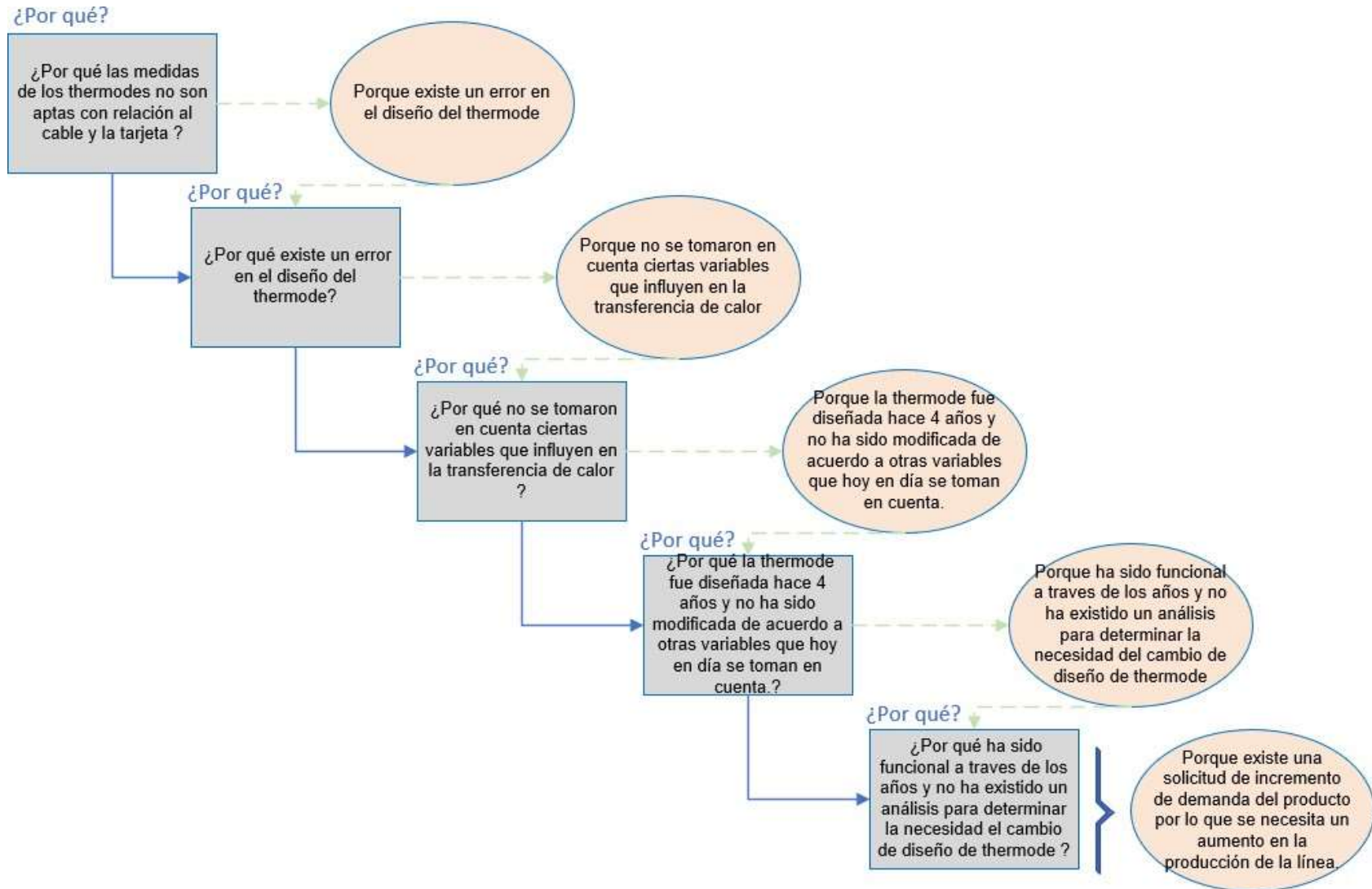


Fuente: Autor.

De acuerdo con la causa estudiada en la figura anterior relacionada a los parámetros distintos entre máquinas, se determinó que la causa raíz del problema es porque la adaptación en tiempo real de los parámetros según las condiciones cambiantes del material requiere sistemas más robustos que permitan controlar los parámetros correctos por utilizarse para tener un buen resultado en el cable, tomando en cuenta la tolerancia del equipo técnico con el propósito de generar los ajustes necesarios para obtener los resultados esperados por el cliente.

En cuanto a la tercera causa del diagrama de Pareto en la que se llevó a cabo un estudio de los 5 porqués, se encuentran las medidas de los *thermodes* no son aptas en relación con el cable y la tarjeta; por lo tanto, se identificaron las causas por las que se está originando el problema mencionado, con el fin de hallar la causa raíz.

Figura 4.38: Tercera causa, 5 porqués

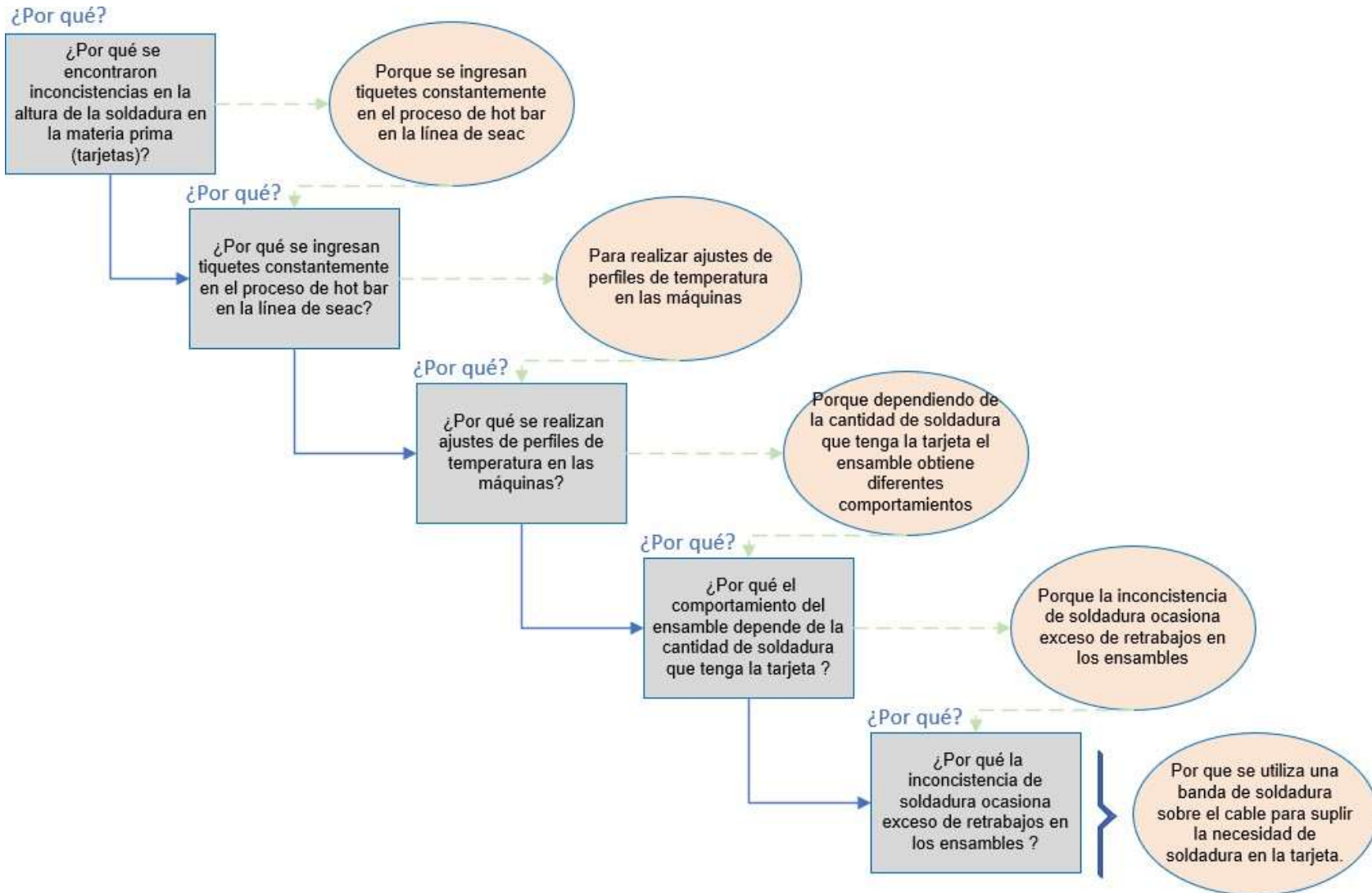


Fuente: Autor.

El análisis anterior determinó como causa raíz que debido a la solicitud de un incremento en la demanda del producto Cadence, surgió la necesidad de un aumento en la producción de la línea, por lo que durante el desarrollo del proyecto se realizaron diferentes observaciones del proceso en las cuales surgió que el *thermode* de la máquina debe ser rediseñado porque tiene muchos años desde la última actualización y no coincide con las variables tomadas en cuenta hoy para el equipo de rediseño de manufactura. Con esto se espera que el *thermode* posea un mejor contacto con el cable y la tarjeta para que la transferencia de calor se efectúe de una mejor manera y permita la eliminación de la banda de soldadura y, con ello, implementar la estación de alineamiento donde se podrá incrementar la producción de la línea y cumplir con el objetivo principal del producto.

Respecto a la cuarta causa del diagrama de Pareto en la que se realizó un estudio de los 5 porqués, se hallaron inconsistencias en la altura de la soldadura de las tarjetas, por lo que se identificaron las causas por las que se origina el problema mencionado, con el propósito de encontrar la causa raíz.

Figura 4.39: Cuarta causa, 5 porqués



Fuente: Autor.

Considerando el análisis de causa raíz en el diagrama anterior, se identificaron inconsistencias en la altura de la soldadura en la materia prima, en este caso las tarjetas, por lo que se efectuó un análisis de la causa y se logró ver durante el estudio que el uso de la banda de soldadura es para contrarrestar la variabilidad de la cantidad de soldadura en las tarjetas.

Sin embargo, con el empleo de esta se produce un incremento en el retrabajo de las piezas debido al exceso de soldadura una vez que es refluida en la máquina; por esa razón, se ejecutaron diferentes pruebas para conocer la posibilidad de remover el uso de dicha banda, con el fin de reducir los retoques, además de reducir el tiempo ciclo e implementar la estación de alineamiento y, con ello, reducir las ineficiencias del proceso como tal y aumentar la producción de la línea.

En resumen, con el estudio de cada una de las causas encontradas, se llegó a conclusiones más profundas sobre las causas principales del problema en estudio, lo cual permitió encontrar soluciones más efectivas y obtener los resultados esperados para incrementar la producción de la línea, con el objetivo de cumplir con la demanda solicitada por el cliente.

#### **4.3.6 Diseño de experimentos (DOE)**

Tomando las principales variables identificadas en el desarrollo del presente estudio, se aplicó un diseño de experimentos, con el fin de explorar de manera sistemática y rigurosa las relaciones de las variables, así como identificar los factores que influyen para optimizar el proceso y lograr la reducción de ineficiencias que repercuten en la producción de la línea.

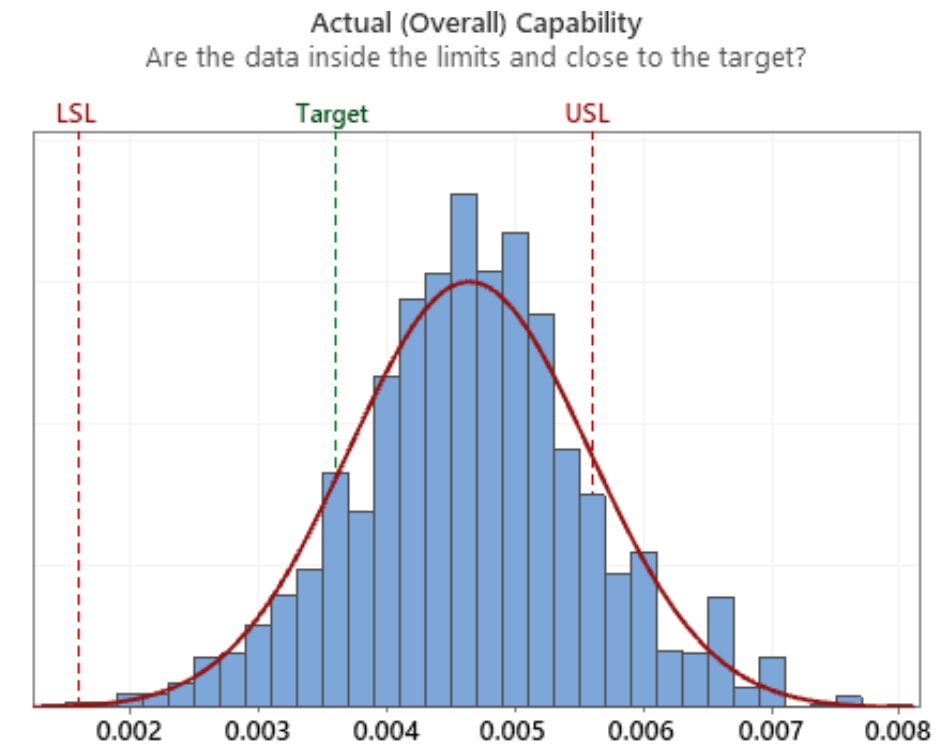
Las variables consideradas para la ejecución del estudio fueron:

1. La altura de la soldadura de las tarjetas.
2. El tipo del *thermode* empleado (el que indica PICS y uno STD que es utilizado para productos similares y se creó este mismo año con los requerimientos actuales de diseño).
3. Los parámetros de las máquinas (temperatura y tiempo).
4. El uso de la banda de soldadura.

Para dar inicio con la realización del DOE, en primer lugar se procedió a efectuar la medición de las alturas de soldadura en la materia prima, en este caso las tarjetas, con el propósito de conocer el comportamiento de estas y agruparlas según su condición para evaluar la calidad del producto con cada una de las variables.

A continuación, por medio de un histograma, se aprecia el comportamiento que se presentó en la materia prima:

Figura 4.40: Histograma del estado actual de la materia prima



Fuente: Autor.

Con base en el gráfico anterior, existe un 19.37 % del material fuera de especificación. Ahora bien, como parte del análisis hecho en la herramienta de Minitab, se obtuvo la siguiente información:

Actual (overall)		
Pp	0.78	—
Ppk	0.28	—
Z.Bench	0.84	—
% Out of spec (observed)	19.37	—
% Out of spec (expected)	19.92	—
PPM (DPMO) (observed)	193732	—
PPM (DPMO) (expected)	199228	—
Potential (within)		—
Cp	1.18	—
Cpk	0.42	—
Z.Bench	1.27	—
% Out of spec (expected)	10.16	—
PPM (DPMO) (expected)	101649	—

Fuente: Autor.

Al observar el gráfico y los datos indicados en el análisis de capacidad, se determinó que el proceso no es capaz y no está centrado ya que el Cp y Pp son mayores al Ppk y Cpk; por lo tanto, es necesario realizar una mejora en el proceso para obtener material óptimo y, con ello, evitar que existan tantas variaciones en la altura de la soldadura en las tarjetas y mantener un control adecuado en el comportamiento del material en la línea.

La segunda variable evaluada en el DOE fue el tipo de *thermode* empleado en la actualidad en la línea, porque como se estableció en el análisis de causa raíz de los 5 porqués, fue necesario elaborar un rediseño del *thermode* con las especificaciones actuales solicitadas por la empresa, ya que el actual se encuentra obsoleto y no posee las medidas correctas con las que se pueda efectuar una mejor transferencia de calor al cable y la tarjeta, lo cual perjudica el resultado final del proceso, a saber, que el cable sea refluído de la mejor manera para evitar retoques en el siguiente proceso.

Para ello, se contactó al equipo de diseño de manufactura, se evaluaron las medidas del *thermode* actual y se realizó la comparación de las medidas óptimas de acuerdo con los requerimientos actuales necesarios para que la transferencia de calor del *thermode* al cable y la tarjeta fueran acordes a la calidad esperada en el producto.

Además, el equipo de diseño encontró un *thermode* que es utilizado para productos estándar que se acopla a las necesidades buscadas en el producto en estudio; por consiguiente, se tomó como referencia en el plan piloto el *thermode* actual de Cadence en comparación a un *thermode* estándar.

A continuación, se aprecian 2 imágenes con el *thermode* actual (AT-1451-264) y el *thermode* estándar (AT-1451-189-15), con el fin de evidenciar la diferencia existente entre ambos *tooling*:

Figura 4.41: Vista frontal del *thermode* actual interactuando con el cable y la tarjeta



Fuente: Equipo de manufactura de Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Según la figura anterior, con el uso del *thermode* actual, el contacto existente entre el *thermode* y el cable con la tarjeta son mínimos, lo cual provoca que la transferencia de calor no sea la ideal para refluir el cable de la mejor manera, ocasionando retrabajos en el siguiente proceso de inspección.

Figura 4.42: Vista frontal del *thermode* estándar con interacción en el cable y la tarjeta



Fuente: Equipo de manufactura Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Por otro lado, con el uso del *thermode* estándar se pretende generar una mejor transferencia de calor al material, lo cual va a disminuir la cantidad de retrabajos realizados actualmente en el proceso de inspección; asimismo, cabe recalcar que con el uso de este *thermode* se consideró la inconsistencia en la variación de la soldadura de la materia prima. De este modo, una vez que el cable pase por el proceso de *hot bar*, el resultado debería ser similar, aunque posea una diferencia de alturas en los *pad* del *shield*.

Como tercera causa en estudio para desarrollar el DOE, se tomaron en cuenta los perfiles o parámetros utilizados en las máquinas, porque como se expuso, no existe una sincronía entre lo solicitado en el sistema PICS y lo empleado en las máquinas de *hot bar* en la actualidad. Por esta razón, se consideraron los parámetros de PICS como primera fase y, como segunda opción, se utilizaron los mismos parámetros usados en un producto estándar, con el fin de determinar cuál de las 2 opciones eran las óptimas para que la calidad del producto fuera la mejor y, así, reducir la variación existente entre ambas máquinas de la línea. Además, por medio de reguladores de presión se espera controlar la tolerancia que se debe utilizar en los parámetros de temperaturas, con el propósito de generar una estandarización en la variación de cambios originados por el equipo técnico al hacer ajustes en las mismas.

A continuación, se muestran los 2 perfiles de temperatura empleados para llevar a cabo el presente estudio:

Tabla 4.11: Parámetros de temperatura según el sistema PICS

<b>Parámetros PICS</b>	Base: 250°C ±20°C Rise 1: 1s ±0.5 s
	Preheat: 390°C +10°C/-15°C for 2 s ±0.5 s Rise 2: 2 s ±0.2 s
	Reflow: 350°C ±25°C for 2 s +0.2 /-0.5 s
	Cool: 180°C +10°C/-0°C

Fuente: Samtec Interconnect Assembly. 2023.

Tabla 4.12: Parámetros de temperatura producto estándar

<b>Parámetros estándar</b>	Base: 180°C ±10°C for 1.0s Rise 1:0.5 s ±0.5 s
	Preheat: 240°C +10°C/-15°C for 1.5 s ±0.5 s Rise 2: 1.1 s
	Reflow: 355°C ±5°C for 2.3 s +/-0.2
	Cool: 180°C +10°C/-0°C

Fuente: Samtec Interconnect Assembly. 2023.

A partir de las figuras anteriores, se hizo una comparación entre ambos escenarios y se evidenció que existe una disminución en la temperatura y tiempo utilizados en la base, en el precalentamiento; además, ocurre un incremento de 5 grados Celsius en el refluído de soldadura para obtener resultados diferentes con el uso de ambos perfiles.

Como cuarta variable en la ejecución del DOE, se evaluó el uso de la banda de soldadura que se coloca en el segundo ciclo del proceso de *hot bar*, con el objetivo de realizar las pruebas necesarias para eliminar esta y, con ello, implementar una estación de alineamiento que permita incrementar la producción de cables en el proceso de *hot bar* para alcanzar la demanda que está solicitando el cliente.

En este caso la estación de alineamiento se colocará para eliminar mudas de espera y aprovechar al máximo el tiempo ciclo de la máquina, ya que actualmente con el uso de la banda de soldadura esta no puede colocarse porque el transporte del plato de la estación de alineación a la máquina de *hot bar* ocasiona que la banda se caiga y no se produzca la ejecución del proceso de manera óptima.

A continuación, se muestra una figura de la banda de soldadura utilizada en dicho proceso:

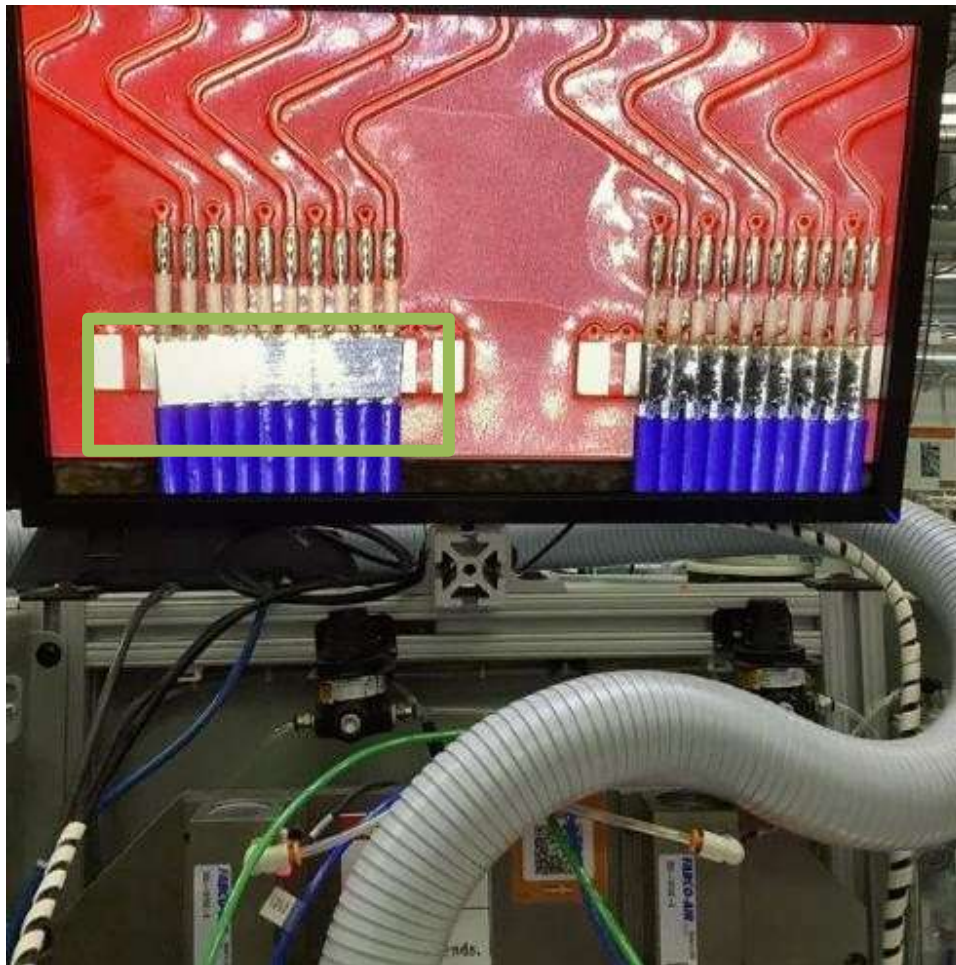
Figura 4.43: Banda de soldadura utilizada en el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

En la figura anterior, se aprecia la banda de soldadura utilizada en el proceso de *hot bar*, esta viene en una presentación de carrucha y el asociado de *hot bar* debe cortarla según la medida solicitada en el sistema. Cabe destacar que una carrucha de banda de soldadura tiene un costo de \$ 100 y una capacidad para ser utilizada en órdenes de 1000 cables, lo cual significa que, con el aumento de demanda, el costo del uso de banda de soldadura se incrementaría en un 55 %. Por esa razón, es necesario eliminar el uso de esta banda en el proceso, para que de esa manera se pueda implementar una estación de alineamiento y lograr la demanda solicitada por el cliente. A continuación, se muestra la forma en la que la banda de soldadura es utilizada en el proceso de *hot bar*.

Figura 4.44: Modo de uso de la banda de soldadura en el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

En la figura anterior, se aprecia cómo la banda de soldadura es colocada en el proceso para ser sometida a altas temperaturas y ser refluida por la máquina de *hot bar*.

Seguidamente, se muestra una figura de la estación de alineamiento junto la máquina de *hot bar*, con el fin de ilustrar la manera en la que esta estación se ha implementado en otros productos del área.

Figura 4.45: Estación de alineamiento implementada en el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

La figura anterior ilustra la forma en que la estación se implementa en otros productos y lo que se espera proponer con la eliminación de la banda de soldadura utilizada en el proceso actual, con el objetivo de incrementar la producción del proceso y cumplir con la demanda solicitada por el cliente.

Luego de explicar cada una de las variables consideradas en la ejecución del diseño de experimentos, se ingresaron los datos respectivos en Minitab para conocer la cantidad

de pruebas por ejecutar, la cual arrojó 96 pruebas abarcando todas las variables descritas anteriormente.

Se tomaron en cuenta las siguientes matrices para determinar cuál es la mejor interrelación en el comportamiento del material que permita remover la banda de soldadura sin afectar la calidad del producto, con la finalidad de incrementar la producción del proceso:

- Pruebas con el *thermode* actual del proceso:
  - Perfil de PICS/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/con banda de soldadura.
  - Perfil de PICS/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/sin banda de soldadura.
  - Perfil estándar/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/con banda de soldadura.
  - Perfil estándar/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/sin banda de soldadura.
- Pruebas con el *thermode* estándar:
  - Perfil de PICS/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/con banda de soldadura.
  - Perfil de PICS/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/sin banda de soldadura.
  - Perfil estándar/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/con banda de soldadura.
  - Perfil estándar/tarjetas con diferentes alturas de soldadura/sin banda de soldadura.

Después de obtener el orden de las pruebas, se realizaron para encontrar la mejor combinación de variables y poder analizar el comportamiento del proceso, el material y la calidad de los cables.

Seguidamente, se muestran figuras de los resultados obtenidos con las distintas combinaciones realizadas con el *thermode* de Cadence.

Figura 4.46: Prueba con thermode Cadence/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda



Fuente: Autor.

Como se aprecia en las imágenes, las combinaciones descritas con anterioridad mostraron un buen resultado; sin embargo, fue notable un exceso de soldadura en todos los casos, lo cual conllevó a retoques en el siguiente proceso.

Seguidamente, se llevaron a cabo las pruebas con las mismas condiciones, pero sin el uso de la banda de soldadura.

Figura 4.47: Prueba con thermode Cadence/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda



Fuente: Autor.

En las imágenes se aprecia cómo en las combinaciones no se logró refluir el cable de la manera correcta, lo cual produjo que el cable fuera refluido en su totalidad en el proceso de retoques.

A continuación, se cambió el perfil de temperaturas utilizado en el proceso actual por la opción 2, a saber, el perfil empleado en productos estándar.

Figura 4.48: Prueba con thermode Cadence/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda



Fuente: Autor.

En las imágenes se continúa observando un exceso de soldadura con el uso de la banda de soldadura cambiando los grados de temperatura; por lo tanto, se dedujo que el uso de esta siempre va a producir un exceso de soldadura independientemente de las medidas de las tarjetas o del perfil de temperatura utilizado.

Luego, se realizaron las pruebas con las mismas condiciones descritas con anterioridad, pero teniendo como variación la falta de uso de la banda de soldadura.

Figura 4.49: Prueba con *thermode* Cadence/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda

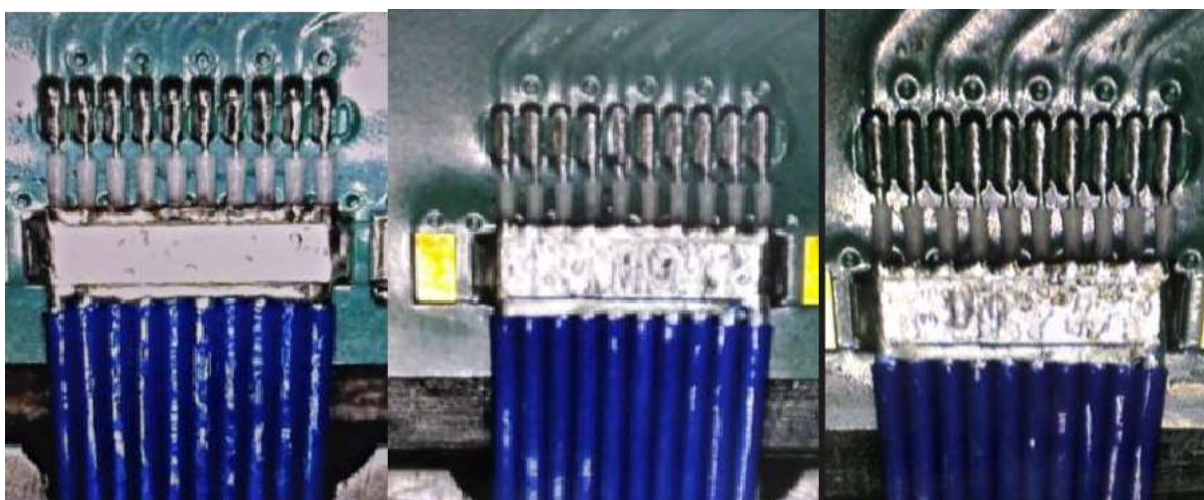


Fuente: Autor.

Como última prueba hecha con el *thermode* de Cadence, fue posible observar que el perfil estándar no arrojó resultados distintos en comparación al perfil utilizado en el producto, ya que el cable no logró refluir bien sin la banda de soldadura.

Seguidamente, se efectuó el cambio del *thermode* por el utilizado en productos estándar, lo cual provocó los siguientes resultados:

Figura 4.50: Prueba con *thermode* estándar/perfil PICS/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda

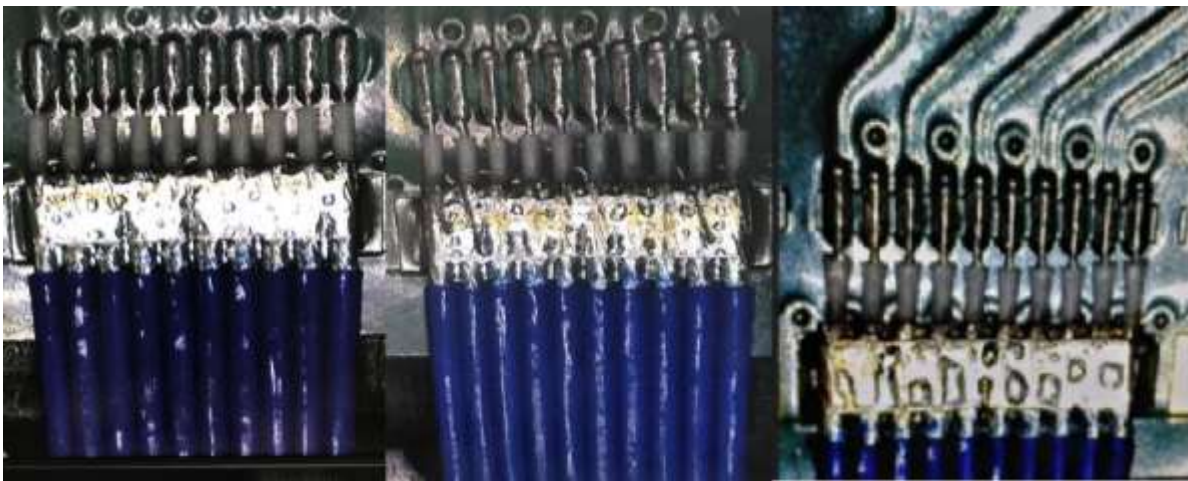


Fuente: Autor.

En las imágenes se aprecia que el perfil de Cadence, con el cambio de *thermode* y con banda, continúa produciendo excesos de soldadura, lo cual implicó retrabajos innecesarios en el siguiente proceso.

Después, se realizaron pruebas sin el uso de la banda con el perfil de Cadence y arrojaron los siguientes resultados:

Figura 4.51: Prueba con *thermode* estándar/perfil PICS /tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda



Fuente: Autor.

De acuerdo con las pruebas hechas con la combinación descrita, se logró que el cable refluyera sin el uso de la banda de soldadura, pero el equipo de calidad identificó un problema, conocido como *burnback*, este consiste en que debido a las altas temperaturas del perfil, tiende a quemarse la parte azul del cable y derrite ciertos componentes internos del ensamble, lo cual produce problemas eléctricos.

Mediante el siguiente bloque de pruebas, se efectuó el cambio de perfil de temperaturas por el utilizado en el producto estándar, manteniendo las variables anteriores.

Figura 4.52: Prueba con *thermode* estándar/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura con banda

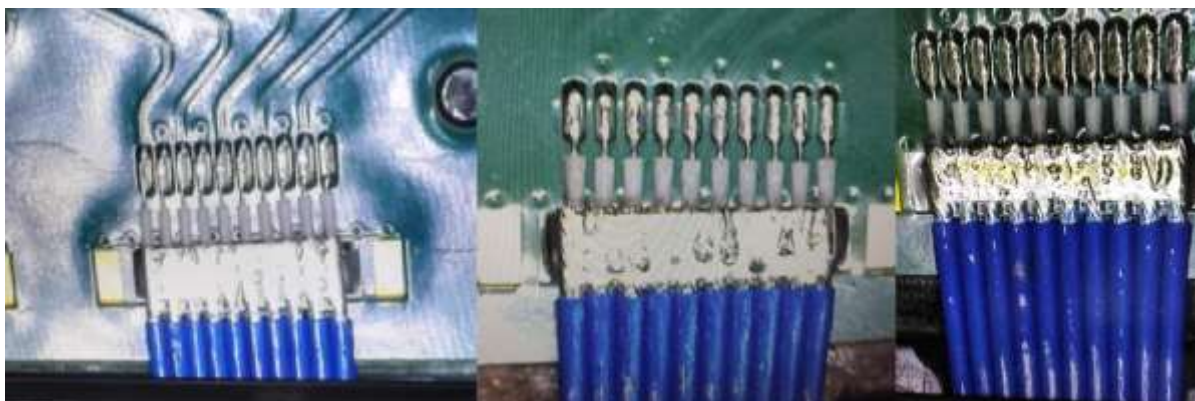


Fuente: Autor.

Por medio del uso del *thermode* estándar, se notó una reducción de los excesos de soldadura, porque el uso de la temperatura fue menor en comparación al perfil de Cadence; además, el *thermode* estándar realizó un mejor contacto con el cable, la banda y la tarjeta, por lo que no necesitó tanta temperatura para poder refluir el cable.

Por último, se muestran las pruebas hechas con el *thermode* estándar, con el perfil estándar, tarjetas de diferentes alturas de soldadura y sin la banda de soldadura.

Figura 4.53: Prueba con *thermode* estándar/perfil estándar/tarjeta con diferentes alturas de soldadura sin banda



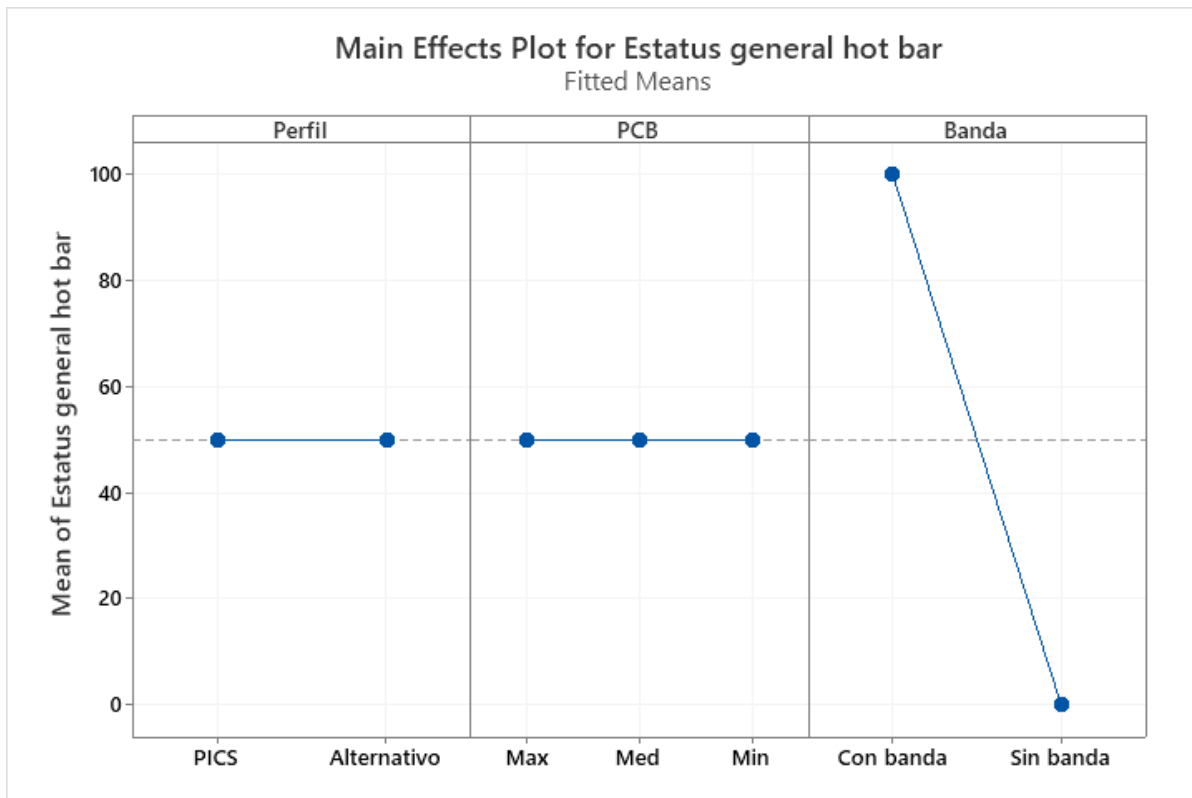
Fuente: Autor.

De acuerdo con las imágenes expuestas, se generó un cambio bastante notorio con el uso de la combinación anterior, pues no existen sobrantes de soldadura y el cable refluyó de la mejor manera sin ocasionar problemas de calidad.

Seguidamente, se llevó a cabo el análisis oficial en la herramienta Minitab para conocer las interacciones que ha tenido cada una de las combinaciones realizadas.

A continuación, se muestran los datos generados para el *thermode* de Cadence. Al respecto, se analizaron 3 procesos para conocer el comportamiento del cable a lo largo de la línea, con el fin de asegurar que la combinación ideal no ocasione problemas en algún otro proceso. En primer lugar, se indican los resultados obtenidos en el proceso de *hot bar*.

Figura 4.54: Análisis con *thermode* de Cadence, proceso de *hot bar*



Fuente: Autor.

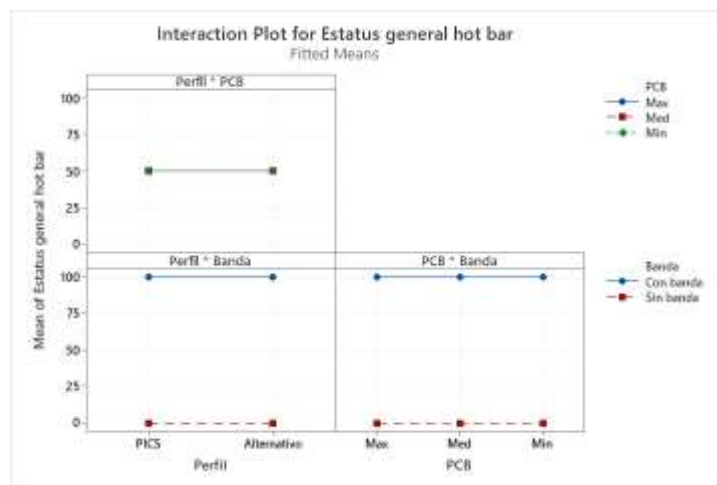
En la figura anterior se aprecia el comportamiento de cada una de las variables tomadas en cuenta para efectuar el DOE. Se observa que para la variable de perfil no existe una

diferencia significativa en el comportamiento, al igual que en la altura de la soldadura que poseen las tarjetas.

Sin embargo, el comportamiento generado con el uso de la banda y sin ella es un resultado muy distinto, ya que utilizando el *thermode* de Cadence con la banda de soldadura se brinda un mejor resultado; por el contrario, cuando no se emplea la banda de soldadura, el calor de la máquina no es transferido de manera correcta, lo cual produce que el cable no pegue en absoluto.

En la siguiente figura se representan gráficamente las interacciones existentes con las variables en estudio y el resultado el resumen de dichas interacciones:

Figura 4.55: Interrelación de las variables con thermode de Cadence, proceso de hot bar



### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0	100.00%	100.00%	100.00%

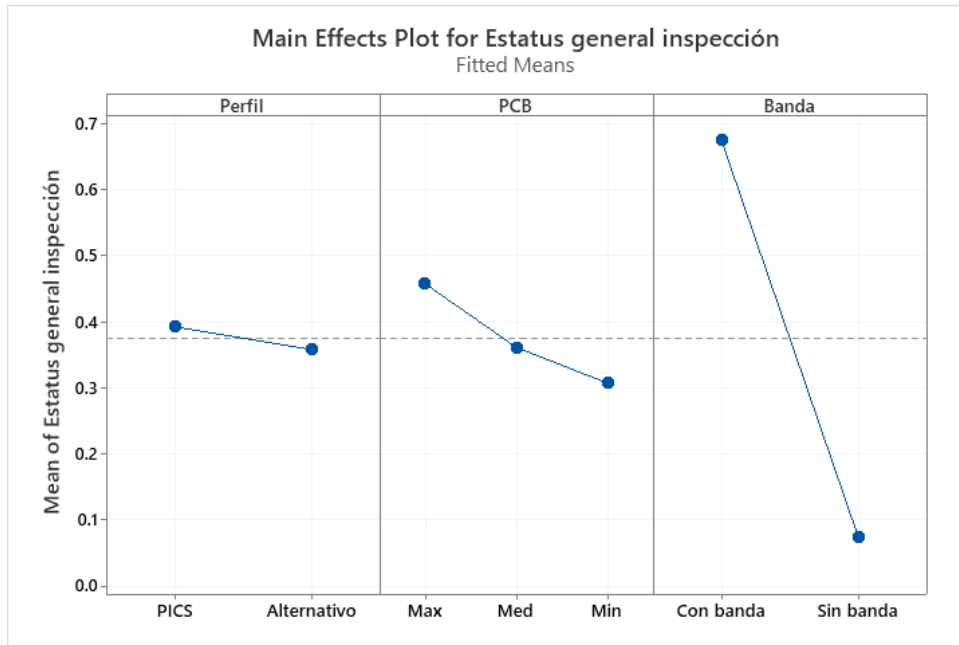
Fuente: Autor.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso de *hot bar* generando una especificación de pasa (si el cable pega) y falla (si el cable no pega), se detectó que considerando las interacciones entre las variables, el uso de la banda de soldadura es necesario para cumplir con los criterios de calidad adecuados para el producto.

Seguidamente, se exponen los resultados recolectados en el proceso de inspección y reparación, generando un *yield* por cada uno de los retoques que el asociado realizó por

cada uno de los ensambles. Cada ensamble posee 6 *banks* en total, por lo que se atribuyó un porcentaje de 16.67 por cada uno de los retoques hechos.

Figura 4.56: Análisis con *thermode* de Cadence, proceso de inspección



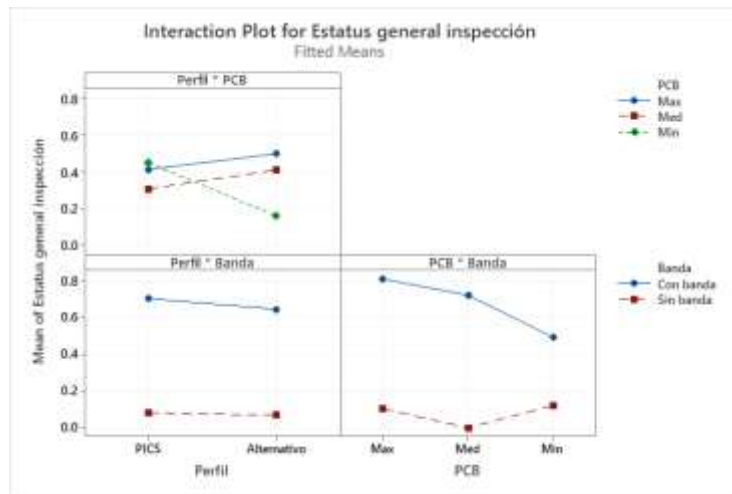
Fuente: Autor.

Como se representa en la figura anterior, en cuanto al comportamiento existente a nivel de inspección para cada variable, se observa que con el uso del *thermode* de Cadence hay un ligero cambio en el uso de perfil, donde el que se encuentra actualmente en el sistema produce mejores resultados que el alternativo.

Ahora bien, para la variable de la altura de la soldadura que poseen las tarjetas, se detectó que tiene un mejor comportamiento cuando existe mayor soldadura en los *pads*. En el caso del uso de la banda de soldadura, se obtuvo el mismo resultado que el punto mencionado con anterioridad, porque con el uso de la banda el cable es soldado correctamente y sin la banda de soldadura el calor de la máquina no es transferido de manera correcta, lo cual produce que el cable no pegue en absoluto.

En la siguiente figura se representan gráficamente las interacciones existentes en las variables en estudio:

Figura 4.57: Interrelación de las variables con thermode de Cadence, proceso de inspección



### Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Estatus general inspección	Fit	Resid	Std Resid	
3	0.162	0.621	-0.458	-2.08	R
7	0.324	0.789	-0.465	-2.11	R
8	0.833	0.208	0.625	2.84	R
37	0.324	0.831	-0.507	-2.30	R

R Large residual

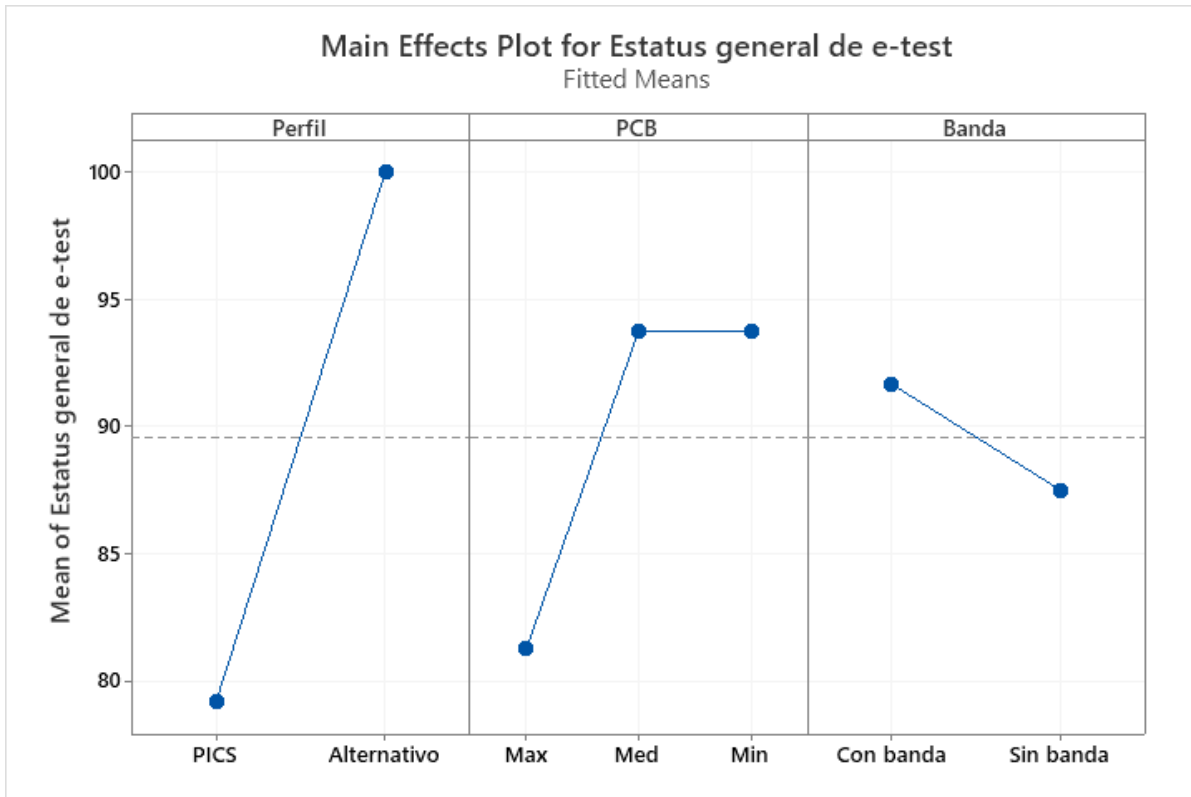
Fuente: Autor.

Según los resultados obtenidos en el proceso de inspección, se lograron mejores resultados con el perfil de PICS al utilizar la banda de soldadura con las tarjetas con un rango de soldadura por arriba del nominal.

En el siguiente proceso se decide si el cable pasa o falla eléctricamente, por lo que es uno de los procesos críticos en la línea, de este modo cualquier cambio realizado en los procesos anteriores debe ser evaluado por medio del proceso de pruebas eléctricas.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis:

Figura 4.58: Análisis con thermode de Cadence, proceso de e-test



Fuente: Autor.

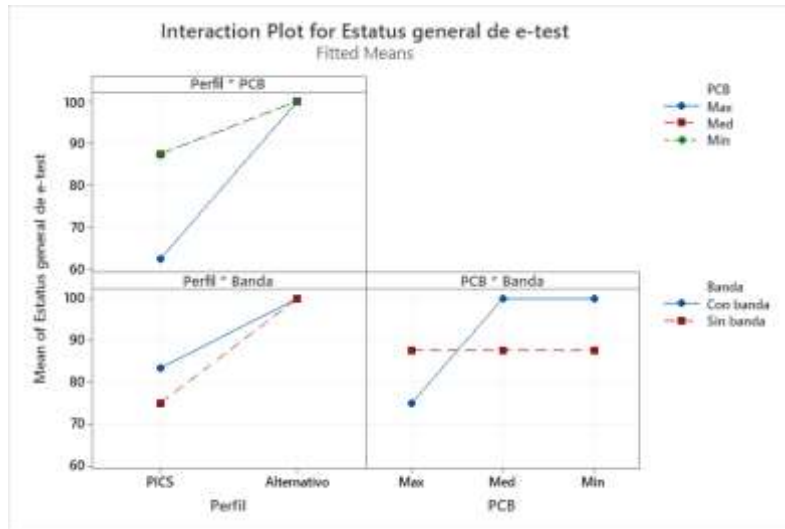
Para el caso del proceso de testeo eléctrico, el comportamiento individual de cada una de esas variables es diferente, ya que existe un mejor resultado con el uso del perfil alternativo y la altura en las tarjetas tiene un mejor comportamiento si estas se encuentran con media y mínima altura, además hay una relación similar con el uso o no de la banda de soldadura.

Sin embargo, cabe recalcar los procesos anteriores del cable con el uso del *thermode* de Cadence, donde con el perfil alternativo y sin el uso de la banda, el cable se encontraba completamente despegado por lo cual el inspector reflujo todo el cable para que fuera aceptable en la prueba eléctrica.

Por su parte, el proceso de *e-test* continúa arrojando que el cable con las variables mencionadas con anterioridad tiene un mejor comportamiento si existe el uso de la banda con los lineamientos del perfil indicado por PICS.

A continuación, se muestra gráficamente el comportamiento de las interacciones entre las variables en estudio:

Figura 4.59: Interrelación de las variables con *thermode* de Cadence, proceso de e-test



### Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Estatus general de e-test	Fit	Resid	Std Resid
2	0.0	75.0	-75.0	-2.88 R
6	0.0	75.0	-75.0	-2.88 R
28	0.0	75.0	-75.0	-2.88 R

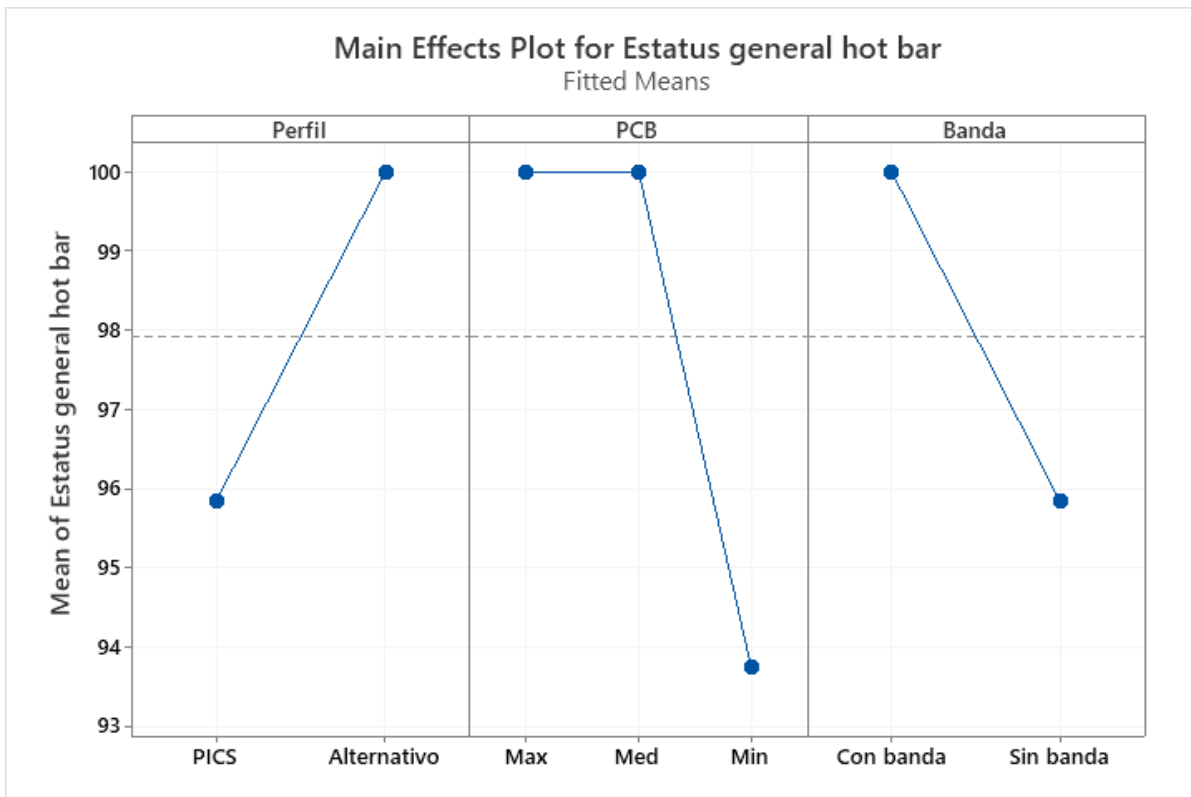
*R* Large residual

Fuente: Autor.

En cuanto al proceso de pruebas eléctricas, se muestra que hay una mejor interacción con el perfil estándar, con banda y con el *thermode* de Cadence; así como existe un comportamiento aceptable con la altura de la soldadura en las tarjetas en rango medio y mínimo.

Por otro lado, se procede a compartir el análisis de las pruebas realizadas con el *thermode* alternativo o estándar, el cual ayudó a descubrir el comportamiento presente en comparación al *thermode* anterior, con las mismas variables en estudio:

Figura 4.60: Análisis con *thermode* estándar, proceso de hot bar

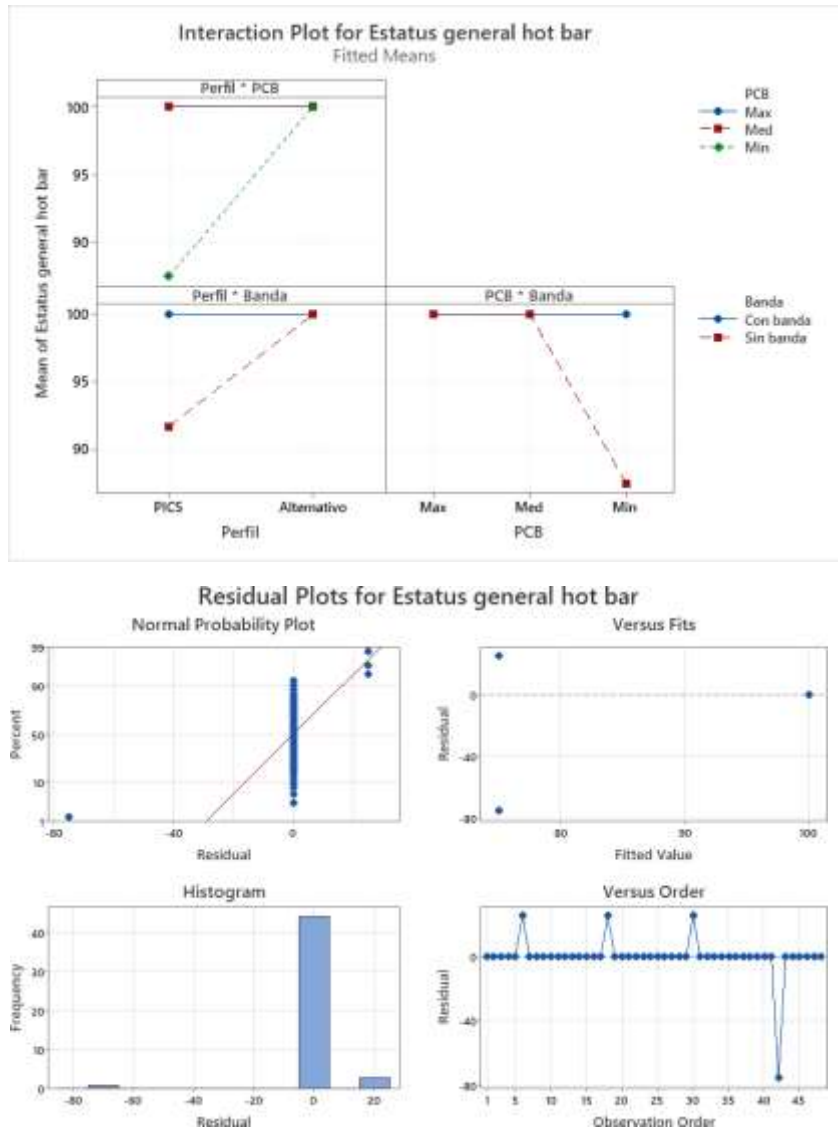


Fuente: Autor.

En la figura anterior se muestra el comportamiento de cada una de las variables consideradas para la realización del DOE con el uso del *thermode* estándar. En este caso, se observó un impacto muy positivo ya que en el proceso de *hot bar*, con el uso del perfil alternativo, existe una mejor transferencia del calor al material, lo cual genera que independientemente de la altura de la soldadura en la tarjeta, el comportamiento del proceso con o sin banda de soldadura tiene buenos resultados porque el cable logra ser refluído en ambos escenarios, esto indica que es viable eliminar el uso de la misma.

En la siguiente figura, se representan gráficamente las interacciones existentes de las variables en estudio:

Figura 4.61: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de hot bar



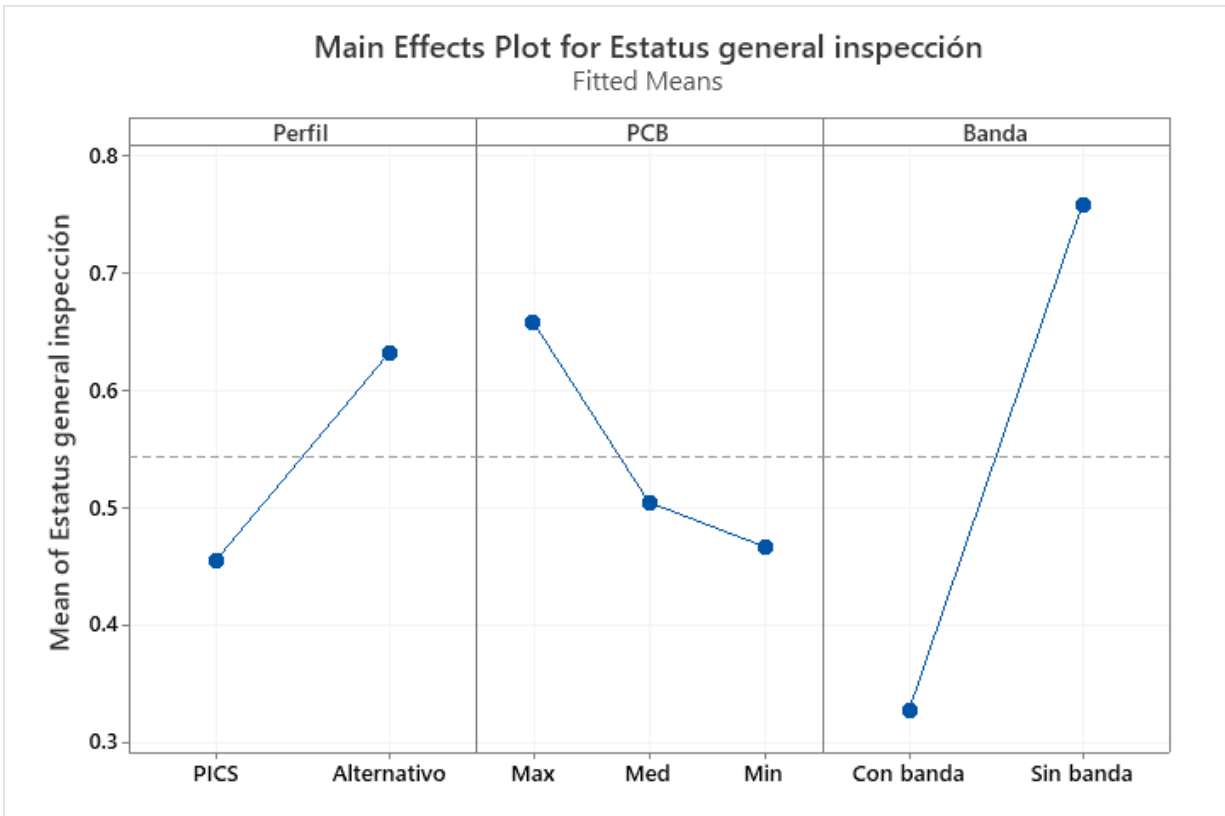
Fuente: Autor.

En esta parte del estudio, se demostró que en el proceso de *hot bar* existe un mejor comportamiento con el perfil 2, las alturas en la soldadura de las tarjetas generan una pequeña influencia en la forma de refluir y el comportamiento con *ribbon* es mejor.

No obstante, cabe recalcar que el exceso de soldadura se ha reducido considerablemente y el hecho de remover el uso de la banda de soldadura del proceso posee un nivel de aceptación bastante alto al igual que con el uso de esta; por consiguiente, es equitativo el uso de la banda o la eliminación de la misma.

Seguidamente, se adjuntan los resultados en el proceso de inspección para ver el comportamiento obtenido con las interacciones de las variables en estudio:

Figura 4.62: Análisis con *thermode* estándar, proceso de inspección



Fuente: Autor.

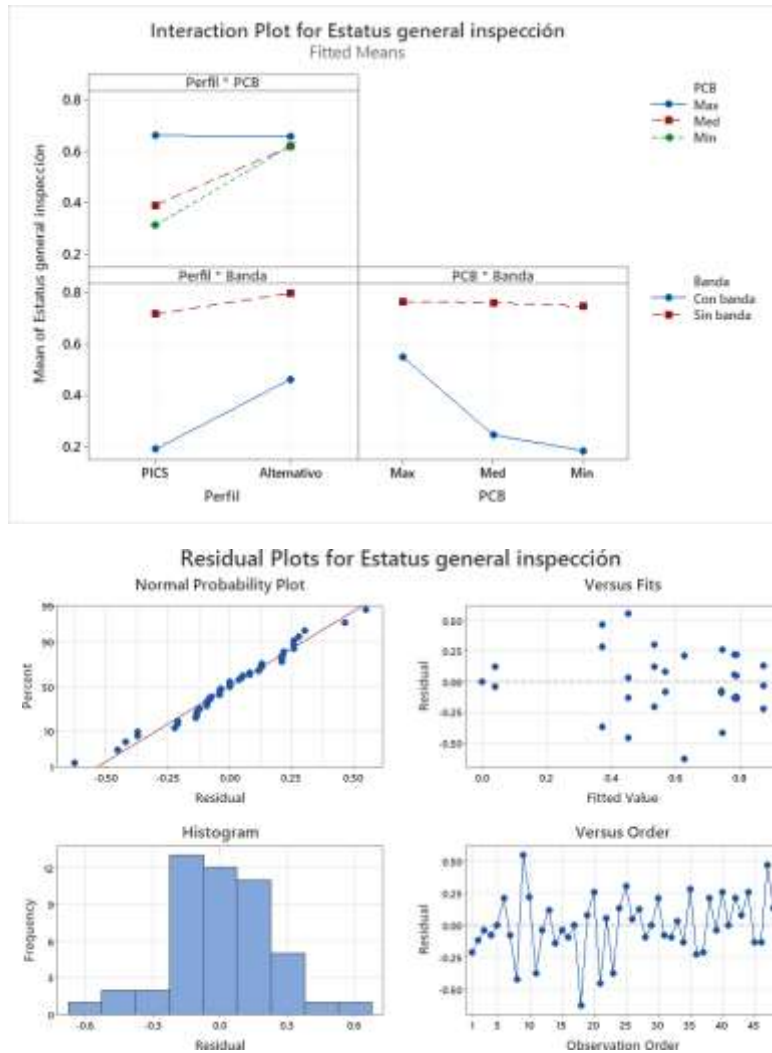
En el caso del comportamiento existente en cuanto a la inspección para cada variable, con el uso del *thermode* alternativo hay un mejor resultado pues el inspector no debe hacer tantos retoques porque la transferencia de calor que emite el *thermode* alternativo es mejor en comparación al *thermode* de Cadence.

Respecto a la altura de la soldadura en las tarjetas, existe un mejor resultado con máxima soldadura, pero el retrabajo realizado por el inspector es mínimo en comparación al otro caso en estudio.

En relación con el uso de la banda de soldadura, si no se utiliza la banda de soldadura, se obtienen muy buenos resultados en comparación a si se usa esta, al minimizarse el exceso de soldadura producido cuando se coloca más soldadura sobre el cable.

Seguidamente, en la siguiente figura se aprecian de manera gráfica las interacciones existentes con las variables en estudio:

Figura 4.63: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de inspección

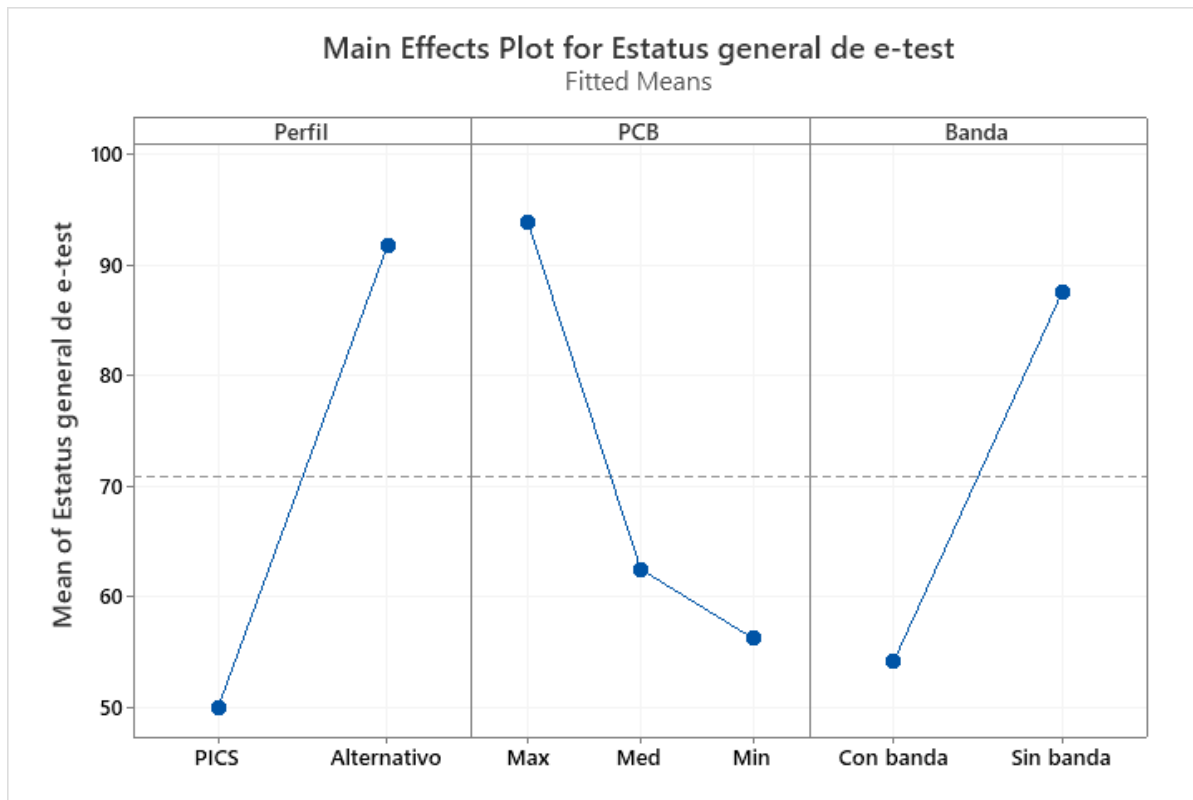


Fuente: Autor.

Con esta parte del proceso es factible indicar que los mejores resultados fueron obtenidos por medio del perfil alternativo o estándar, sin banda de soldadura, con un rango de soldadura en las tarjetas máximo, lo cual confirma que se reduce la cantidad de retoques por hacerse en el proceso de inspección debido a que no ocurren excesos de soldadura en los ensambles, esto agiliza el proceso y minimiza los retrabajos llevados a cabo en la actualidad.

Por último, se colocan los datos obtenidos en el proceso de pruebas eléctricas, con el fin de asegurar que no existen problemas a nivel interno de los ensambles con la eliminación de la banda de soldadura.

Figura 4.64: Análisis con *thermode* estándar, proceso de e-test

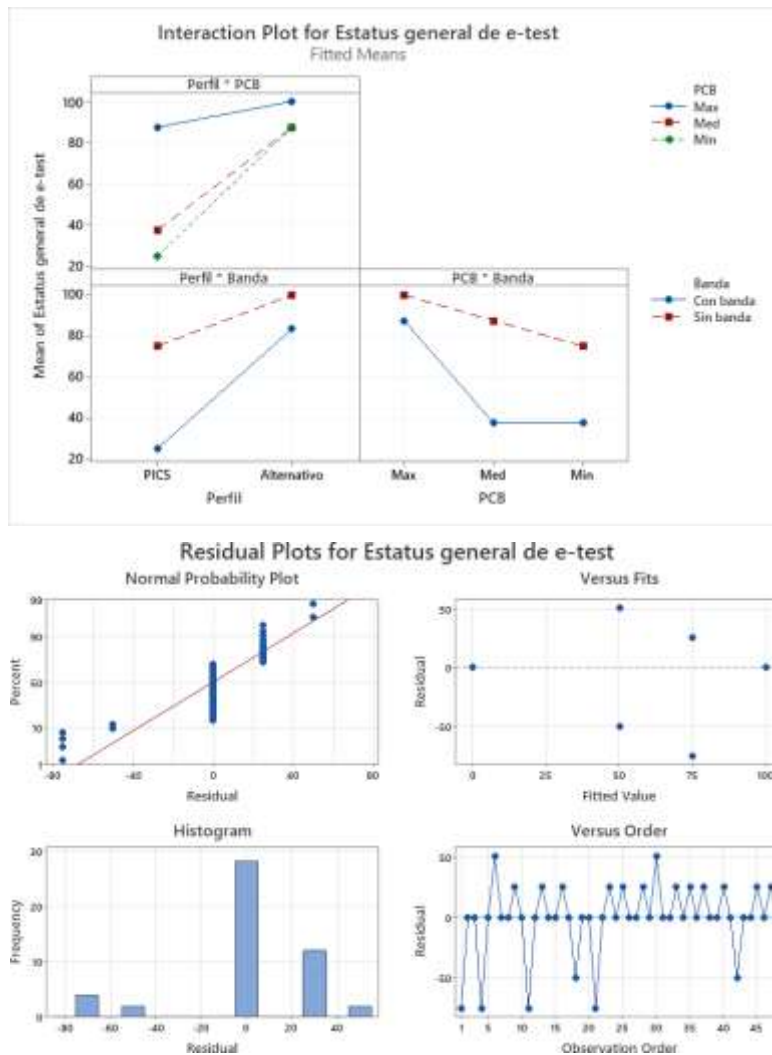


Fuente: Autor.

Para el caso del proceso de testeado eléctrico, el comportamiento individual de cada variable muestra que el uso del *thermode* estándar, con el perfil alternativo y sin el empleo de la banda de soldadura, genera la interacción necesaria para eliminar el uso de la banda de manera definitiva del proceso e implementar la estación de alineamiento que permitirá incrementar la eficiencia en la producción de la línea.

A continuación, se aprecian las interacciones de las variables en estudio y el comportamiento entre ellas:

Figura 4.65: Interrelación de las variables con thermode estándar, proceso de e-test



Fuente: Autor.

Con base en los resultados obtenidos a partir de los datos recolectados, se dedujo que existe un mejor resultado en cuanto a calidad, costos y mudas utilizando la combinación de las variables:

- *Thermode* estándar o alternativo, sin banda de soldadura, con el perfil de temperaturas estándar y con la altura de las tarjetas con el rango de soldadura máxima.

Por esta razón, se avanzó con el control de los KPI actuales y la elaboración de un plan piloto, con el fin de generar datos de manera masiva y, con ello, comprobar que el cambio realizado se produzca de forma eficaz y sea sostenible con el tiempo.

### 4.3.7 Análisis de KPI

En primer lugar, Barranco (2013) explica acerca de los KPI:

Es una métrica enfocada a aquellos aspectos relativos al desempeño de la empresa que resultan clave para lograr el éxito de esta, tanto hoy como en el futuro.

En otras palabras, los KPI nos indican qué debemos hacer para incrementar de un modo extremadamente significativo el desempeño de nuestra empresa.

Por lo tanto, los indicadores de desempeño son fundamentales en una organización ya que por medio de los mismos se evalúa y mide el rendimiento de los procesos.

Estos indicadores son métricas cuantificables que reflejan el éxito de la ejecución de los objetivos propuestos porque con un debido análisis se proporciona una visión detallada y objetiva y se le permite a la empresa tomar decisiones y ajustar las estrategias para el alcance de las metas.

En este proyecto, se tomaron en cuenta las siguientes métricas:

#### Producción:

Un indicador clave de rendimiento (KPI) o una métrica es una medida cuantificable y bien definida que se usa en el sector de la producción para evaluar el rendimiento a lo largo del tiempo. Las empresas del sector de la producción utilizan KPI específicos para supervisar, analizar y optimizar operaciones (Insightsoftware, 2023).

#### Yield del proceso:

Este KPI muestra la calidad de la producción de una empresa, este se expresa como un porcentaje y en este caso si existe un FPY bajo es señal de un proceso de producción defectuoso e informa de que es necesario mejorarlo (Insightsoftware, 2021).

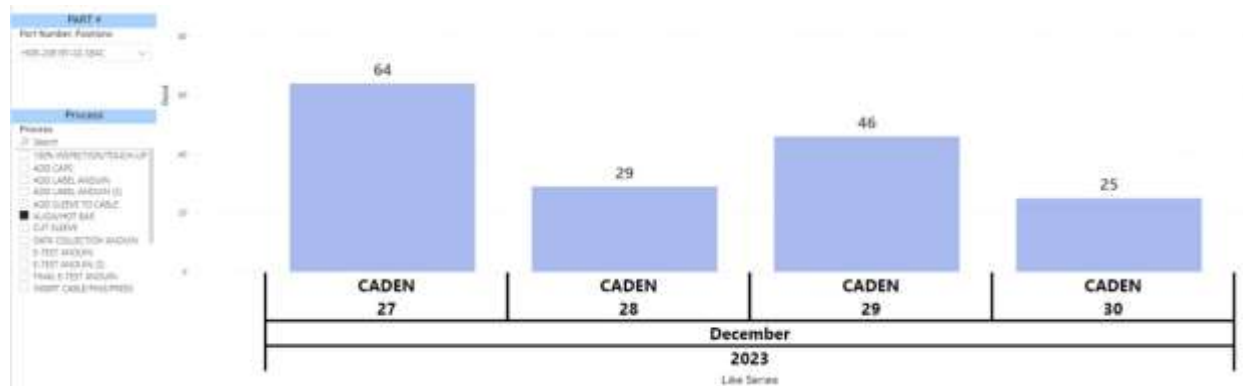
Luego de obtener la información relacionada a los KPI considerados para el proyecto, se explicó cada uno, con el propósito de entender la situación actual del proceso y, de este modo, obtener información relevante sobre los cambios por realizar en el proceso y el impacto que esto puede llegar a ocasionar en la línea.

#### 4.3.7.1 Métrica de producción actual del proceso de hot bar

Actualmente se encuentra una meta de 94 cables por turno, lo cual quiere decir que cada uno de los asociados que operan dichas máquinas deben construir 47 cables por turno para lograr cumplir la meta. Cabe destacar que la línea está compuesta por 2 estaciones de *hot bar*.

A continuación, se muestra un ejemplo del *output* alcanzado en la semana del 27 al 30 de diciembre de 2023 en el turno 1.

Figura 4.66: Output actual alcanzado en el proceso actual de hot bar



Fuente: Samtec Interconnect Assembly. 2023.

Con esta figura se pretende reflejar que la meta no está siendo alcanzada, ya que se experimentó una inconsistencia en la cantidad de unidades construidas durante esa semana, lo cual impactó de manera negativa el compromiso con la demanda solicitada por el cliente porque en la actualidad no se está cumpliendo con las 94 unidades por turno, es decir, el proceso no está siendo capaz de lograr la meta actual y no será capaz de adquirir el compromiso con el cliente si no se llevan a cabo las acciones pertinentes que generen un impacto positivo en la producción de la línea.

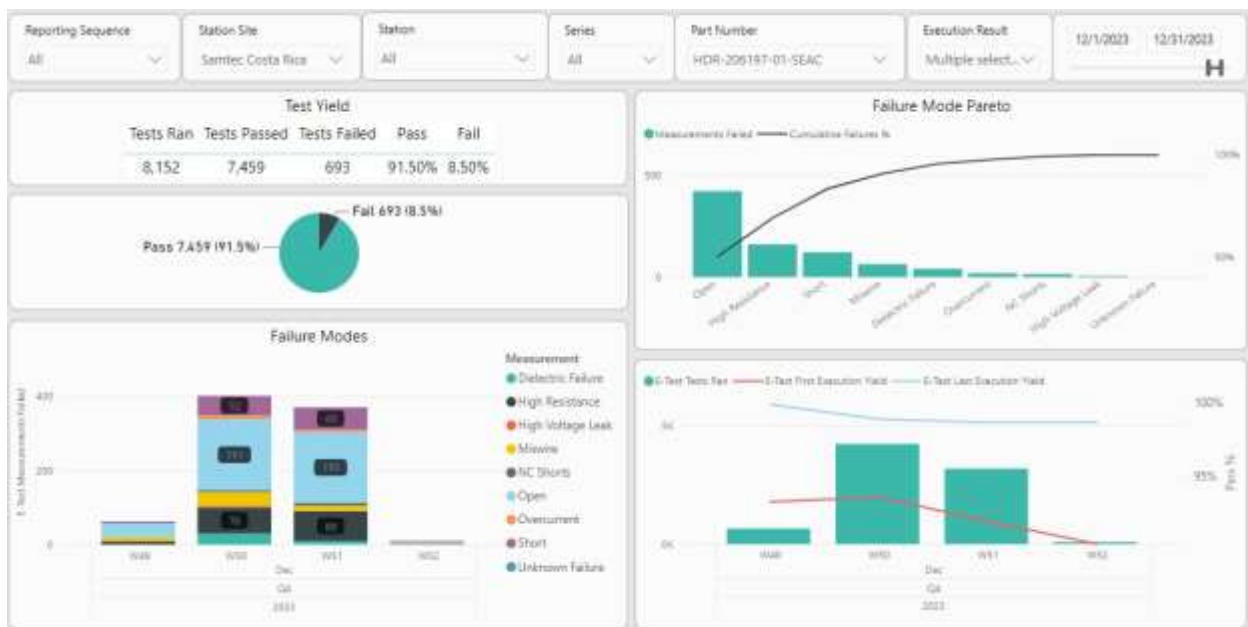
#### 4.3.7.2 Métrica de yield actual del proceso de e-test

Como parte del seguimiento que se brinda a la línea de Cadence con la ejecución de este proyecto, fue importante tomar en cuenta la manera en que la línea opera sus funciones en los procesos críticos que pueden verse impactados con los cambios por ejecutarse.

De este modo, una forma de detectar si el proceso está siendo efectivo fue por medio de la medición de piezas que pasan o fallan las diferentes pruebas eléctricas.

A continuación, se muestra una figura con el *yield* actual que posee la línea en el proceso de testeo eléctrico, porque en este proceso es posible detectar si las piezas se encuentran bien ensambladas o si existe algún problema interno que no puede ser detectado a simple vista, y por medio de este es fácil conocer si el cambio que se estará realizando en el proceso de *hot bar* se acopla a los estándares de calidad solicitados por el cliente.

Figura 4.67: Yield actual alcanzado del proceso de e-test



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2023.

Con base en la figura anterior, se aprecia la tendencia del *yield* del último mes de diciembre, a saber, un 91.50 % en promedio, con un total de 8152 cables testeados, de los cuales 7459 pasaron la prueba y 693 se rechazaron.

La intención de obtener esta información fue apreciar que el *yield* es capaz de mantenerse después de efectuar los cambios en el proceso de *hot bar*, lo cual va a garantizar la integridad del producto.

En resumen, en el presente capítulo se utilizaron herramientas que dieron a conocer la situación actual de la línea de Seac en el producto Cadence, específicamente por medio del análisis e investigación mediante la elaboración de un FODA, con el que se determinó

una matriz de estrategias compuesta por fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del área y la línea.

En cuanto a la medición, se consideraron aspectos como los registros con un Gemba Walk, donde se identificaron muchas posibles causas del porqué está ocurriendo una ineficiencia en la producción en la línea y qué acciones pueden realizarse para cumplir con el incremento de la demanda solicitada por el cliente.

Además, a partir de una lluvia de ideas, se identificaron situaciones importantes que afectan directamente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de la demanda adquirida; por ello, se diseñó un diagrama de Ishikawa donde se usaron 5M de las 6M del diagrama y en este se visualizaron las causas estudiadas.

Asimismo, se llevó a cabo la herramienta del multivoto para la evaluación de causas por medio de un puntaje dado a cada uno de los participantes. Por último, mediante el diagrama de Pareto, se presentaron gráficamente las variables con mayor afectación y que podían estar afectando la ineficiencia de la producción del proceso de *hot bar* y, por ende, el incumplimiento de la demanda adquirida con el cliente.

A su vez, se utilizaron las variables encontradas en las herramientas anteriores, con la finalidad de obtener una causa raíz de cada una de ellas. De este modo, se elaboró un diseño de experimentos para hallar la mejor relación de las variables que permitiera atacar las ineficiencias e incrementar el *output* del proceso, con el propósito de alcanzar el objetivo estipulado. Finalmente, se obtuvieron datos de los KPI más significativos en el proyecto para obtener una base y realizar una comparación real del proceso actual y la propuesta del proyecto.

Por eso, de acuerdo con lo investigado, en el próximo capítulo se plantearán propuestas de mejora para el problema en estudio.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

## 5.1 MEJORAR

En el capítulo anterior, específicamente en la figura 4.35, “Diagrama de Pareto”, se indican las razones por las que existe una ineficiencia en la producción de la línea que no permite cumplir con la demanda solicitada por cliente.

Identificada la causa de cada punto encontrado, el objetivo de la etapa de mejora es implementar soluciones efectivas y viables para el proceso y la organización, con el propósito de generar un aporte adecuado mediante la colaboración interdisciplinaria y creatividad fundamental para implementar los cambios que lleven a la optimización del proceso.

A continuación, se expone una serie de alternativas propuestas y aplicadas por parte de la empresa para la disminución de la ineficiencia en la producción de la línea de Seac, con el fin de lograr el cumplimiento de la demanda solicitada por el cliente.

### 5.1.1 Propuesta #1. Mejora en los parámetros de las máquinas

Esta propuesta se realizó para atacar la causa identificada como “los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas”. Al respecto, Cruelles (2017) define la mejora de procesos como “Eliminar todas aquellas tareas que no añaden valor al producto”.

Considerando lo anterior, en el diseño de experimentos se determinó que para la eliminación de la banda de soldadura utilizada en el proceso de *hot bar* y la implementación de la estación de alineamiento que permitirá el incremento en la producción por hora, es necesario efectuar el ajuste de los parámetros de temperatura y tiempo utilizados actualmente en el proceso.

Por lo tanto, la ingeniera cargo solicitó al Departamento de Equipo Técnico por medio de un correo la modificación de dichos perfiles en ambas máquinas de la línea para proceder con los cambios de temperatura y tiempos determinados en la ejecución del diseño de experimentos del proyecto.

A continuación, se aprecian los perfiles que se mostraban en el sistema PICS antes de que las propuestas de solución fueras hechas:

Figura 5.1: Información de los parámetros de temperatura utilizados antes en el sistema PICS

<b>Parámetros PICS</b>	<b>Base:</b> 250°C ±20°C <b>Rise 1:</b> 1s ±0.5 s
	<b>Preheat:</b> 390°C +10°C/-15°C for 2 s ±0.5 s <b>Rise 2:</b> 2 s ±0.2 s
	<b>Reflow:</b> 350°C ±25°C for 2 s +0.2 /-0.5 s
	<b>Cool:</b> 180°C +10°C/-0°C

Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2024.

Ahora bien, se exponen los perfiles actualizados en el sistema PICS, los mismos que se usaron en el DOE, con los cuales se obtuvieron los resultados esperados del estudio:

Figura 5.2: Información de los parámetros de temperatura actualizados en el sistema PICS

<p><b>SH:</b></p> <p><b>Base:</b> 180°C ±10°C <b>Rise 1:</b> 0.5 s</p> <p><b>Preheat:</b> 240°C +10°C/-15°C for 1.5 s ±0.5 s <b>Rise 2:</b> 1.1s ±0.2 s</p> <p><b>Reflow:</b> 355°C ±5°C for 2.3 s +/-0.2</p> <p><b>Cool:</b> 180°C +10°C/-0°C</p> <p>Thermode regulators should be :</p> <p>Right and left head 8 PSI</p> <p>Right and Left blowoff 4 PSI</p>
--

Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2024.

A partir de los parámetros compartidos en la figura anterior, se indican los nuevos lineamientos que deben seguir tanto el equipo de producción como el equipo técnico. Si algún cambio es necesario, debe ejecutarse si está dentro de las tolerancias colocadas en el sistema oficial de la empresa.

Como punto de control, se solicitó al coordinador del equipo técnico un bloqueo en la máquina del rango de tolerancia de aumento o disminución de temperatura de los técnicos al realizar ajustes, para evitar que puedan desviarse del proceso estipulado por el equipo de ingeniería.

### 5.1.2 Propuesta #2. Rediseño del *thermode* acorde a las necesidades del producto

La segunda propuesta se llevó a cabo para atacar la causa identificada como “las medidas de los *thermodes* de las *hot bar* no son aptas con relación al cable y las tarjetas”.

En cuanto a esta, Guerra y Meizoso (2012) definen en torno a la calidad lo siguiente:

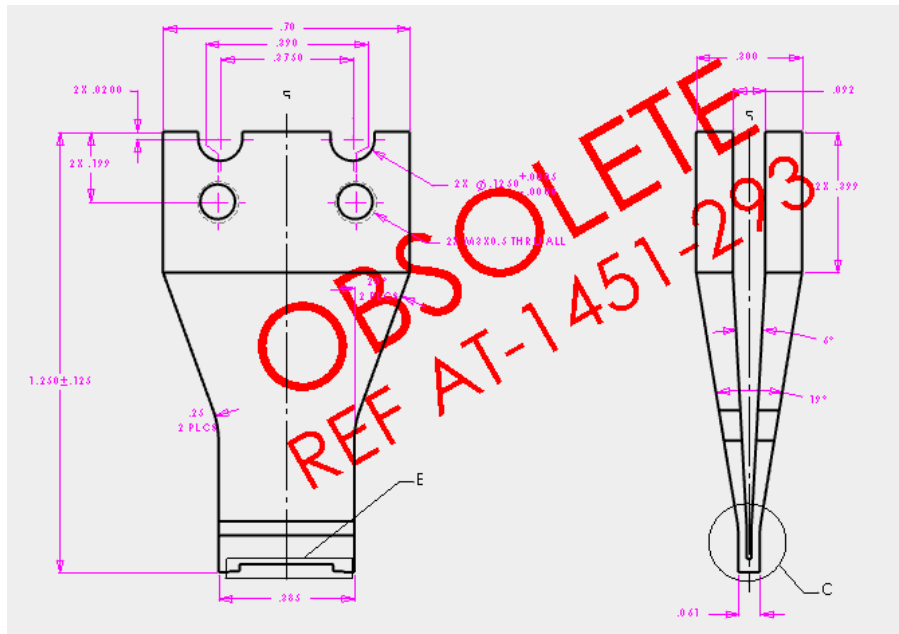
[...] el mejoramiento de la calidad consiste en identificar los proyectos de mejora apropiados, organizar el equipo de trabajo y darle formación y poder de decisión, descubrir las causas, desarrollar las acciones correctivas y, finalmente, implementar mecanismos para controlar el nuevo proceso y mantener las ganancias.

Así, en la representación del DOE realizado, se tomó como referencia el *thermode* utilizado en productos estándar (del cual se muestra una figura con sus especificaciones), con el fin de obtener una guía de las medidas necesarias que se adaptan al producto y, de este modo, tener un mejor contacto con el cable y la tarjeta, para que se produzca una mejor transferencia de calor a la materia prima.

Respecto a este punto, se escaló con el equipo de diseño de manufactura para que se hiciera el rediseño del *thermode*. El ingeniero de manufactura a cargo de este trabajo tardó 3 horas efectuando el ajuste de este, lo cual significó un costo de ingeniero de ₡ 21 000 por el tiempo que invirtió desarrollando el *tooling*, además el costo del nuevo *thermode* fue de ₡ 104 163.71. Es importante recalcar que el nuevo diseño se debe adaptar a las condiciones y necesidades del producto y ser colocado en la máquina de *hot bar* de la línea de Seac para ser parte del *tooling* oficial empleado en la construcción de los cables.

En el siguiente punto, se aprecia una comparación del *thermode* con el diseño viejo y la propuesta del proyecto.

Figura 5.3: Thermode viejo



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2024.

En la figura 5.3, se muestra el *thermode* utilizado anteriormente en el proceso de *hot bar*. Cabe destacar que este quedó obsoleto y fuera de uso debido a que gracias a la investigación hecha, se detectaron ciertas ineficiencias en el diseño, las cuales ocasionaban que este no cumpliera bien su objetivo.

Parte de los aspectos detectados por el ingeniero fue que la altura y forma del *thermode* no eran las adecuadas para las condiciones existentes actualmente en el producto; además, en la actualidad se toman en cuenta otras mediciones para que el *tooling* sea fabricado de manera más personalizada, con el propósito de mejorar los resultados obtenidos en el proceso de *hot bar*.

Seguidamente, se aprecia una figura del nuevo diseño creado por el ingeniero de manufactura, considerando todos los puntos mencionados con anterioridad:



[...] es un valor determinado, incluso dentro de las tolerancias especificadas, considerado como el óptimo y que denominaremos valor objetivo, es la responsable de las pérdidas económicas debidas a la mala calidad del producto (ajustes, recuperaciones, reprocesado de materiales e incluso achatarramiento).

Dentro de las afectaciones detectadas por medio de observaciones en el proceso, se encontró un punto valioso para la investigación, debido a que, a partir de unas mediciones con el *dropgauge* (herramienta oficial utilizada por la empresa para efectuar mediciones a la materia prima), el equipo de calidad, que fue el encargado de llevar a cabo dichas mediciones, identificó que existían ciertas inconsistencias en la altura de la soldadura y mediante un histograma se evidenció que al menos 50 % de las tarjetas estaban fuera de especificación.

A continuación, se explica el procedimiento realizado para ejecutar la medición de las tarjetas:

- Primeramente, se toman las tarjetas y se colocan sobre la base del *dropgauge*.
- Luego, se levanta la punta del *dropgauge* y se coloca sobre la tarjeta en algún punto del *soldermask* (cubrimiento verde de la tarjeta).
- Seguidamente, se coloca el *dropgauge* en cero.
- Como cuarto paso, se efectúa la medición en 3 puntos diferentes de las tarjetas, específicamente en ambos extremos y al centro del *pad* de soldadura de estas, con el fin de ver el comportamiento, ya que es esperado que el punto más alto sea el centro.
- Después de llevar a cabo las mediciones respectivas en los 3 *banks* de la tarjeta, se quita de la base del *dropgauge*, se continúa con la siguiente y se repite el proceso de nuevo.

A continuación, se aprecia una figura del instrumento utilizado para la medición en la materia prima:

Figura 5.5: Instrumento de medición (dropgauge)



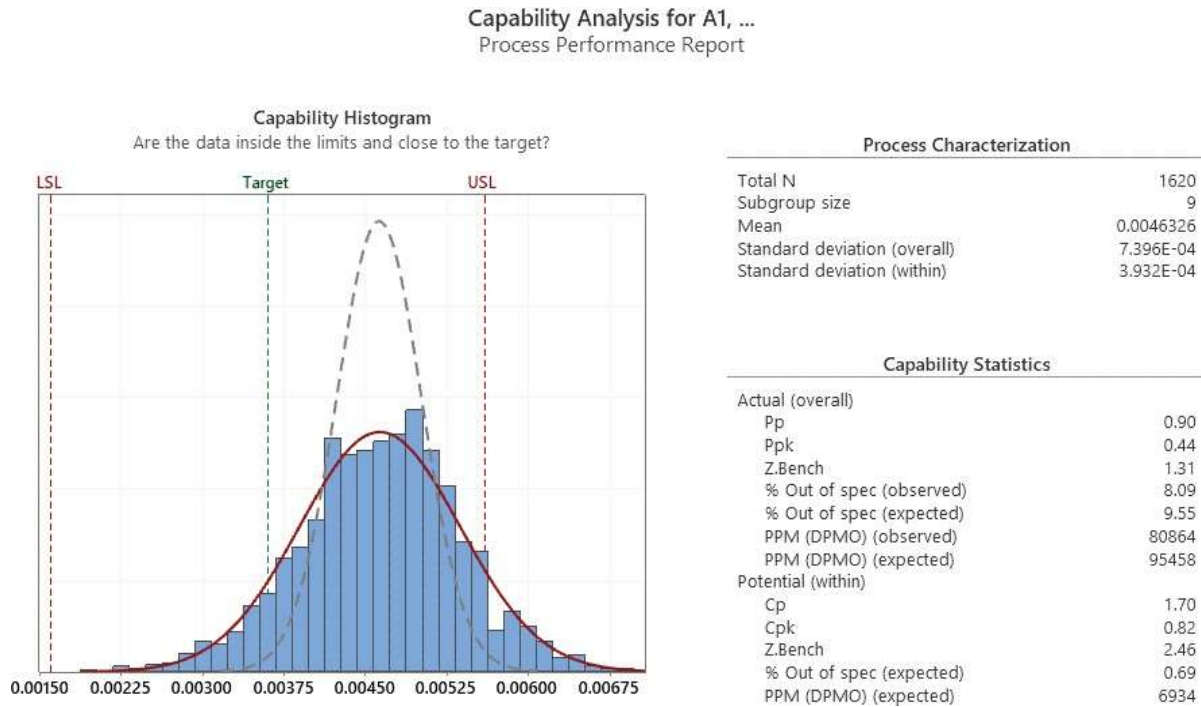
Fuente: Samtec Interconnect assembly, 2024.

Gracias a este hallazgo, fue posible la debida escalación del problema por parte de la ingeniera a cargo, por medio de correos y algunas llamadas al *vendor* de China (creador de las tarjetas utilizadas en el proceso de *hot bar*), para explicarle la afectación que estaba generando la condición en el proceso de *hot bar*.

Al respecto, se tomaron las siguientes acciones:

- Los datos fueron compartidos al *vendor* de China (creador de las tarjetas utilizadas en el proceso de *hot bar* en la línea de Seac) por medio de correos y llamadas telefónicas para explicarle el problema que ocurría en la parte de producción al construir los ensambles.
- Una vez realizado el paso anterior, el Departamento de Elaboración de Tarjetas en China tomó como acción correctiva efectuar ciertos ajustes al proceso de construcción de las tarjetas y agregó un proceso de medición de las mismas por parte de Samtec Interconnect Assembly China, para minimizar el problema de inconsistencias en la altura de la soldadura.
- Una vez que el primer lote de tarjetas estuvo en Samtec Interconnect Assembly Costa Rica, se procedió a medirlas nuevamente y se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 5.6: Resultado de la medición de las tarjetas después de la escalación con el vendor



Fuente: Autor.

Al analizar los datos recolectados de 196 tarjetas, el equipo de calidad e ingeniería determinó que la inconsistencia de la altura de la soldadura se redujo de un 50 % a un 8.09 % en aproximadamente 1 mes, pero el proceso está fuera del límite superior y la media desplazada, esto indica que el proceso no está controlado en su totalidad. Para encontrar los datos recolectados en la medición de las tarjetas, es necesario consultar el apéndice 6 para más información.

Cabe destacar que la mejoría aportó grandes beneficios al proceso porque al obtener un mejor acercamiento a la media, fue posible utilizar las tarjetas en el proceso de *hot bar* y minimizar la cantidad de tiquetes ingresados por ajustes a las máquinas relacionados al material.

Samtec Interconnect Assembly China continúa generando esfuerzos para reducir la cantidad de material fuera de especificación y controlar su proceso al menos un 95 %, pues ese el porcentaje de aceptabilidad de la empresa para *vendor* internos.

Como acción preventiva, el Departamento de Calidad de Samtec Interconnect Assembly Costa Rica ingresó un *containment*, el cual se encarga de retener el material para medirse con el *dropgauge* al 100 % antes de liberarse al proceso productivo.

#### **5.1.4 Propuesta #4. Capacitación**

Según Dessler y Varela (2001), la capacitación gira en torno a los empleados de la organización y juega un papel vital, ya que es muy importante innovar los conocimientos de los colaboradores para que realicen un trabajo eficaz y eficiente y desarrollen un mejor trabajo en la organización.

Por consiguiente, las etapas correspondientes a la metodología utilizada para el proceso de capacitación son las siguientes: diagnóstico, diseño, implementación y evaluación.

De esta forma, se elaboró la estructura para brindar el debido entrenamiento a los operarios considerando la información del diagrama de Pareto y la variabilidad existente en la manera de los asociados para ejecutar el proceso. Por lo tanto, como parte de las mejoras, los diferentes equipos involucrados (ingeniería, calidad, producción, Departamento de Entrenamiento) debieron utilizar la metodología de capacitar al personal en el trabajo. Al respecto, con este método se asigna a una persona con experiencia, en este caso se utilizó el recurso de un asociado de *training* que conoce el proceso; además, se adaptó a la información y requerimientos de la empresa con el objetivo de compartir los conocimientos adecuados con el personal de la línea.

En seguida se muestra cada uno de los pasos seguidos para la ejecución de la debida capacitación de los asociados en cuanto al método correcto con el que se disminuyan las diferencias existentes entre turnos y personal, con el propósito de estandarizar la forma de ejecución y lograr obtener una misma cantidad de cables construidos al final del turno.

##### **5.1.4.1 Primer paso: diagnóstico**

Respecto al primer paso de la propuesta de capacitación, el artículo realizado por Methoddo (s.f.) se refiere a diagnóstico como:

El Diagnóstico de Necesidades de Capacitación -DNC-, es el producto que se obtiene como resultado de un proceso ordenado de recojo e identificación de necesidades de capacitación, que busca el fortalecimiento o cierre de brechas de

competencias o conocimientos, tanto alineadas a las funciones del perfil del puesto como a los objetivos estratégicos de la entidad.

Así, mediante las observaciones tomadas de los Gembas hechos por los equipos de calidad, ingeniería, producción y Departamento Técnico, la razón por la que fue necesaria la capacitación del personal fue porque existen inconsistencias en el método utilizado por cada uno de los asociados de *hot bar* que trabajan en la línea, pues las diferentes variables del personal influyen en la cantidad de cables construidos por unos y otros.

Como parte de la mejora en el proceso planteada a lo largo del proyecto, se implementó una estación de alineamiento al proceso de *hot bar*, que tuvo un precio de ₡ 2 582 510.50, la cual permitirá el incremento de la producción de cables por hora. Sin embargo, el personal debe estar entrenado apropiadamente para no generar variables que puedan influir en los resultados esperados. Por ello, la realización y estandarización de un método a seguir por todos los operarios involucrados en el proceso de *hot bar* es necesaria para incrementar el desempeño, habilidades y destrezas que posibiliten aportar a la mejora propuesta.

#### **5.1.4.2 Segundo paso: diseño**

En cuanto al segundo paso para la capacitación, se hace referencia a Soto (2011):

El diseño de la capacitación (también llamado planificación, programación, planeamiento, entre otros), consiste en un esfuerzo previo que debe realizar el facilitador (en este caso el promotor o promotora social) para disponer de una estructura básica que le guíe y oriente en su interacción con la dirigencia comunal, consiste en una herramienta que facilitará la organización de los contenidos para su ejecución y para un mejor aprovechamiento del tiempo en la actividad. Más que un gasto de tiempo, planificar es una buena inversión.

Como parte de la estructura estipulada para efectuar la capacitación a los asociados de *hot bar*, a continuación, se muestra cada uno de los pasos por seguir para llevarla a cabo por distintos equipos de la organización (producción, EHS, equipo de entrenamiento, ingeniería), además de representar puntos importantes como:

- El orden de cada actividad por desarrollar, para tener una secuencia lógica.

- En la columna posterior se describe puntualmente cómo ejecuta la actividad el encargado de la capacitación.
- En la siguiente columna se muestra la información relacionada al lugar donde se realiza la debida capacitación.
- Enseguida, se indican las fechas de cada actividad programadas con antelación para llevar un itinerario ordenado y obtener los resultados deseados.
- Luego, se procede con la aclaración sobre las personas a las que se les brinda el entrenamiento sobre el nuevo proceso.
- El siguiente punto detalla a la persona encargada de impartir la capacitación.
- En las últimas columnas se muestran los tiempos de cada una de las personas involucradas y el costo por horas de la capacitación.

La siguiente tabla expone la información mencionada en los puntos anteriores, con el propósito de focalizar todos los datos significativos que puedan ayudar a entender la estructura de la ejecución de la capacitación:

Tabla 5.1: Programa de capacitación

Capacitación en el trabajo para el proceso de hot bar, línea Seac												
Orden de actividades	¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿A quién?	¿Quién?	¿Tiempo?		¿Cuánto €?			
							Operario	Entrenador	Salario por hora operario	Total salario por hora 6 operarios	Salario por hora entrenador	Total salario por entrenador
1	Reunión con EHS para determinar la correcta utilización de la estación de alineamiento	La representante del departamento de salud ocupacional se presentó en la línea de producción para explicar la adecuada utilización de la estación de alineamiento para evitar lesiones o movimientos innecesarios al movilizar los cables de un lado a otro	Línea de producción	1/5/2024	Operarios de producción	Carolina Loría	1 hora	1 hora	€1,800.0	€9,600.0	€4,500.0	€4,500.0
2	Inicio de capacitación con el entrenador del área	El entrenador mostrará el método estipulado por los departamentos de ingeniería, calidad, EHS	Línea de producción	1/5/2024	Operarios de producción	Robert Arce	7 horas	7 horas	€11,200.0	€67,200.0	€3,850.0	€26,950.0
3	Pruebas de operarios con el nuevo método	Los operarios inician con las pruebas del nuevo método en compañía del entrenamiento, quien verifica que se este siguiendo el procedimiento de acuerdo a lo mostrado en el entrenamiento.	Línea de producción	1/08/2024 al 1/12/2024	Operarios de producción	Robert Arce	40 horas	40 horas	€64,000.0	€384,000.0	€3,850.0	€154,000.0
4	Evaluación de los resultados	La ingeniera a cargo del proyecto procede a evaluar los resultados de las pruebas realizadas por los asociados de producción y confirmar la optimización del proceso	Línea de producción	1/15/2024	Operarios de producción	Carolina Alpízar	0	9 horas	€0.0	€0.0	€7,000.0	€63,000.0
<b>Costo total de capacitación a 6 operarios en el proceso de hot bar</b>									<b>€709,250.0</b>			

Fuente: Autor.

En resumen, el costo total al llevar a cabo la capacitación de los 6 asociados de los 3 turnos que en la actualidad realizan el proceso de *hot bar* en la línea de Cadence fue de ₡ 709 250.0.

El propósito de ejecutar la capacitación fue para asegurarse de que los operarios utilicen un mismo método estandarizado en el proceso, de este modo se cierra la brecha existente entre el *expertise*, la velocidad de los asociados y los turnos en los que se desempeña cada uno de ellos.

#### **5.1.4.3 Tercer paso: implementación de la capacitación**

Al implementar mejoras significativas en un proceso productivo, la ejecución de la capacitación al personal de la línea sobresale como una pieza crucial para asegurar que la resistencia al cambio sea reducida y asimilada de la mejor manera, con el objetivo de aprovechar las mejoras propuestas.

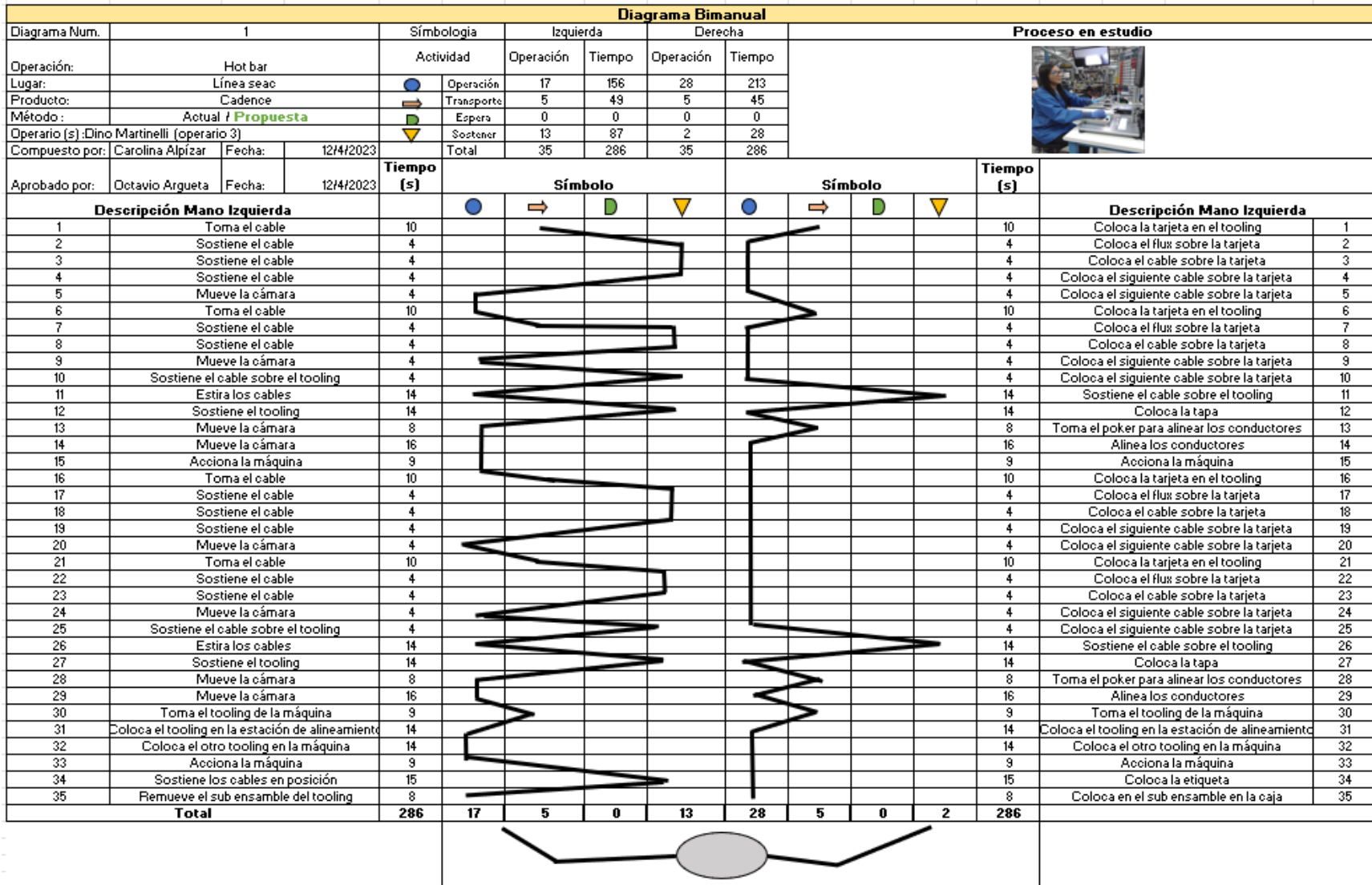
La eficiencia en la producción en la elaboración del proyecto está ligada directamente a la habilidad, comprensión y motivación de los colaboradores que operan a diario en el proceso productivo.

Con la realización de la capacitación al personal de operaciones, se espera una transición adecuada, también incrementar la producción de cables por hora, logrando así la meta estipulada con la demanda solicitada.

En el siguiente punto se demuestra mediante un diagrama bimanual creado por el Departamento de Ingeniería, la propuesta del método con la eliminación del uso de la banda de soldadura y con la implementación de la estación de alineamiento mencionada. Solo se presenta un diagrama, ya que el tiempo ciclo de la máquina es de 2.46 min. Al alinearse simultáneamente mientras la máquina realiza el ciclo, el asociado cuenta con el tiempo suficiente para tener el siguiente montaje listo y aprovechar al máximo la capacidad de la máquina, además de llevar un método estandarizado y cerrar la brecha que existía con anterioridad.

En otras palabras, el ritmo del proceso pasó de ser controlado por el operario a ser controlado por el tiempo ciclo que posee la máquina.

Figura 5.7: Propuesta del nuevo método estipulado en el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

Al observar el gráfico anterior, se aprecia una considerable reducción en el tiempo ciclo del proceso al eliminar el uso de la banda de soldadura, implementar la estación de alineamiento y asegurar que los asociados tengan el material más cerca de ellos en la estación con el fin de disminuir los movimientos para obtenerlo.

#### **5.1.4.4 Cuarto paso: evaluación de los resultados**

La cuarta etapa de la capacitación fue un seguimiento, comprobación, medición y comparación con la anterior, para estandarizar y mejorar el proceso. Esta etapa estuvo a cargo del Departamento de Ingeniería y luego brindó los resultados a los demás departamentos involucrados.

Con el propósito de estandarizar el método utilizado, se redujeron mudas que estaban ocurriendo en el proceso como, por ejemplo:

Movimientos innecesarios: Anteriormente el asociado debía agacharse para tomar el cable y las tarjetas de las bandejas, pero con la propuesta realizada se revisó con el equipo de calidad que los asociados pudieran colocar la caja del cable sobre la mesa de la estación de alineamiento y las tarjetas al lado de la estación, con el objetivo de evitar que el asociado realice movimientos que atrasen el proceso.

Esperas: En el proceso actual los asociados debían esperar que la máquina completara el ciclo para continuar con la construcción del ensamble, lo cual producía tiempos improductivos donde el asociado quedaba detenido. Sin embargo, con la propuesta hecha de eliminar el uso de la banda de soldadura y la implementación de la estación de alineación, el operario simultáneamente puede ir trabajando el siguiente ensamble mientras la máquina se encuentra ciclando, lo cual permite aprovechar al máximo la capacidad de la máquina y reducir los tiempos improductivos presentados con anterioridad.

Sobreprocesamiento: Con la mejora efectuada en el proceso de *hot bar*, se generó un impacto directo en el proceso de inspección porque al no utilizar la banda de soldadura, el retoque que se les debía hacer a los cables por exceso de soldadura ya no se realiza, lo cual permite que el número de piezas inspeccionadas por hora pase de 13 a 37, esto significa un aumento importante en la producción de la línea.

Seguidamente, se muestra una comparación entre los datos tomados con el proceso actual vs la propuesta presentada con las mejoras realizadas por cada uno de los operarios que han estado involucrados a lo largo del proceso de mejora.

Tabla 5.2: Cuadro comparativo del proceso actual vs la propuesta de mejora

Operario T1: Sharon Segura	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	16	Operación	26	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	32		32		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					3			
Tiempo promedio del proceso (s)	645				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					359			

Operario T1: Xinia Hernández	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	11	Operación	21	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	27		27		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					8			
Tiempo promedio del proceso (s)	586				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					300			

Operario T2: Valeria Barrantes	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	16	Operación	26	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	32		32		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					3			
Tiempo promedio del proceso (s)	645				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					359			

Operario T2: Dino Martinelli	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	16	Operación	26	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	32		32		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					3			
Tiempo promedio del proceso (s)	784				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					498			

Operario T3: Jose Pablo Muñoz	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	11	Operación	21	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	27		27		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					8			
Tiempo promedio del proceso (s)	576				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					290			

Operario T3: Ximena Martínez	Proceso actual				Propuesta			
	Mano izquierda		Mano derecha		Mano izquierda		Mano derecha	
Cantidad de Movimientos	Operación	16	Operación	26	Operación	17	Operación	28
	Transporte	7	Transporte	3	Transporte	3	Transporte	5
	Espera	1	Espera	1	Espera	0	Espera	0
	Sostener	8	Sostener	2	Sostener	15	Sostener	2
Cantidad total de movimientos	32		32		35		35	
Disminución total de movimientos del proceso					3			
Tiempo promedio del proceso (s)	780				286			
Disminución total de tiempo del proceso (s)					494			

Fuente: Autor.

Al observar con detenimiento la tabla 5.2, se distingue una diferencia en los movimientos y tiempos de todos los asociados involucrados, independientemente del *expertise* de los asociados o el turno al que pertenezcan. En conclusión, al brindar un solo método de trabajo y una estandarización clara del proceso a los cuales los operarios deben apegarse, es posible alinear a todo el equipo de operaciones del proceso sustituyendo las variables que puedan provocar desviaciones en el mismo.

A continuación, se muestra un cuadro resumen detallando el tiempo reducido en cada turno:

Tabla 5.3: Cuadro resumen de la reducción de tiempos por turno

Reducción de tiempo total por ciclo			
	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Total por ciclo
T1	359	5.98	10.98
	300	5.00	
T2	359	5.98	14.28
	498	8.30	
T3	290	4.83	13.07
	494	8.23	
Total	2300	38.33	38.33

Fuente: Autor.

En la tabla expuesta, se visualiza la mejora en el tiempo en cada turno de forma más detallada, considerando que el turno con más beneficio es T2, con una reducción de 14.28 min por ciclo, y ambas máquinas ubicadas en la línea de producción; así, como dato total se obtuvo una reducción de 38.33 min.

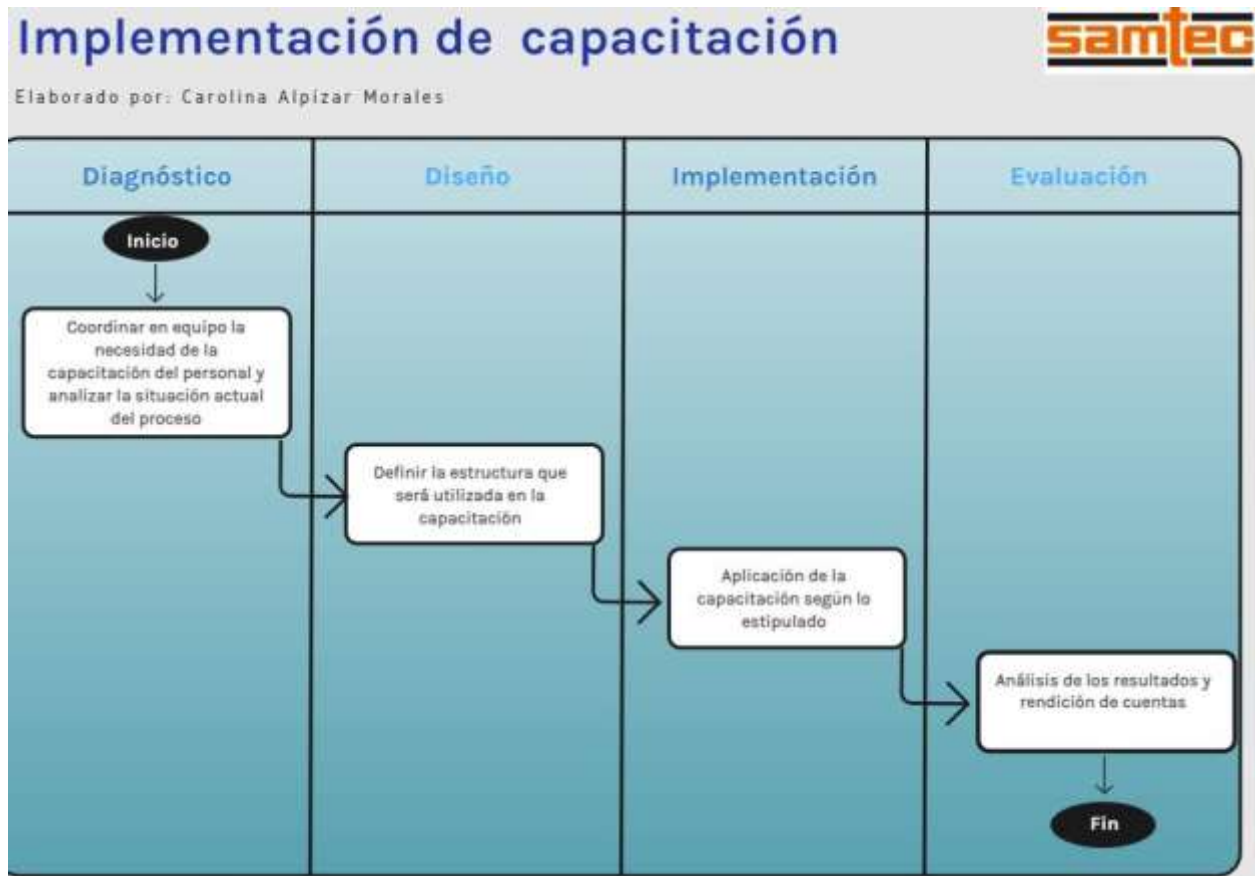
En resumen, seguidamente se aprecia un diagrama donde se representa la estructura de cada una de las etapas por las cuales pasó el proceso de capacitación para los operarios del proceso de *hot bar*, a saber:

- **Diagnóstico:** En esta etapa se revisó con el equipo involucrado la necesidad de llevar a cabo una capacitación para el ajuste realizado en el proceso de *hot bar*, tomando en cuenta distintos grupos de trabajo como EHS, producción, calidad e ingeniería, para examinar con detalle el proceso actual de *hot bar*, con el fin de

establecer la nueva manera de ejecutar el proceso sin que sea afectado tanto el asociado como el material en proceso.

- **Diseño:** En esta etapa se desarrolló cada punto de la capacitación brindada, considerando los aspectos de la etapa anterior. La misma estuvo a cargo de los equipos de EHS, producción, calidad e ingeniería, ya que aquí se estipuló el personal por capacitar, espacio, tiempo, fecha y personas responsables de la capacitación.
- **Implementación:** En este punto se ejecutó la capacitación estipulada por los grupos involucrados. Esta parte la desarrolló el equipo de EHS y *training*, tomando en cuenta los sistemas y aspectos importantes alineados con la empresa.
- **Evaluación de los resultados:** En esta etapa se analizó la información recolectada durante la capacitación y se comparó la situación actual y la propuesta generadas para demostrar la optimización del proceso. Esta estuvo a cargo del equipo de ingeniería y producción.

Figura 5.8: Propuesta del nuevo método estipulado en el proceso de hot bar



Fuente: Autor.

En el diagrama anterior se muestra cada una de las etapas de la propuesta de capacitación para la implementación del nuevo proceso de *hot bar*, con el propósito de atacar el problema de ineficiencia existente en dicho proceso.

### 5.1.5 Propuesta #5. Balance de la línea

La quinta propuesta se basó en diferentes causas abarcadas en el diagrama de Pareto, pues una vez implementadas, fue necesario hacer un balance de la línea para distribuir las cargas de los operarios y alcanzar la nueva meta estipulada.

Al respecto, Peña et al. (2016) indican que la creación de un balance de líneas es un factor crítico para la productividad de una empresa al distribuir la capacidad adecuada, asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos mediante los distintos procesos dentro de la planta, encontrar las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las

estaciones, maximizar el aprovechamiento de la mano de obra y el equipo, y reducir o eliminar el tiempo ocioso.

A continuación, luego de las mejoras implementadas en la línea de producción, específicamente en el proceso de *hot bar*, se realizó un balance de línea con el propósito de distribuir las cargas de manera correcta, porque con los cambios hechos se produjo un cambio significativo en los *rates* de los procesos de *hot bar*, inspección y reparación, lo cual podría influir en el flujo que posee la línea en la actualidad.

Por eso, se efectuó un estudio de tiempos por la gestora del proyecto, que forma parte del Departamento de Ingeniería, a los mismos asociados con los que se inició el proyecto, para garantizar la viabilidad de los datos y no añadir variables no contempladas con anterioridad.

Seguidamente, se muestra un cuadro comparativo con el estudio de tiempos hecho en el proceso de *hot bar* sin el uso de la banda de soldadura y con la estación de alineamiento implementada.

Tabla 5.4: Cuadro comparativo del estudio de tiempos del proceso de hot bar

Promedio estudio de tiempos									
Operarios	T1			T2			T3		
	Antes	Después	Diferencia (min)	Antes	Después	Diferencia (min)	Antes	Después	Diferencia (min)
OP1	10.73	4.77	5.96						
OP2	9.35	4.77	4.58						
OP3				13.11	4.77	8.34			
OP4				10.72	4.77	5.95			
OP5							9.60	4.77	4.83
OP6							12.87	4.77	8.10

Fuente: Autor.

Mediante el estudio de tiempos, se observa que con las mejoras realizadas en el proceso de *hot bar* se obtuvo un resultado positivo en cuanto al tiempo ciclo.

En el apéndice 7, se aprecian con detalle los estudios de tiempos efectuados en los distintos turnos. Acá, en resumen, se indica que en T1 hay una diferencia de 5.96 min y 4.58 min respecto al proceso anterior, para un total de 10.54 min por ciclo de máquina.

En el caso de T1, surgió una mejora de 8.34 min y 5.95 min, lo cual suma 14.30 min por ciclo, considerando las 2 máquinas que posee la línea. Así, este turno es el más

beneficioso en comparación con los demás. Además, en T3 se muestra una mejora en el tiempo por ciclo de 12.93 min.

Por consiguiente, en el apéndice 8 se encuentra el estudio de tiempos de los procesos de inspección y reparación, los cuales son directamente impactados con las mejoras implementadas en el proceso de *hot bar*. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 5.5: Actualización de tiempos en el sistema de los procesos de hot bar, inspección y reparación

Operación	Proceso	Centro de trabajo	Nombre de centro de trabajo	Horas requeridas antes	Unidades por hora antes	Horas requeridas después	Unidades por hora después
1000	CUT CABLE TO LENGTH	80047	COSTA RICA - HDR (CUT)	0.015	66.7	0.015	66.7
2450	CABLE PREP AUTO	80047	COSTA RICA - HDR (CUT)	0.033	29.9	0.033	29.9
3900	PRINT LABEL ANDUIN	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.014	71.4	0.014	71.4
5350	ALIGN HOT BAR	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.155	6.4	0.097	10.3
6800	100% INSPECTION/TOUCH-UP	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.079	12.7	0.029	34.7
7525	DATA COLLECTION ANDUIN	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.022	45.5	0.022	45.5
8250	E-TEST ANDUIN	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.027	37.6	0.027	37.6
9700	REWORK	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.130	7.7	0.021	47.6
11150	LOW PRESSURE MOLD	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.030	33.3	0.030	33.3
12600	E-TEST ANDUIN (2)	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.027	37.6	0.027	37.6
14050	INSERT LATCH	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.006	166.7	0.006	166.7
15500	INSERT CABLE/PINS/PRESS	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.008	125.0	0.008	125.0
16950	CUT SLEEVE	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.021	47.6	0.021	47.6
18400	PRINT LABEL ANDUIN (2)	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.012	83.3	0.012	83.3
19850	ADD SLEEVE TO CABLE	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.090	11.1	0.090	11.1
21300	FINAL E-TEST ANDUIN	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.030	33.3	0.030	33.3
22750	FINAL INSPECTION	991012	CR HDR - QA FINAL INSPECTION	0.042	24.0	0.042	23.8
24200	FI DATA COLLECTION ANDUIN	991012	CR HDR - QA FINAL INSPECTION	0.022	45.5	0.022	45.5
25550	LINK LABEL TO SFC ANDUIN	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.007	142.9	0.007	142.9
26550	ADD CAPS	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.007	135.1	0.007	135.1
30000	PACKAGE	80046	SAMTEC COSTA RICA HDR (-CR)	0.020	49.3	0.020	49.3
<b>Horas totales proceso actual</b>				<b>0.80</b>	<b>Horas totales propuesta</b>		<b>0.581</b>
<b>Horas totales requeridas proceso actual</b>				<b>0.68</b>	<b>Horas totales requeridas propuesta</b>		<b>0.46</b>

Fuente: Autor y Samtec Interconnect Assembly, 2024.

De acuerdo con la tabla 5.5, se experimentó una mejora en el tiempo de los procesos de *hot bar*, el cual pasó de 0.155 h a 0.097 h, es decir, pasó de 6.4 unidades por hora a 10.3 unidades por hora, esto significa que aumentó un 37.5 % de producción por hora.

En el caso del proceso de inspección y reparación, el cual se veía afectado directamente por el retrabajo excesivo debido al uso de la banda de soldadura en el proceso de *hot bar*, pasó de 0.079 a 0.029, esto en unidades se refiere a que con anterioridad solo se podían inspeccionar 12.7 cables por hora, pero con los ajustes realizados se logró minimizar el tiempo del proceso e incrementar la cantidad de cables inspeccionados a 34.7 cables por hora.

En cuanto a la reparación del inspector, antes solo le daba tiempo de inspeccionar 7.7 cables por hora debido a la gran cantidad de soldadura de los cables, pero con las mejoras efectuadas, ese retrabajo se minimizó en aproximadamente un 85 %, o sea, el inspector tiene mayor capacidad para inspeccionar más cables que antes.

Como dato importante, a cada uno de los procesos modificados se le agregó un 20 % de suplementos, estos contemplan: tiempos de descanso, fatiga, idas al baño y atrasos durante el turno, que pudieran generar alguna demora en la producción.

Continuando con la ejecución del balance de línea para el producto Cadence, se procedió con el cálculo respectivo por medio del uso del *takt time* al realizar la división de la demanda entre el tiempo disponible y, con el resultado, se llevó a cabo la distribución de cargas de cada uno de los asociados.

Además, se muestra el cálculo en la cantidad de asociados necesarios para correr el producto con las modificaciones hechas y, con ello, se logró el cumplimiento de la demanda solicitada por el cliente.

Seguidamente, en el apéndice 9, se encuentra el detalle de la demanda diaria utilizada para elaborar una tabla comparativa con los tiempos anteriores y los tiempos nuevos con cada uno de los cálculos mencionados con anterioridad:

Tabla 5.6: Cálculo del takt time y análisis respectivo

<b><u>Rates anteriores</u></b>	
Takt time	
Demanda diaria HDR-206197-XX-SEAC	200.00
Tiempo disponible	24
Total Takt time	0.12
Horas totales requeridas (h) HDR-206197-XX-SEAC	0.68
Cantidad de personas requeridas	5.65
Unidades por hora	11.8
Output por turno	94.4
Output diario	283.1
Output semanal	1415.7
Output Mensual	6130.1

<b><u>Rates nuevos</u></b>	
Takt time	
Demanda diaria HDR-206197-XX-SEAC	310
Tiempo disponible	24
Total Takt time	0.08
Horas totales requeridas (h) HDR-206197-XX-SEAC	0.46
Cantidad de personas requeridas	5.95
Unidades por hora	21.0
Output por turno	124.7
Output diario	374.1
Output semanal	1870.6
Output Mensual	8099.9

Fuente: Autor.

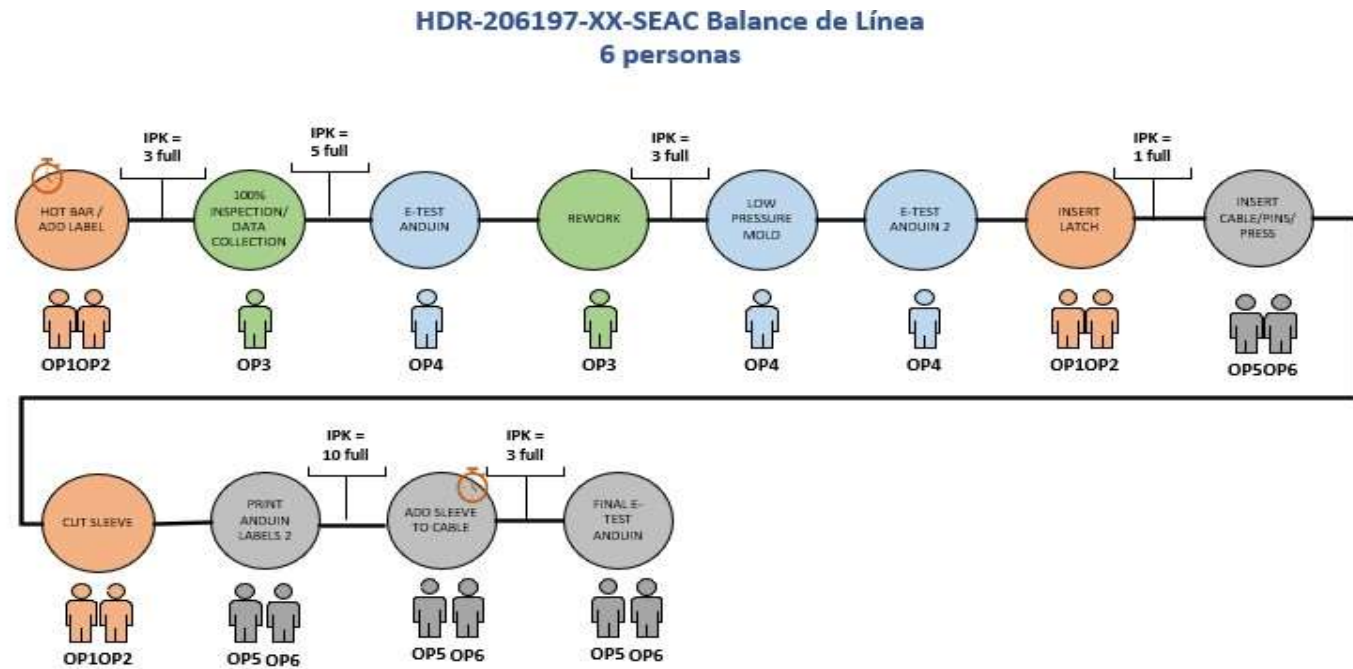
Las tablas compartidas demuestran un incremento en la demanda diaria, que cambió de 200 cables diarios a 310 diarios, y con la mejora se mantuvo la cantidad de personas que trabajan en la línea e incluso aumentó la eficiencia en la producción, porque antes se necesitaban 5.65 personas para cumplir el objetivo, pero con las mejoras ahora se requieren 5.95 personas, es decir, siempre se necesitan 6 operarios para realizar las funciones.

Asimismo, el *output* cambió de 11.8 cables por hora a 21 cables por hora, por lo tanto, hubo un incremento significativo en la producción de la línea.

En el apéndice 10 se aprecia con detalle la distribución de los procesos a cada uno de los asociados involucrados en la línea de producción para la construcción del ensamble de Cadence.

A continuación, se adjunta una figura donde se muestra un ejemplo de la forma en la que los asociados de la línea se colocaron con el propósito de generar un mejor flujo del material y que sirva de ayuda visual para que los operarios tengan una idea clara de cuál es el proceso por ejecutar.

Figura 5.9: Balance de línea



**Notes:**

- Revisión 1: Liberado para producción.
- Encargado: Carolina Alpízar
- Fecha: 01/15/2023
- Hot Bar y add sleeve son Los cuellos de botella de la línea.
- Hot bar es el proceso que marca el ritmo de la línea.
- La meta por cada una de las HB es de 55 full por turno.
- El balance fue realizado para que cada asociado tenga más de un 80% de productividad.
- Los procesos de cut sleeve e insert latch deben ser realizados al inicio de turno de manera alterna (primero el operario 1 realiza las 55 unidades que le corresponde y luego el operario 2 realiza las operaciones para que los asociados de procesos finales tengan material necesario para dar un buen flujo a la línea y de esa manera evitar atrasos incensarios.
- Para mantener una línea corriendo de manera constante es necesario un IPK de 25 full distribuido de acuerdo al balance.

**Información de la línea**

Cantidad de operarios	Productividad	Horas
1 y 2	85%	6.8
3	84%	6.7
4	100%	8.0
5 y 6	96%	7.7

Ensamblados completos por turno	110
Horas por turno	8

Fuente: Autor.

De acuerdo con el balance de línea efectuado para el producto Cadence, en la propuesta planteada se distribuyeron las cargas de los 6 asociados con el fin de que cada uno obtuviera más de un 80 % de productividad, lo cual es un requerimiento para la empresa en cuanto a los balances de línea desarrollados en productos de alto volumen, para así garantizar que los asociados se encuentren dentro del rango aceptable de productividad adecuada.

Además, para la correcta funcionabilidad y ejecución del balance, debe existir un IPK distribuido a lo largo de la línea, del cual se representa el cálculo respectivo en el apéndice 11, para cada una de las estaciones, con el objetivo de asegurar que el flujo de esta se desarrolle de la mejor manera.

Tomando como referencia la figura anterior, los procesos más lentos fueron *hot bar* y *add sleeve*; en otras palabras, ocasionan cuellos de botella a lo largo de la línea. Al ser los procesos más lentos, *hot bar* marca el ritmo de la línea y *add sleeve* tiene un IPK más alto para asegurar que el proceso fluya delante de la mejor forma y, con esto, se brinde el tiempo suficiente para que los asociados se mantengan ocupados.

Con las mejoras propuestas en este proyecto, a nivel de producción total de la línea se produjo un incremento del 14 %, lo cual permite cumplir con el compromiso adquirido con el cliente y el objetivo principal de este estudio.

### **5.1.6 Propuesta #6. Diagrama de espagueti**

Como se indicó en el punto anterior, luego de un balance de línea, la encargada del proyecto, como opinión de experto, elaboró un diagrama de espagueti para conocer el recorrido realizado por los operarios.

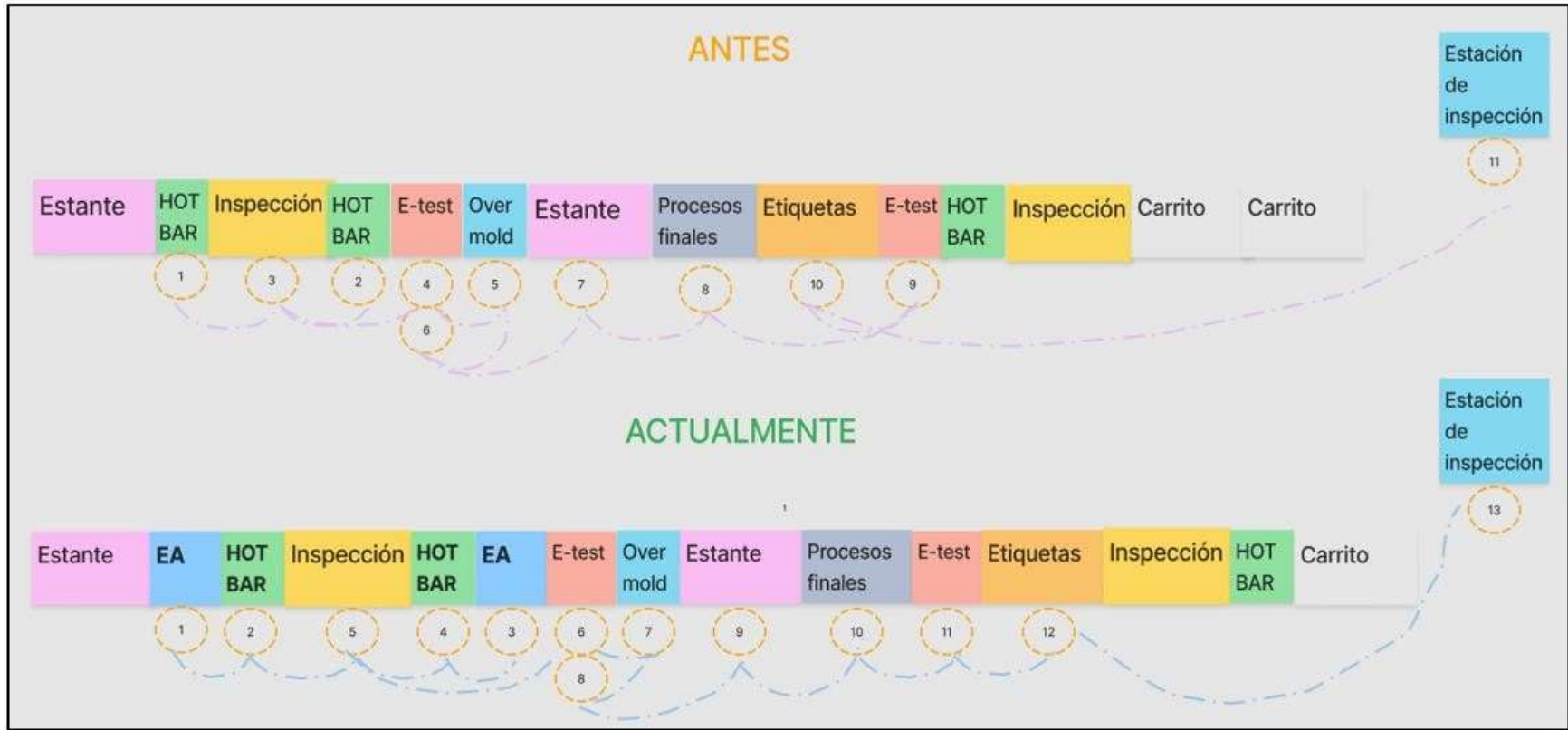
En cuanto a esto, PDCA (2013) señala:

[...] un diagrama de espagueti o *spaghetti chart* es la representación de cómo es el movimiento de los operarios dentro de su puesto de trabajo. De este modo, busca conocer cada movimiento del empleado para *a posteriori* determinar cuál es el orden más lógico de las máquinas, armarios, otros puestos de trabajo, y ganar en eficiencia dentro de la empresa; al respecto, en primer lugar, reduciendo tiempo de desplazamientos de operarios y aumentando el rendimiento de la producción.

Con base en el texto anterior, al realizar un nuevo balance de línea, se debe ilustrar el comportamiento del cable en la línea.

Seguidamente, se muestra el diagrama de espagueti diseñado para el producto Cadence en la línea de Seac.

Figura 5.10: Diagrama de espagueti



Fuente: Autor.

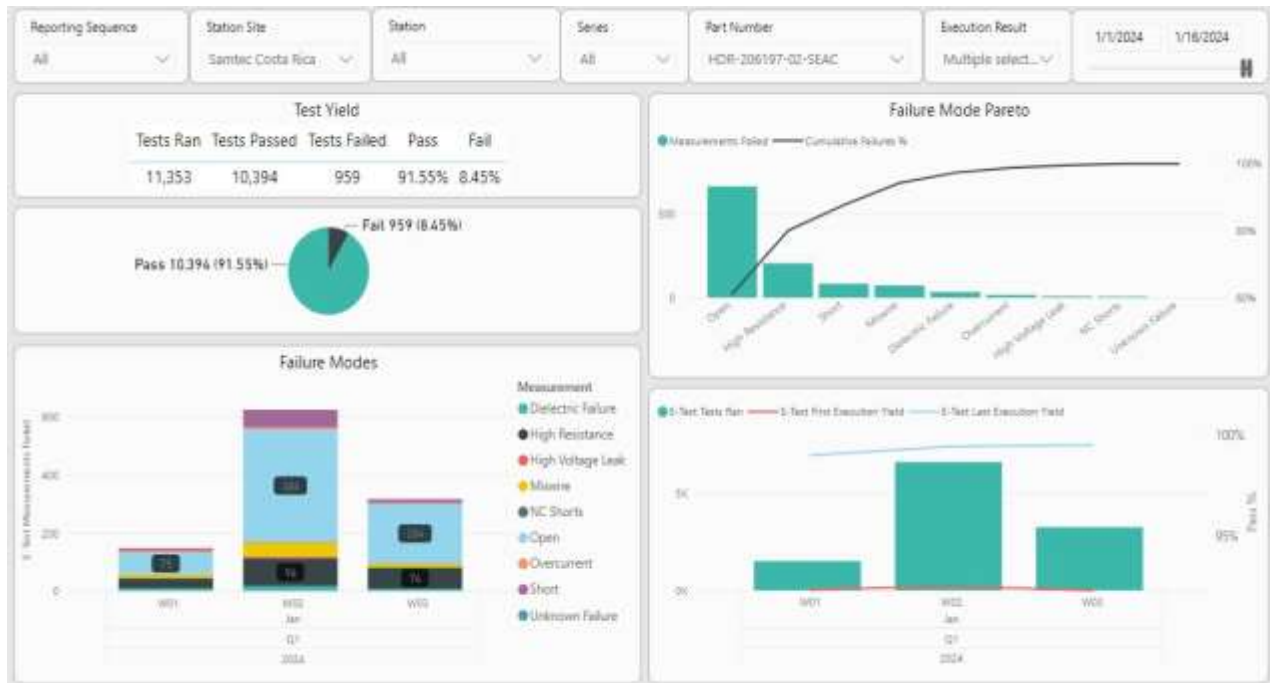
De acuerdo con el diagrama de espagueti anterior, se comparte la siguiente información:

- El desplazamiento existente entre la estación de alineamiento y la máquina de *hot bar* es de 2.04 m (contemplando ambas estaciones que se encuentran en la línea).
- El recorrido de *hot bar* al proceso de inspección es de 1.47 m.
- De inspección a *e-test*, hay una distancia de 3.66 m.
- De *e-test* a *overmold*, existen 7.32 m de recorrido, contemplando las 2 veces que el asociado debe realizar el proceso de *e-test* antes y después de *overmold* para asegurarse de que el ensamble se encuentre bien al someterse a otro proceso.
- Del segundo *e-test* al estante, se encuentra una distancia de 1.82 m.
- En la estación de procesos finales (*insert latch, insert pin press, cut sleeve, add sleeve*) hay un recorrido de 1.99 m.
- De procesos finales a etiquetado, hay una distancia de 1.16 m.
- En total existe un recorrido de 15.8 m a lo largo de la construcción del ensamble.

Se debió reconocer la distancia recorrida por el material y los asociados ya que así se procuró mantener a los asociados distribuidos correctamente y que no se desplacen distancias excesivas, lo cual puede ocasionar atrasos por transporte y desplazamiento. Cabe mencionar que en una comparación del *layout* anterior con el actual, los asociados de *hot bar* se desplazaron 1 m para utilizar la estación de alineamiento; sin embargo, ese dato se encuentra dentro del tiempo ciclo calculado en los nuevos tiempos del proceso.

De carácter informativo, a continuación, se muestra el comportamiento del material en el proceso de testeado eléctrico (*yield*) después de eliminar el uso de la banda de soldadura, con el fin de garantizar que no hubo afectación en la calidad del producto con las mejoras aplicadas en el proceso de *hot bar*.

Figura 5.11: Yield alcanzado del proceso de e-test después de la mejora realizada en el proceso de hot bar



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2024.

Al efectuar la comparación del antes con un 91.50 % y el después con un 91.55 % de FPY de los cambios hechos en el proceso, se evidenció que no existe afectación en la calidad del producto, es decir, las mejoras llevadas a cabo realmente fueron un beneficio en cuanto a la eficiencia en la producción de cables por turnos, el *yield* se mantuvo después de la optimización del proceso de *hot bar*, por lo que en ese caso se logró el objetivo principal del proyecto realizado.

En resumen, a lo largo de la ejecución de las propuestas fue posible evidenciar que existe una mejora notoria en el proceso de *hot bar*, la cual repercute positivamente en la producción total, porque con las mejoras hechas se puede cumplir con la demanda solicitada por cliente, lo cual genera ganancias significativas para la compañía.

## 5.2 CONTROLAR

En esta fase fue crucial asegurar las mejoras implementadas en la fase anterior para mantenerlas en el tiempo.

Con la aplicación de las herramientas correctas, se espera garantizar que los cambios sean efectivos, por eso se establecieron controles y planes de seguimiento para detectar desviaciones, tomar las medidas correctivas necesarias y mantener el éxito de las mejoras a largo plazo.

Como parte de la etapa de control, para lograr que cada una de las propuestas fuera cumplida de acuerdo con lo planeado, se muestran las siguientes herramientas empleadas.

### **5.2.1 Diagrama de Gantt general para la propuesta del proyecto**

El diagrama de Gantt es una herramienta utilizada para planificar y llevar un mejor control de los proyectos realizados al emplear un tiempo determinado. Se trata de una representación gráfica donde se organizan las tareas del proyecto, plazos y encargados de cada tarea.

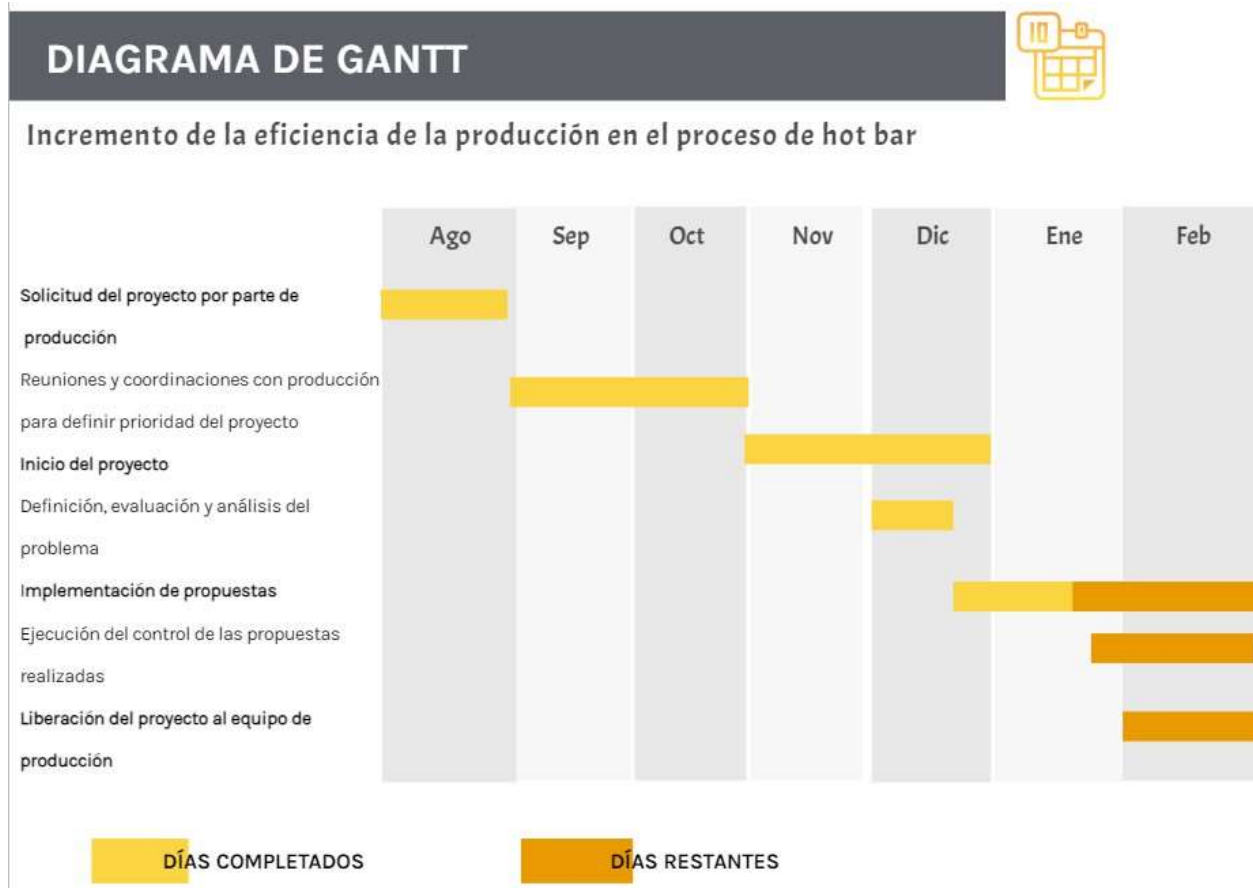
Ahora bien, el siguiente diagrama se elaboró con el fin de presentar cada uno de los pasos que se tomaron desde el momento en que el proyecto fue solicitado por el Departamento de Producción hasta que se entregó al equipo de producción. Al respecto, este mismo se encuentra compuesto de 7 puntos específicos descritos a continuación:

- Punto #1: El equipo de producción solicitó el proyecto al equipo de ingeniería por el aumento de demanda presentado en enero de 2024. Esta solicitud se realizó en agosto de 2023, mediante un correo electrónico donde se exponía el incremento de demanda del producto.
- Punto #2: Para este punto se llevaron a cabo reuniones con los equipos involucrados para determinar la prioridad del proyecto a nivel de demanda. Estas reuniones fueron agendadas a lo largo de los meses de septiembre y octubre por parte del equipo de producción. En este punto se conversó sobre el inicio del proyecto, expectativas de este y fechas esperadas de entrega por parte del equipo de ingeniería.
- Puntos #3 y #4: Se inició el proyecto con el ingreso de este al sistema de PTS para llevar una trazabilidad de fechas de entrega de cada acción que se estudiara y

analizara durante el proyecto. Esta acción fue generada por la persona encargada de la ejecución del proyecto, en este caso la autora.

- Punto #5: En cuanto a la implementación de las propuestas, el 29 de diciembre se inició con la propuesta de mejora en los parámetros de temperatura de las máquinas, luego con el rediseño del *thermode* el 03 de enero, seguidamente se efectuó la escalación del problema de altura de la soldadura de las tarjetas el 04 de enero, para continuar con la capacitación brindada desde el 05 de enero al 16 de enero con el propósito de que cada uno de los asociados involucrados se adaptara correctamente al nuevo proceso. En este punto estuvieron involucrados diferentes equipos, a saber: calidad, producción, ingeniería, training y EHS; cada uno brindó aportes para llevar a cabo las propuestas generadas en la realización del proyecto.
- Punto #6: En la semana del 15 de enero al 26 de enero se mostraron las propuestas de control para cada acción presentada anteriormente, las cuales ejecutó la autora del proyecto, el equipo de calidad y producción.
- Punto #7: Una vez cumplido el objetivo, se efectuó la liberación oficial del proyecto en la semana del 15 de febrero por parte de la autora del proyecto.

Figura 5.12: Diagrama de Gantt de ejecución del proyecto



Fuente: Autor.

### 5.2.2 Diagrama de Gantt general para el control de la propuesta 4

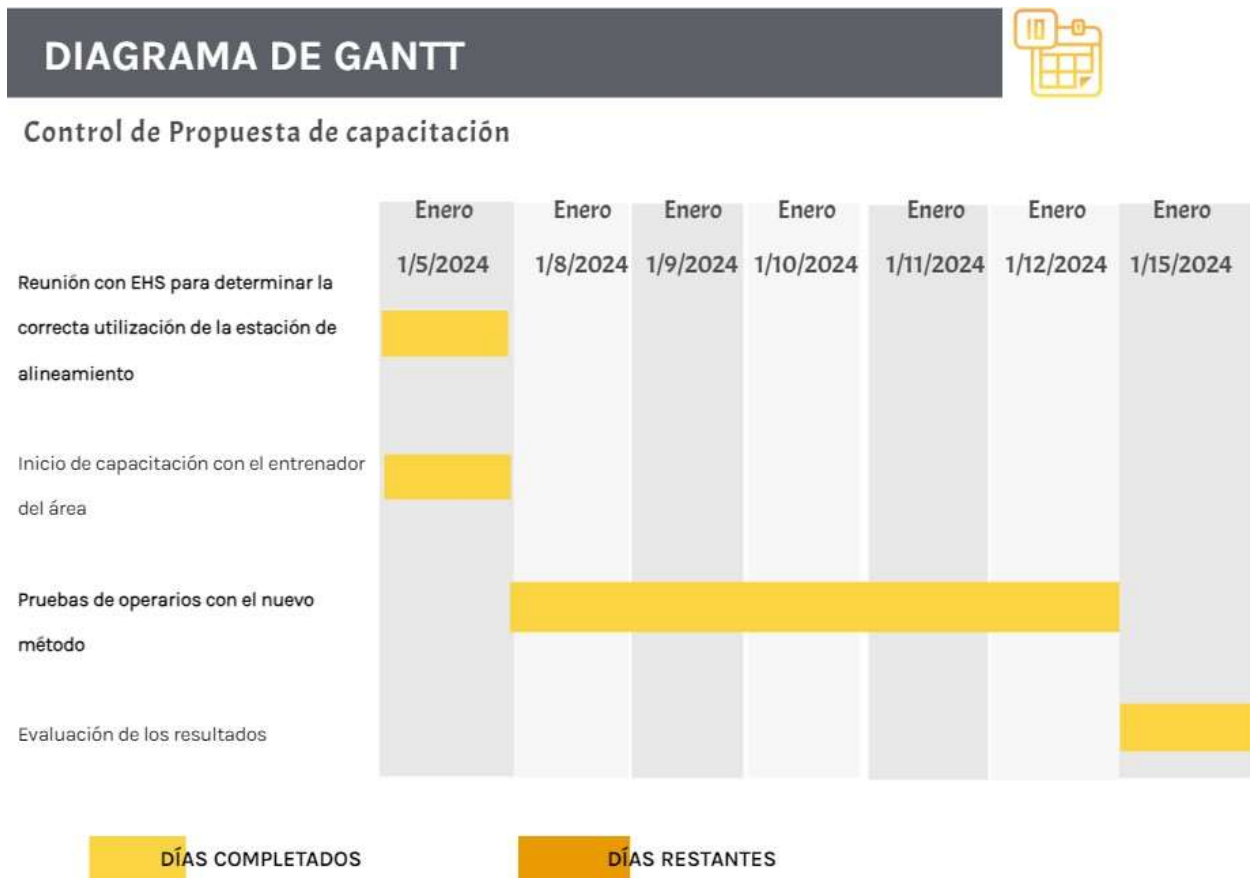
A continuación, se muestra un diagrama de Gantt que representa de una forma gráfica el control para la implementación de la propuesta 4, siguiendo el modelo de Dessler y Varela (2001), quienes indican en la teoría que la capacitación de los empleados es vital para la ejecución de los procesos de manera efectiva y productiva.

En este diagrama se observa que el desarrollo del modelo de Dessler y Varela (2001) se compuso de los siguientes puntos para ejecutar la capacitación:

- El día 1/5/2024 se procedió con la capacitación, la cual estuvo a cargo del Departamento de EHS y su fin fue que los asociados tuvieran en cuenta el correcto desplazamiento de los platos de la estación de alineamiento a la máquina de *hot bar*, con el propósito de evitar lesiones por un mal movimiento de estos.

- Ese día se inició con el entrenamiento del Departamento de Training de la empresa, que estuvo a cargo de un asociado debidamente entrenado y alineado con los requerimientos solicitados por la empresa.
- Del 1/8 al 1/12 se realizó la prueba de entrenamiento con los asociados del proceso de *hot bar* mediante el acompañamiento del Departamento de Training, para abarcar dudas que pudieran tener los asociados en relación con el nuevo proceso.
- Por último, se llevó a cabo la evaluación del nuevo proceso y los resultados arrojados por los asociados entrenados.

Figura 5.13: Diagrama de Gantt para el control de la propuesta 4



Fuente: Autor.

### 5.2.3 Reuniones Kaizen para el control de las propuestas 1, 2, 3 y 4

Las reuniones Kaizen permiten evaluar la eficacia de los cambios realizados al facilitar la identificación de nuevos ajustes y generar una cultura de mejora continua que garantiza que la optimización del proceso sea un esfuerzo constante y alcanzable.

Tomando en cuenta el texto anterior, la estructura al llevar a cabo las reuniones Kaizen luego de haber implementado las mejoras en el proceso de *hot bar* fue:

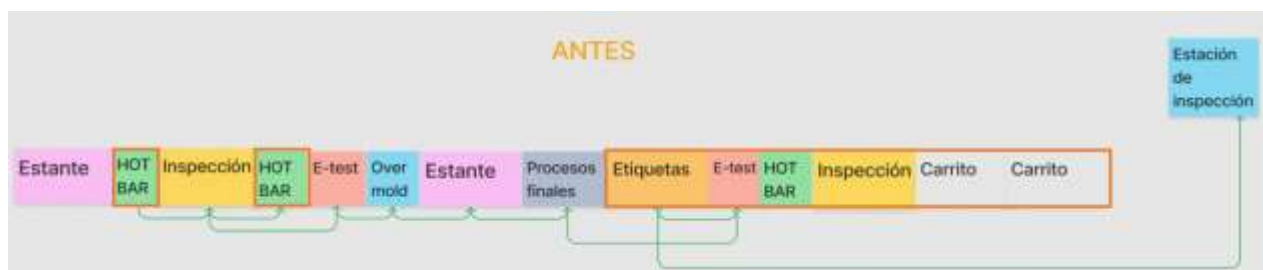
- Involucrar a los departamentos de Calidad, Producción, Ingeniería y Área Técnica durante 2 meses con recurrencia cada martes en la línea de producción, para monitorear que cada cambio hecho en las propuestas se siga de acuerdo con los lineamientos e instrucciones brindadas para el buen funcionamiento del proyecto.
- Generar minutas en las reuniones para llevar un seguimiento controlado del nuevo proceso y compartirlas con los *stakeholders*; a su vez, si salen nuevas acciones, distribuirlas y trabajarlas lo antes posible.
- Corroborar que el proceso se ejecuta como se estipula y analizar las posibilidades de seguir implementando la mejora continua en el proceso y la línea.

### 5.2.4 Distribución de la planta para el control de la propuesta 5

En este punto del proyecto, con la implementación de la estación de alineamiento, se efectuaron pequeños ajustes en la línea de producción con ayuda del equipo de facilidades, a saber, mover las diferentes estaciones con el objetivo de abrir un espacio para las 2 estaciones agregadas.

A continuación, se muestra una figura del antes y después de la línea:

Figura 5.14: Distribución de planta antes de la implementación de la estación de alineamiento



Fuente: Autor.

En la figura anterior, se aprecia la distribución como estaba antes de llevar a cabo las mejoras en la línea; por consiguiente, en la siguiente hoja se muestra la propuesta de como quedó la línea al terminar el estudio.

Figura 5.15: Distribución de la planta después de la implementación de la estación de alineamiento



Fuente: Autor.

Como parte de los movimientos ejecutados en la línea de Seac, se encuentran:

- Se agregaron las 2 estaciones de alineamiento al lado del proceso de *hot bar*.
- Se cambió la posición de la estación de etiquetado y testeado para que el flujo del material fuera de acuerdo con la construcción de este.
- Se removieron 2 carritos que estaban al final de la línea para lograr espacio y colocar otra máquina de moldeo que el equipo de producción necesitaba para construir otros productos.

### 5.2.5 SOP para el control de la propuesta 5

Un documento SOP es utilizado para implementar actividades de registro, donde las personas involucradas tengan claro paso a paso lo que deben realizar y la documentación por obtener.

En este caso, se adjunta la propuesta de seguimiento del balance de línea como método de control durante la implementación de este. Cabe destacar que el equipo de producción llenó este documento al mismo tiempo que estaban produciendo los asociados para obtener una visión expedita e información y llevar un control sobre qué estaba sucediendo en la línea de producción, en cuanto a ineficiencias que pudieran provocar atrasos innecesarios y no se encontraran detectadas en ninguna parte del proceso.

Tabla 5.7: SOP de seguimiento del balance de línea

	Type:	Standard Operating Procedure	Document:	CO-HD-SOP-1000-T-CR Rev A	
	Supersedes:				
Revision Date:			Approval Date:	January 17, 2024	
Department Approval:	HDR	Manager Title:	Engineering	Page:	1 of 1
Title:	SOP line balance following				

1.0 Propósito Documento de control para el nuevo balance de línea

2.0 Alcance Este documento debe ser completado durante 10 días por los 3 turnos, para llevar un mejor seguimiento hora a hora del flujo del material

3.0 Responsabilidad Equipo de Producción (Líderes de línea)

Pizarra de resultados Turno 1						
Fecha						
Turno						
Número de parte						
Orden						
Líder de línea						
Integrantes de la línea	Operario 1					
	Operario 2					
	Operario 3					
	Operario 4					
	Operario 5					
Cantidad de operarios:						
Hora	Meta	Output	Scrap	Ineficiencias		
				Razón de ineficiencias	Indique el proceso y especifique el	Tiempo detenido
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Total de unidades completadas						
Notas adicionales:						

Pizarra de resultados Turno 2						
Fecha						
Turno						
Número de parte						
Orden						
Líder de línea						
Integrantes de la línea	Operario 1					
	Operario 2					
	Operario 3					
	Operario 4					
	Operario 5					
Cantidad de operarios:						
Hora	Meta	Output	Scrap	Ineficiencias		
				Razón de ineficiencias	Indique el proceso y especifique el	Tiempo detenido
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Total de unidades completadas		0				
Notas adicionales:						

Pizarra de resultados Turno 3						
Fecha						
Turno						
Número de parte						
Orden						
Líder de línea						
Integrantes de la línea	Operario 1					
	Operario 2					
	Operario 3					
	Operario 4					
	Operario 5					
Cantidad de operarios:						
Hora	Meta	Output	Scrap	Ineficiencias		
				Razón de ineficiencias	Indique el proceso y especifique el	Tiempo detenido
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Total de unidades completadas	0	0				
Notas adicionales:						

Fuente: Autor.

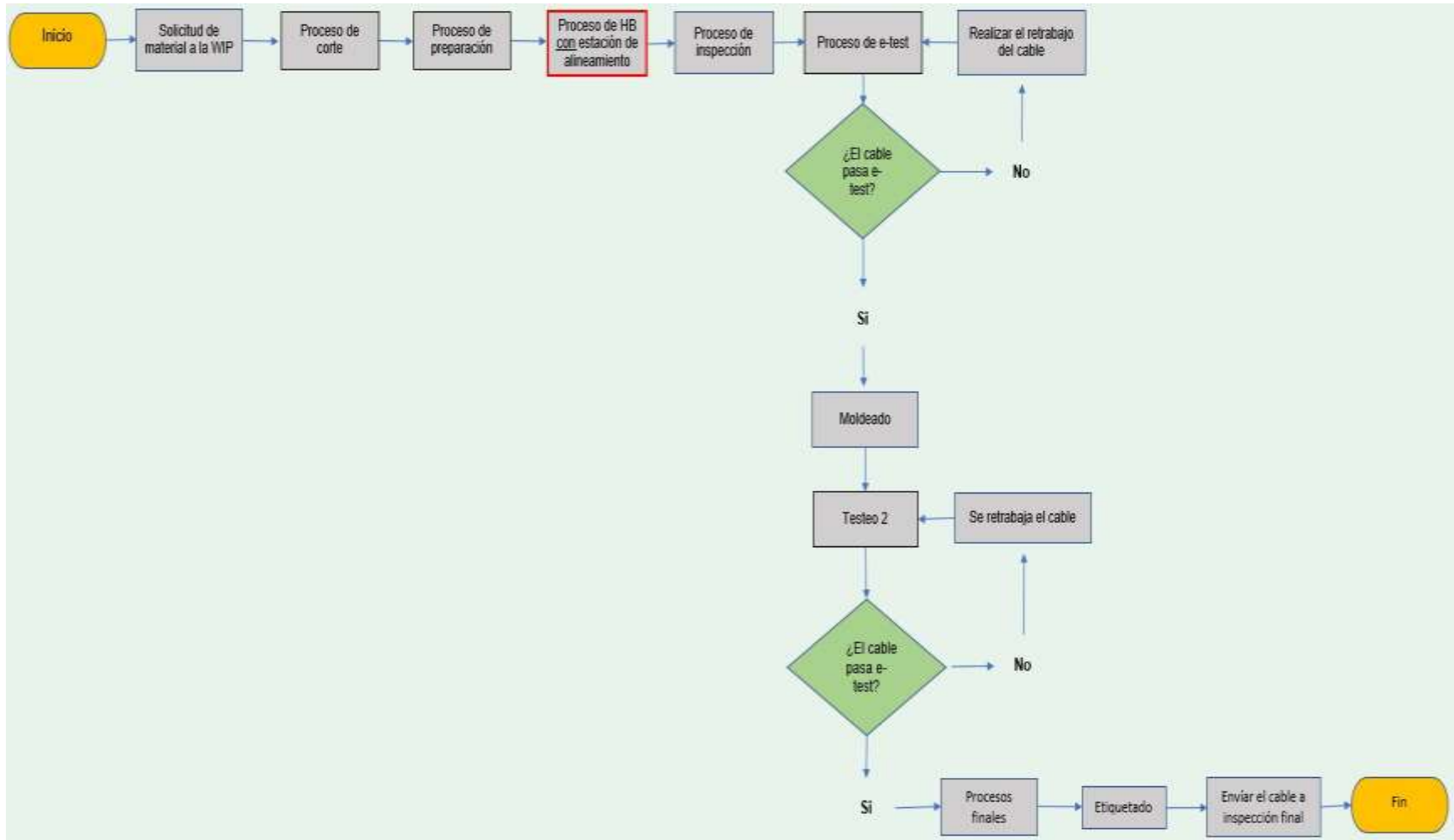
Con base en la figura anterior, los líderes de línea mantuvieron un control del nuevo balance de línea implementado y realizaron un seguimiento robusto hora tras hora de las unidades producidas durante el turno por 10 días en los 3 turnos, para que fuera más sencillo detectar si había mudas que impactaran directamente en la producción de los ensambles y provocaran que el flujo de material se obstaculizara y la demanda requerida no se cumpliera.

### **5.2.6 Diagrama de flujo del control de la propuesta 5**

El desarrollo de un diagrama de flujo tras llevar a cabo un ajuste en una línea de producción proporciona una representación visual y clara del cambio hecho por cada uno de los involucrados.

En el siguiente punto se adjunta un diagrama de flujo de la propuesta realizada durante la ejecución del presente proyecto, con el fin de mostrar la nueva distribución de la línea. Esta fue una herramienta efectiva para la estandarización y documentación del proceso mejorado, lo cual fue crucial para la consistencia y entrenamiento del método y del personal considerado en la propuesta de capacitación, balance de línea y diagrama de espagueti, lo que está ligado propiamente a la variabilidad en la manera de efectuar el proceso como causa recalcada en el diagrama de Pareto.

Figura 5.16: Diagrama de flujo de la propuesta 5



Fuente: Autor.

En la figura adjunta, es posible visualizar que el cuadro marcado con rojo representa el proceso donde se muestra la mejora de manera directa; por su parte, antes de realizar el estudio y análisis del proyecto, se mostraba únicamente el proceso de *hot bar* marcado con rojo para destacar el área por trabajarse. En la actualidad, con las mejoras, estudio y análisis llevados a cabo en el proceso, se permitió la implementación de una estación de alineamiento, lo cual generó un incremento en la producción de la línea, cumpliendo de esa forma la demanda solicitada por cliente.

### **5.2.7 Auditorías para el control de las propuestas 1, 2, 3, 4 y 5**

En la compañía se suele tener auditorías diarias para controlar mejor los enfoques estipulados por el equipo de calidad. Estas implican que el auditor revise los procesos para evaluar que cada una de las directrices establecidas se cumpla al pie de la letra.

Como último punto de control, se solicitó al equipo de calidad generar un enfoque de auditorías para el seguimiento de procesos y balance de línea, con el propósito de asegurarse de que las mejoras hechas durante la ejecución del presente proyecto fueran desarrolladas y la producción de la línea no fuera afectada por alguna desviación del proceso.

Para ello, se solicitaron auditorías semanales por 3 meses con la finalidad de mantener un control de cada uno de los puntos añadidos a la documentación oficial de la empresa, en este caso PICS. Por lo tanto, el auditor llevó a cabo la debida revisión en relación con los siguientes puntos:

Como punto #1 para el seguimiento de procesos, se tomaron en cuenta estos aspectos:

- Los parámetros de temperatura debían estar dentro de la tolerancia en ambas máquinas según el sistema de PICS.
- Los *thermodes* montados en las máquinas debían ser los mismos indicados en el sistema; de no ser así, el auditor ingresaba un fallo de auditoría al área técnica por el no seguimiento de la documentación establecida para el *set up*.
- El auditor verificó que se construyera el producto sin el uso de la banda de soldadura y la estación de alineamiento fuera debidamente utilizada, así como se indicó en la propuesta 4 de capacitación.

En el caso del punto #2, el auditor revisó el balance de línea en los siguientes puntos:

- Se ejecutó según el flujo estipulado y compartido a los diferentes equipos de producción (líderes de línea, supervisores, asociados). La auditoría se enfocó en que cada uno de los asociados realizara el proceso que le correspondía de acuerdo con la distribución compartida con antelación.
- Comprobó que la cantidad de personal en la línea de producción concordara con lo indicado en la documentación; al respecto, para el correcto uso de la herramienta, debía estar compuesta por 6 asociados en cada turno.

A continuación, se muestra una figura del enfoque de auditorías que inició la semana del 22 de enero del 2024.

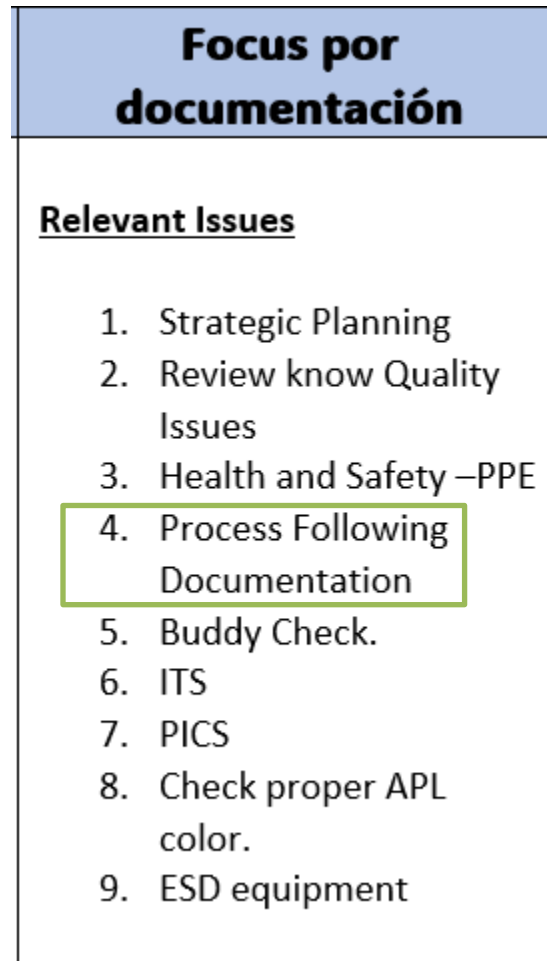
Figura 5.17: Enfoques de las auditorías al balance de línea



Fuente: Samtec Interconnect Assembly, 2024.

En la figura anterior, en el punto 5, se muestra el enfoque solicitado al equipo de calidad para realizar una auditoría del balance de línea y, así, se controlará que la cantidad de asociados en la línea fuera la correcta y cada operario llevara a cabo las funciones correspondientes.

Figura 5.18: Enfoques de las auditorías del seguimiento de los procesos



Fuente: Autor.

Como se aprecia en ambas figuras, se indican las solicitudes realizadas al equipo de calidad, la primera fue el correcto seguimiento del balance de línea y la segunda fue la revisión del seguimiento de la documentación.

Con los 2 enfoques de auditorías, se abarcó cada mejora mencionada en la sección 5.1, ya que cada punto tocado en esa área se estipula en los sistemas utilizados por el auditor.

### 5.2.8 Análisis de retorno de la inversión (ROI)

El análisis de retorno de la inversión se llevó a cabo para obtener un resultado monetario sobre las propuestas de solución expuestas a lo largo de este proyecto, considerando horas dedicadas por parte de los asociados de producción y personal administrativo, así

como los costos de las máquinas y herramientas necesarias para lograr el objetivo del proyecto.

Seguidamente, se aprecia el análisis de retorno de la inversión del proyecto por medio de la siguiente fórmula:

$$\% ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$$

La fórmula anterior indica los ingresos totales de la empresa con el aumento de producción que obtuvo al implementar el proyecto. Al respecto, a los ingresos se les restaron todos los costos de las propuestas anteriores, a saber: capacitación y horas invertidas por parte de los operarios e ingenieros, compra de máquinas, diseño y actualización de los *thermodes*, entre otros.

Para detallar la aplicación de la fórmula anterior, se enumeran los siguientes pasos:

1. Se calcularon las horas invertidas por cada asociado involucrado en el proyecto.
2. Se identificó el salario de cada uno de los asociados según el departamento al que pertenecieran. Para el caso de estudio, se utilizó el salario base, por temas de privacidad de los asociados.
3. Se calculó la inversión en colones de cada asociado.
4. Se hizo una sumatoria de sus totales.
5. Se incorporaron datos en la fórmula del ROI.

Tabla 5.8: Cálculo de los costos de inversión

Identificación de asociado	Salario por hora ₡	Cantidad de horas totales	Total
Hora ingeniero de manufactura diseñando y actualizando el plano del thermode	₡ 7,000.00	3	₡ 21,000.00
Hora operario	₡ 1,600.00	288	₡ 460,800.00
Hora entrenador	₡ 3,850.00	47	₡ 180,950.00
Hora ingeniero de proceso	₡ 7,000.00	70	₡ 490,000.00
Hora ingeniero de EHS	₡ 4,500.00	1	₡ 4,500.00
Costo de máquinas, thermode rediseñado y cables	Costo en ₡	Cantidad	Total
Costo Thermode	₡ 104,163.74	2	₡ 208,327.48
Costo estación de alineamiento	₡ 2,582,510.50	2	₡ 5,165,021.00
Costo pruebas plan piloto	₡ 38,640.00	96	₡ 3,709,440.00
<b>Total</b>			<b>₡10,240,038.48</b>

Fuente: Autor.

Seguidamente, se aplicó la fórmula descrita con la información expuesta en la tabla anterior:

Tabla 5.9: Cálculo del ROI

<b>Inversión total</b>	₡	10,240,038.48
<b>Ingreso Total</b>	₡	11,128,320.00
<b>Utilidad</b>	₡	888,281.52
<b>% ROI</b>		9%

Fuente: Autor.

Considerando el cálculo del retorno de la inversión a un mes, con una inversión total de todo el proyecto de ₡ 10 240 038.48 y teniendo en cuenta los costos del personal tanto operativo como administrativo, costos de manufactura, costos de las nuevas máquinas colocadas en la línea y costos de las capacitaciones, se determinó que el retorno de la inversión es de 5 días, ya que el ingreso total por semana es de ₡ 11 128 320.00.

En resumen, la rentabilidad del proyecto fue muy positiva porque la empresa realizó gastos a lo largo de 6 meses y logró recuperarlos en 5 días, además de cumplir con el incremento de eficiencia en la producción del proceso de *hot bar* y la línea en general en un 14 %, 4 % más de lo que se había estipulado al inicio del proyecto; por esto, se dedujo que la línea tendrá la capacidad para absorber la demanda solicitada sin problemas.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

## Conclusiones

- Se creó un Project Charter donde se describió el alcance, encargados y fechas significativas que permitieron planear el desarrollo del proyecto.
- Se elaboró un diagrama de flujo para identificar y conocer los procesos realizados desde el departamento hasta que el producto se envía al cliente, con el propósito de establecer el día tras día del flujo del material antes, durante y después de pasar por la línea de producción.
- En la matriz de análisis, se aplicó un FODA para identificar la estrategia más importante por desarrollar, la cual fue FA. Así, según la FA, se debía reforzar la mejora continua para aumentar la producción y cumplir con las demandas solicitadas por los clientes.
- Luego, con el SIPOC, se visualizó el proceso de negocios con el que trabaja el Departamento de HDR, para conocer de dónde proviene cada una de las partes utilizadas en el ensamblaje de los cables, desde la parte de suplidores (en este caso Samtec Interconnect Assembly es su propio proveedor de tarjetas y cables) hasta la parte de inventario donde se asignan diferentes tipos de materia prima que son necesarios para la construcción de los cables. Después, pasa por distintas etapas como lo son entradas, que se relaciona con los suministros, materia prima y consumibles. Posteriormente, se pasa al proceso de la construcción del ensamble para luego pasar a las salidas y clientes, que abarca los clientes nacionales y extranjeros. Al respecto, cada paso depende del otro, por lo que si alguno de estos posee alguna deficiencia, puede llegar a generar grandes impactos a nivel de construcción de los cables.
- Se realizó un Gemba Walk en las instalaciones de la línea de producción y se utilizó la herramienta círculo de Ohno, mediante los cuales se hicieron diferentes observaciones puntuales de ineficiencias en el proceso de *hot bar* que estaban ocasionando atrasos y, por ende, que la demanda solicitada por el cliente no pudiera cumplirse. De este modo, una vez efectuadas las observaciones, se llevó

a cabo una encuesta a los 18 operarios que habían trabajado en el proceso de *hot bar* de esa línea, con el fin de conocer las causas más significativas que pudieran estar ocasionando el problema en estudio.

- Una vez hecha la encuesta, se procedió con la elaboración de un diagrama bimanual de los 6 operarios de *hot bar* que componen la línea (2 de cada turno), para conocer el método que utilizaba cada uno de ellos, lo cual arrojó que había diferencias entre asociados del mismo turno y también a nivel de los 3 turnos; esto generó que los tiempos ciclos fueran distintos para cada uno de ellos.
- Con la aplicación de distintas herramientas ingenieriles, como la encuesta y lluvia de ideas, se recolectaron 36 ideas que, como criterio de experto, se depuraron quedando 9 ideas principales alineadas con el proceso en estudio, las cuales sirvieron de insumo para elaborar un diagrama de Ishikawa que permitió identificar las causas raíz de cada punto encontrado.
- Seguidamente, se creó un multivoto con base en las causas descritas y, a partir de un diagrama de Pareto, se identificaron las 4 principales causas que generan la ineficiencia en la producción de la línea, específicamente en el proceso de *hot bar*, las cuales representaron un 73.94 % del total de posibles causas que originan esta ineficiencia: variabilidad en la manera de realizar el proceso con un 24.17 %, los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas con un 45.28 %, las medidas de los *thermodes* de las *hot bar* no son aptos con la relación del cable y la tarjeta con un 62.22 % y las inconsistencias de altura de la soldadura en la materia prima (tarjetas) con un 73.94 %.
- Luego de identificar las variables más significativas en el diagrama de Pareto, se realizó un DOE con el propósito de establecer la mejor combinación de los parámetros de temperatura, los *thermode*, la cantidad de soldadura de las tarjetas, así como el comportamiento de los cables con el uso y sin el uso de la banda de soldadura. Gracias a esto, se encontró la mejor interacción entre las variables, la cual permitió la eliminación de la banda de soldadura y, con ello, la implementación de la estación de alineamiento, que ayudó al incremento de la producción de *hot bar* y, por consiguiente, al incremento de la meta diaria de la línea, cumpliendo de este modo con el requerimiento solicitado por el cliente.

- Además, dentro del enfoque del proyecto se determinó mantener la calidad del producto por medio del seguimiento de los KPI del área; al respecto, mediante el *yield* se visualizó que no hubo un impacto negativo al hacer los cambios en el proceso y que la producción de la línea experimentó un incremento notorio.
- La primera propuesta sugirió realizar una mejora en los parámetros de las máquinas para mitigar la causa de la diferencia existente entre las máquinas y el sistema de la empresa, pues esto provoca no seguir los lineamientos de esta y que los tiempos entre máquinas sean variados al poseer distintos tipos de parámetros.
- La segunda propuesta planteó llevar a cabo un rediseño del *thermode* para que se adapte a las necesidades del producto. Esta acción se encuentra ligada directamente con la causa de que las medidas de los *thermode* de *hot bar* no son aptas con relación al cable y la tarjeta, porque el *thermode* no ha sido revisado desde hace algunos años, lo cual genera que esté obsoleto en cuanto a los requerimientos actuales de diseño, por ende, no cumple con las medidas necesarias para realizar una correcta transferencia de calor al cable y la tarjeta.
- Respecto a la tercera propuesta, se escaló el problema en relación con la altura de la soldadura que posee la materia prima, porque en la cuarta causa se identificaron ciertas inconsistencias que producen un incremento de los ajustes por parte del técnico, lo cual genera tiempo *down* que impacta directamente en el *output* de la línea.
- En la propuesta cuatro de capacitación, se identificó la causa principal con el diagrama de Pareto, donde se estableció que existe una variabilidad en la manera de ejecutar el proceso de *hot bar*, ya que dentro del grupo de personas que lo realizan hay una gran diferencia, la cual provoca un tiempo ciclo por cada una de ellas muy distinto; por lo tanto, después de efectuar las implementaciones antes mencionadas, se procedió con la ejecución de una capacitación donde se mitigaran las diferencias presentes entre los operarios y se les brindara un método claro para llevar a cabo el proceso.
- En cuanto a la quinta y sexta propuesta, se realizó un balance de línea y un diagrama de espagueti, con el fin de distribuir las cargas y generar la nueva meta luego de las implementaciones de las mejoras mencionadas en los puntos

anteriores. Cabe destacar que gracias a los cambios hechos, se incrementó la meta por turno de 94 cables a 110 cables, esto significa que en modo porcentual se obtuvo un incremento de un 14 % en el general de la línea y específicamente en el proceso de *hot bar* se obtuvo una mejora de un 40 % al ajustar los parámetros correctos, rediseñar el *thermode*, eliminar el uso de la banda de soldadura, disminuir la variación del método de construcción del ensamble y disminuir la variabilidad de la altura de la soldadura de las tarjetas.

- Se llevó a cabo un diagrama de Gantt en donde se visualiza el tiempo de duración de las propuestas de mejora sugeridas, desarrolladas en el capítulo 5.
- Respecto al control de las propuestas, se generaron ocho. La primera y la segunda consistieron en la creación 2 diagramas de Gantt donde se visualiza el tiempo de duración del proyecto como tal y el tiempo de duración de la propuesta cuatro. Luego, el tercer control consistió en efectuar reuniones Kaizen para el control de las propuestas 1, 2, 3 y 4; mientras el cuarto, quinto y sexto control se enfocaron en la propuesta 5 para el seguimiento del balance de la línea. En cuanto al séptimo control, se solicitaron auditorías al equipo de calidad para llevar una trazabilidad durante un periodo de 3 meses, con el propósito de generar una costumbre por parte del equipo de producción y, con ello, lograr que el proyecto sea sostenible durante el tiempo.
- Con el cálculo del retorno de la inversión, se obtuvo un ROI de 5 días ya que la cantidad invertida en la ejecución del proyecto no es comparable con la cantidad de dinero que la empresa está recibiendo al incrementar la producción de la línea.
- En resumen, con los resultados expuestos en el desarrollo de este proyecto, se respondió a la pregunta de investigación, a saber, ¿cuáles son las acciones que van a generar el incremento de la eficiencia en la producción del proceso de *hot bar* para cumplir con la demanda adquirida con el cliente Cadence?, pues es necesario un seguimiento de los involucrados para que las acciones generadas se sigan correctamente y no existan desviaciones que ocasionen una afectación a la meta establecida y, por ende, su incumplimiento.

## Recomendaciones

- Se recomienda realizar un 5S para generar una redistribución del proceso de *hot bar* y la estación de alineamiento, donde se permita tener ambas máquinas en una misma mesa y, así, reducir el desplazamiento que lleva a cabo el asociado de una máquina a otra.
- Colocar pizarras en los procesos críticos de la línea que les permitan a los asociados indicar la cantidad de unidades producidas hora tras hora y, de este modo, sea una ayuda visual para los supervisores del área en cuanto a detectar de una forma más expedita si la meta está siendo alcanzada o no y, por consiguiente, tomar acciones más proactivamente.
- Colocar semáforos al final de la línea que les posibiliten a los supervisores visualizar desde cualquier punto si la línea se encuentra corriendo, si existe alguna máquina detenida por ajuste o si está *down*, para que de esa forma se puedan generar acciones en el instante y evitar tiempo *down* innecesario.
- Realizar una reunión de seguimiento al menos cada 2 semanas para revisar la información recolectada de las auditorías hechas, con el propósito de detectar si existe alguna desviación del proceso y tomar las acciones respectivas.
- Supervisión del personal con el fin de trabajar la resistencia al cambio y que el proyecto sea sostenible a través del tiempo.

## REFERENCIAS

## Libros

Archenti, N. (2012). El sondeo. En A. Marradi, N. Archenti y J. I. Piovani, *Metodología de las ciencias sociales*. (1° ed.). (pp. 179-190). Cengage.

Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.

Barrantes, R. (2014). *Investigación: un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. EUNED.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.

Cea D'Ancona, M. A. (1996). *Metodología cuantitativa: estrategias y técnicas de investigación social*. Síntesis.

Cruelles, J. A. (2013). *Ingeniería industrial: métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. Alpha.

Cruelles, J. A. (2017). *Productividad industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y la mejora continua*, (2° ed.). Universidad de Zaragoza.

Dessler, G. y Varela, R. (2001). *Administración de recursos humanos*, (5° ed.). Prentice Hall.

Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Ediciones Díaz de Santos.

Gómez, F., Vilar, J. F. y Tejero, M. (2002). *Seis Sigma*. Fundación Confemetal.

González, F. y González, A. (2003). *Seis sigmas para gerentes y directores*. Editorial Libros en Red.

Guerra, R. y Meizoso, M. C. (2012). *Gestión de la calidad. Conceptos, modelos y herramientas*. Editorial Universidad de La Habana.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad*. <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>

Molina, Z. (1997). *Planeamiento didáctico: fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo*, (2° ed.). EUNED.

Rivas, L. (2016). *Elaboración de tesis: estructura y metodología*, (3° ed.). Instituto Politécnico Nacional.

Winter, R. (2000). *Manual de trabajo en equipo*. Díaz de Santos. <https://www.facilitadores-alfa.org/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-trabajo-en-equipo.-Robert-S.-Winter.pdf>

## **Proyectos de investigación**

Cerdas, C. (2009). *Productividad de la mano de obra costarricense*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial). Ulacit. Costa Rica.  
<https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/20.500.14230/190/045313.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chóez, D. (2019). *Propuesta de optimización de los procesos productivos en la empresa Bolanshet*. (Trabajo de graduación para optar por el título en Ingeniería Industrial).

Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5603/1/T-001105.pdf>

Cruz, M., González, P., Herrera, E. y Lozano, G. (2013). *Medidas de la capacidad de producción*. <https://www.monografias.com/docs/capacidad-de-produccion-F3CQQTXZMY>

Flores, G, Maltez, N. y Urbina, I. (2020). *Propuesta de mejora en el proceso de despacho para el aumento de la productividad en el Centro de Distribución Walmart Mateare, Managua*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial). Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua.  
<https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNI3797>

Granizo, C. (2018). *Optimización de los procesos de una empresa comercial caso: BC Llantas*. (Trabajo de graduación para optar por el título en Ingeniería Comercial). Pontificia Universidad Católica de Ecuador.  
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2481/1/76759.pdf>

Herrera, C. y Obando, M. (2022). *Incremento de la productividad en el área de bodega de Purdy Motor S. A., mediante herramientas de optimización, durante el período 2020-2021*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería de Procesos y Calidad). Universidad Técnica Nacional. Costa Rica.  
<https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/db674bee-24f7-442e-9174-40eb8bd780a8/content>

Martínez, M. (2014). *Análisis de la inconsistencia del manejo y control de inventarios en la rentabilidad financiera de la empresa Richardson Bunges S. A. en el año 2014*. (Tesis para optar por el grado de Máster en Finanzas). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua.

- Mendieta, J., Reyes, Y. y Peralta, K. (2020). *Propuestas de mejoras al proceso de trillado del arroz 80/20 en la arrocera del sur mediante la metodología DMAIC, para el aumento de la eficiencia en un 42 % durante el período de abril-diciembre del año 2020.* (Trabajo de graduación para optar por el título en Ingeniería Industrial). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANM16587>
- Padilla, A. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra de algunos procesos productivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR.* (Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Construcción). Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6732>
- Peña, D., Neira, Á. y Ruiz, R. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia Et Technica*, 21(3). <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/11251/9601>
- Ricaurte, F. (2014). *Optimización de los procesos que se desarrollan en la empresa Sadinsa S. A.* (Trabajo para optar por el título de Ingeniero Industrial). Universidad Politécnica Salesiana. Perú. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6518/1/UPS-GT000568.pdf>
- Rojas, I. (2019). *Propuesta para la optimización del proceso logístico de importación de materias primas en ProCan S. A.* (Trabajo de graduación para optar por el título de Maestría en Gerencia del Comercio Internacional). Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/18308>
- Villalobos, C. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de inspección para mejorar la eficiencia del proceso de aceptación visual de un sensor para el monitoreo de nivel de glucosa en una empresa de dispositivos para las ciencias de la vida.* (Trabajo de graduación para optar por el título de Maestría en Ingeniería Industrial)

con Énfasis en Manufactura y Calidad). Universidad de Costa Rica.  
<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/83623/UCR%20M.Sc.%20TFIA.%20CAVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Fuentes de Internet

Aiteco Consultores (2019). *Multivotación, un excelente instrumento para seleccionar las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

American Society for Quality. (2005). *El retorno de inversión*. <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Asociación Española para la Calidad. (2019). *5 porqués*.  
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/5-porque#:~:text=Los%205%20Por%20que's%20es,de%20cinco%20niveles%20de%20detalle.>

Barranco, C. (2013). *Las 7 características que debe tener todo KPI*.  
<https://empresas.blogthinkbig.com/7-caracteristicas-debe-tener-todo-kpi/>

Blog de la Calidad. (s.f.). *Diagrama de Ishikawa*. <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>

Business School Barcelona. (2023). *¿Qué es un project charter?* <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-un-project-charter/>

Calidad Total. (2016). *Genchi Genbutsu y el círculo de Ohno*.  
<http://ctcalidad.blogspot.com/2016/08/genchi-genbutsu-y-el-circulo-de-ohno.html>

Calvo, L. (2020). *Aciturri premio Kaizen en la mejora continua*. <https://fly-news.es/aviacion-comercial/aeropuertos/aciturri-premio-kaizen-la-estrategia-mejora-continua/>

Capacitación y Desarrollo UC. (s.f.). *La importancia de los cursos de capacitación de los empleados*. <https://capacitacion.uc.cl/articulos/164-la-importancia-de-los-cursos-de-capacitacion-en-la-satisfaccion-de-los-empleados1>

Castillo, B. (2023). *5 pasos para iniciar cualquier proyecto*. <https://guiauniversitaria.mx/5-pasos-para-iniciar-cualquier-proyecto/>

Coelho, F. (s.f.). *¿Qué es metodología?* <https://www.scribd.com/document/475072253/Fabian-Coelho>

Colombo, D. (2022). *Cómo eliminar las 10 muletillas más frecuentes en las empresas*. <https://www.forbesargentina.com/liderazgo/las-5-habilidades-mejor-pagadas-gerentes-proyectos-empresariales-n49463>

Conexión Esan. (2021). *Los KPI más importantes en logística*. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/los-kpis-mas-importantes-en-logistica>

Díaz, C. (2020). *Gráficos de barras, cuándo usarlos y cómo diseñarlos*. <https://www.socialmediapymes.com/graficos-de-barras-cuando-y-como/>

Equipo de Enciclopedia Significados. (2023). *Qué es un diagrama de flujo*. <https://www.significados.com/diagrama-de-flujo/>

Equipo Ekon. (2022). *¿Qué es la mejora de procesos y cuál es su importancia?* <https://www.ekon.es/blog/mejora-de-procesos-empresas/>

*Estudio de tiempos usando cronómetro.* (s.f.).

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/82/A8.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

Farías, G. (2024). *Encuesta.*

<https://concepto.de/encuesta/>

Flores, N. (2023). *Recolección de datos: qué es, ventajas y consejos para usarlos.*

<https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/recoleccion-de-datos-que-es-ventajas-y-consejos-para-usarlos>

Fundación Wikimedia. (2015). *Diagrama de Ishikawa.*

[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)

Gómez, A. (2016). *Herramienta de planificación: diagrama de Gantt.*

[http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu\\_GzGhKjIU](http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU)

Hansen, B. (2021). *KPI y OKR: ¿por qué son necesarios para alcanzar el éxito?*

<https://www.wrike.com/es/blog/kpi-y-okr-por-que-son-necesarios-para-alcanzar-el-exito/>

Hernández, J. (2019). *Análisis de procesos con SIPOC.*

<https://agileexperience.es/2019/12/30/analisis-de-procesos-con-sipoc/>

Hernández, P. (2010). *La práctica de reuniones. Algunas consideraciones.*

<https://www.medigraphic.com/pdfs/infodir/ifd-2010/ifd1010j.pdf>

IBM. (2010). *Anotaciones históricas.*

<https://www.ibm.com/docs/es/i/7.5?topic=logs-history>

Impacta Consultora. (2022). *Diagnóstico y análisis de contexto*.  
<https://www.impactaconsultora.com/post/diagn%C3%B3stico-y-an%C3%A1lisis-de-contexto>

Insightsoftware. (2021). *Más de 15 KPI operativos y métricas principales para COO modernos*.  
<https://insightsoftware.com/es/blog/best-15-operational-kpis-and-metrics-for-the-modern-coo/>

Insightsoftware. (2023). *Ejemplos de los 30 mejores KPI y métricas de producción para la creación de informes 2021*.  
<https://insightsoftware.com/es/blog/30-manufacturing-kpis-and-metric-examples/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20KPI%20de,a%20lo%20largo%20del%20tiempo>

Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). (s.f.). *Procedimientos operativos estandarizados (POE)*.  
[https://www.inapide.ac.cr/pluginfile.php/14258/mod\\_resource/content/3/BPM%20R5/poe.html](https://www.inapide.ac.cr/pluginfile.php/14258/mod_resource/content/3/BPM%20R5/poe.html)

Jaureguiberry, M. (s.f.). *¿Qué es la capacitación?*  
<https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Que%20es%20la%20Capacitaci%F3n.pdf>

Jimeno, J. (2012). *Diseño de experimentos (DOE). ¿Para qué sirve y cómo realizarlo?*  
<https://www.pdcahome.com/2117/disen-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>

JMP Statistical Discovery LLC. (s.f.). *Diagrama de Pareto*.  
[https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html)

Larrete, L. (2024.) *Recorrido, trayectoria*.

[https://www.geogebra.org/m/kr9XzfMD#:~:text=Recorrido%20%3A%20Es%20andar%20sobre%20un,\(carro%20y%20la%20moto\).](https://www.geogebra.org/m/kr9XzfMD#:~:text=Recorrido%20%3A%20Es%20andar%20sobre%20un,(carro%20y%20la%20moto).)

Lastra, F. (2017). *El principio de Pareto o por qué el 20 % de lo que haces produce el 80 % de tus resultados*. <https://eldefinido.cl/actualidad/mundo/7930/El-principio-de-Pareto-o-por-que-el-20-de-lo-que-haces-produce-el-80-de-tus-resultados>

Lefcovich, M. (2004). *Kaizen para la eliminación de desperdicios y reducción de costos*. <https://www.gestiopolis.com/kaizen-para-la-eliminacion-de-desperdicios-y-reduccion-de-costos/>

López, C. (s.f.). *El estudio de tiempos y movimientos. ¿Qué es?, origen, objetivos y características*. <https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>

Macías, M. A. y Gil, D. (2018). La demanda y su influencia en la capacidad de la organización. *Revista CE*. <https://www.eumed.net/rev/ce/2018/2/demanda-organizacion.html>

Martins, J. (2024). *Diagrama de Gantt: ¿qué es y cómo crear uno con ejemplos?* <https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>

Methoddo. (s.f.). *¿Qué es el diagnóstico de necesidades de capacitación y cómo realizarlo?* <https://campusmethoddo.com/que-es-el-diagnostico-de-necesidades-de-capacitacion-y-como-realizarlo/>

Mineto, B. (s.f.). *¿Qué es DMAIC?* <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic>

MS Ingeniería. (2018). *Capacitación y normativas*. <https://www.ms-ingenieria.com.mx/ingenieria-mecanica/introduccion-a-los-tipos-de-dibujo-tecnico/>

Osorio, O. (2023). *150 frases motivadoras: sobre la vida y el éxito*. <https://www.tinyrockets.app/blog/frases-motivadoras>

PDCA. (2013). *¿Cómo dibujar y que es un diagrama de espagueti o spaguetti chart?*  
<https://www.pdcahome.com/4726/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de-espaghetti-o-spaghetti-chart/>

Pérez, M. (2023a). *Definición de investigación.*  
<https://conceptodefinicion.de/investigacion/>

Pérez, M. (2023b). *Definición de método.* <https://conceptodefinicion.de/metodo/>

Pierce, A. (2022). *SIPOC. ¿cómo mejorar procesos en pocos pasos?*  
<https://blog.imagineer.co/es/proceso-de-negocio/sipoc/como-mejorar-procesos-en-pocos-pasos>

Quipe, J. C. (2021). *La autoría de procesos de negocio como herramienta de mejora continua.* <https://es.linkedin.com/pulse/la-auditoria-de-procesos-negocio-como-herramienta-mejora-quispe>

Ricardo, R. (2020). *Procedimientos operativos estándar: definición y explicación.*  
<https://estudyando.com/procedimientos-operativos-estandar-definicion-y-explicacion/>

Riquelme, M. (2016). *FODA: Matriz o Análisis FODA Una herramienta esencial para el estudio de la empresa.*  
<http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/3206>

Rodríguez, J. (2019). *5 porqués. ¿Cómo aplicar correctamente esta metodología?*  
<https://spcgroup.com.mx/5-porque-como-aplicar-correctamente-esta-metodologia/>

Safety Culture. (2024). *Kaizen: mejora continua.*  
<https://safetyculture.com/es/temas/modelo-kaizen/>

Salazar, B. (2019a). *Balanceo de línea.*

<https://ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balanceo-de-linea/>

Salazar, B. (2019b). *Ingeniería de métodos. ¿Qué es el estudio de métodos?*

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/que-es-la-ingenieria-de-metodos/>

Salazar, B. (2019c). *¿Qué es el diseño y distribución de planta?*

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disenoy-distribucion-en-planta/que-es-el-diseno-distribucion-en-planta/>

Santos, D. (2023). *Project charter: qué es, cómo crearlo y ejemplos.*

<https://blog.hubspot.es/marketing/project-charter>

Six Sigma Free Training Site. (2018). *What Is Gemba Walk? [Meaning, Definition And*

*Application]*. <https://www.sixsigmatrainingfree.com/six-sigma-blog/what-is-gemba-walk>

Soto, M. (2011). *Manual para el diseño de las actividades de capacitación.*

<http://www.dinadeco.go.cr/sitio/ms/2%20Servicios/2.2%20Capacitaci%C3%B3n/2.2%20Guias%20y%20manuales/2.2.2.5%20Manual%20%20para%20dise%C3%B1o%20de%20una%20capacitaci%C3%B3n/dise%C3%B1o%20de%20una%20capacitaci%C3%B3n.pdf>

SPC Consulting Group. (S.F). *5 Porqués ¿Cómo aplicar correctamente esta metodología?*

<https://spcgroup.com.mx/5-porque-como-aplicar-correctamente-esta-metologia/>

Stsepanets, A. (2023). *La guía completa para los diagramas de Gantt: qué es un diagrama*

*de Gantt, cómo se hace y cuándo se usa.* <https://blog.ganttpro.com/es/guia-completa-para-los-diagramas-de-gantt/>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*.  
<http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

Torres, I. (2019). *Diagrama de flujo, una herramienta infalible para visualizar, esquematizar y mejorar tus procesos*. <https://iveconsultores.com/diagrama-de-flujo/>

Torres, R. (2020). *¿Qué es un histograma?* <https://soloindustriales.com/histograma/>

Westreicher, G. (2020). *Análisis de datos*.  
<https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-datos.html>

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## APÉNDICE 1: ENCUESTA VACÍA REALIZADA A LOS COLABORADORES DEL PROCESO DE HOT BAR DEL PRODUCTO CADENCE

### Encuesta línea Seac producto cadence

La idea de esta encuesta es lograr identificar los factores más influyentes que provocan la ineficiencia en la producción para cumplir con la demanda solicitada por el cliente.

\* Required

1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en el proceso de hot bar en la línea de producción de Seac? \*

- Menos de 1 año
- 1-2 años
- 2 a 3 años
- Más de 3 años

2. ¿Con que frecuencia enfrenta retrasos en la producción en la línea de Seac del producto Cadence por problemas de hot bar? \*

- Diariamente
- Varias veces por semana
- Ocasionalmente
- Raramente
- Nunca

3. ¿Cómo es el contacto que genera el thermode con el cable y la tarjeta? \*

- Bueno
- Malo
- Puede mejorarse

4. ¿Existe un correcto mantenimiento de la maquinas de hot bar por parte del equipo técnico?  
(Cambios de thermodes a tiempo, cambio de cables , limpieza de contactos,etc) \*

Sí

No

5. ¿Los materiales y suministros se encuentran siempre a disposición de los asociados en la línea? \*

Sí

No

6. ¿Considera usted que se encuentra bien capacitado para realizar las funciones que el proceso de hot bar requiere? \*

Sí

No

Submit

## APÉNDICE 2: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO ACTUAL

Observaciones	T1				T2				T3			
	OP 1 Sharon	Promedio tiempo ciclo	OP 2 Xinia	Promedio tiempo ciclo	OP 3 Dino	Promedio tiempo ciclo	OP 4 valeria	Promedio tiempo ciclo	OP 5 Jose Pablo	Promedio tiempo ciclo	OP 6 Ximena	Promedio tiempo ciclo
1	10.76	10.73	9.43	9.35	13.14	13.11	10.81	10.72	9.52	9.60	12.81	12.87
2	10.73		9.43		13.06		10.78		9.72		12.74	
3	10.65		9.28		13.04		10.68		9.54		12.90	
4	10.67		9.49		13.10		10.75		9.54		12.96	
5	10.78		9.37		13.07		10.74		9.71		12.87	
6	10.78		9.34		13.05		10.72		9.65		12.74	
7	10.70		9.24		13.13		10.72		9.52		12.91	
8	10.75		9.24		13.15		10.48		9.64		12.81	
9	10.76		9.34		13.17		10.78		9.65		12.89	
10	10.71		9.28		13.14		10.71		9.64		13.00	
11	10.73		9.33		13.15		10.67		9.68		12.90	
12	10.68		9.47		13.15		10.69		9.58		13.01	
13	10.69		9.40		13.04		10.81		9.67		12.87	
14	10.74		9.31		13.16		10.73		9.49		12.79	
15	10.74		9.31		13.16		10.73		9.48		12.79	

### APÉNDICE 3: MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA SOLDADURA DE LAS TARJETAS

Muestra	Bank 1			Bank 2			Bank 3		
	Lado izquierdo	Medio	Lado derecho	Lado izquierdo	Medio	Lado derecho	Lado izquierdo	Medio	Lado derecho
1	0.0045	0.0045	0.0055	0.0055	0.0045	0.0055	0.0050	0.0045	0.0045
2	0.0050	0.0065	0.0045	0.0055	0.0075	0.0045	0.0045	0.0055	0.0045
3	0.0055	0.0065	0.0050	0.0065	0.0075	0.0060	0.0060	0.0065	0.0060
4	0.0050	0.0060	0.0045	0.0045	0.0050	0.0045	0.0030	0.0050	0.0050
5	0.0045	0.0065	0.0060	0.0055	0.0065	0.0065	0.0045	0.0065	0.0065
6	0.0045	0.0055	0.0050	0.0050	0.0065	0.0055	0.0045	0.0055	0.0045
7	0.0050	0.0065	0.0055	0.0045	0.0060	0.0055	0.0040	0.0045	0.0040
8	0.0050	0.0065	0.0045	0.0045	0.0065	0.0055	0.0045	0.0055	0.0045
9	0.0045	0.0055	0.0045	0.0040	0.0055	0.0055	0.0045	0.0050	0.0040
10	0.0045	0.0055	0.0050	0.0055	0.0060	0.0055	0.0045	0.0065	0.0045
11	0.0045	0.0050	0.0045	0.0055	0.0065	0.0060	0.0045	0.0055	0.0045
12	0.0055	0.0065	0.0055	0.0055	0.0065	0.0065	0.0045	0.0045	0.0045
13	0.0045	0.0050	0.0045	0.0055	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0035
14	0.0050	0.0055	0.0045	0.0045	0.0050	0.0060	0.0045	0.0045	0.0040
15	0.0050	0.0050	0.0050	0.0060	0.0070	0.0055	0.0055	0.0060	0.0050

### APÉNDICE 4: MULTIVOTO COMPLETO

Multivoto: 100pts																				
Ineficiencia en la producción de la línea de seaq producto cadence																				
Causas posibles:																				
	Huam	Xhúu	soo Pasa	Eluu	Wuuuu	Kuuuuu	Juuu	Aguuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Uuuuu	Total	%
Variedad de expertos en el personal de hot tar	0	0	0	10	10	0	0	0	5	5	4	5	0	5	5	4	5	5	63	3.50%
Falta de mantenimiento de las máquinas	5	0	15	5	0	15	15	0	15	5	10	10	5	5	5	10	5	5	130	7.22%
Variedad en la manera de realizar el proceso	25	20	15	35	20	35	40	15	15	10	30	35	25	20	20	5	30	40	435	24.17%
Los parámetros de las máquinas son diferentes entre ellas	15	25	20	25	25	15	20	0	20	25	25	5	20	35	15	35	40	15	380	21.11%
Inconsistencias de altura de soldadura en la materia prima (tarjetas)	10	15	10	0	5	0	5	35	10	15	5	15	15	20	20	5	5	5	211	11.72%
Falta de capacitación	5	10	5	0	5	0	5	0	0	5	5	10	5	5	15	5	5	10	85	5.26%
Las medidas de los flanges de las hot bar no son aptos con la relación del cable y la tarjeta	25	15	25	15	25	30	10	50	30	15	5	10	15	5	10	5	5	10	305	16.94%
Falta de supervisión por parte de los supervisores y líderes de línea	5	5	0	0	0	5	5	0	0	10	5	0	5	5	10	10	5	10	80	4.44%
Falta de material en la línea	5	5	10	5	10	0	0	0	5	5	6	5	0	0	0	0	0	0	56	3.11%
Fatiga	5	5	0	5	0	0	0	0	0	5	5	5	10	5	0	0	0	0	45	2.50%
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1800</b>	<b>100.00%</b>	

### APÉNDICE 5: INFORMACIÓN COMPLETA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

#### APÉNDICE 5.1: Altura de la soldadura de las tarjetas

#	Bank 1			Bank 2			Bank 3		
	1.1	2.1	3.1	1.2	2.2	3.2	1.3	2.3	3.3
1	0.0044	0.0044	0.0047	0.0048	0.0048	0.0049	0.0049	0.0050	0.0048
2	0.0050	0.0050	0.0051	0.0053	0.0053	0.0051	0.0048	0.0050	0.0049
3	0.0050	0.0050	0.0050	0.0051	0.0050	0.0051	0.0050	0.0048	0.0050
4	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
5	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
6	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
7	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
8	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
9	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
10	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
11	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
12	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
13	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
14	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
15	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
16	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
17	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
18	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
19	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
20	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
21	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
22	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
23	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
24	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
25	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
26	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
27	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
28	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
29	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
30	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
31	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
32	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
33	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
34	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
35	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
36	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048



154	0.0084	0.0061	0.0051	0.0058	0.0084	0.0084	0.0043	0.0077	0.0049
155	0.0088	0.0048	0.0044	0.0048	0.0051	0.0052	0.0077	0.0052	0.0054
156	0.0048	0.0078	0.0088	0.0061	0.0088	0.0080	0.0051	0.0050	0.0047
157	0.0047	0.0048	0.0047	0.0047	0.0048	0.0045	0.0048	0.0047	0.0043
158	0.0041	0.0044	0.0042	0.0044	0.0043	0.0043	0.0038	0.0041	0.0043
159	0.0058	0.0058	0.0057	0.0053	0.0054	0.0057	0.0053	0.0058	0.0058
160	0.0051	0.0058	0.0045	0.0042	0.0048	0.0050	0.0048	0.0054	0.0052
161	0.0047	0.0051	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0044	0.0045	0.0047
162	0.0041	0.0048	0.0048	0.0051	0.0048	0.0045	0.0047	0.0045	0.0042
163	0.0054	0.0050	0.0051	0.0050	0.0051	0.0051	0.0048	0.0054	0.0043
164	0.0048	0.0053	0.0050	0.0050	0.0054	0.0051	0.0048	0.0057	0.0054
165	0.0056	0.0058	0.0057	0.0057	0.0045	0.0058	0.0056	0.0045	0.0048
166	0.0038	0.0047	0.0048	0.0047	0.0041	0.0048	0.0042	0.0045	0.0044
167	0.0041	0.0047	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0044
168	0.0042	0.0048	0.0047	0.0048	0.0048	0.0048	0.0045	0.0048	0.0042
169	0.0042	0.0040	0.0039	0.0042	0.0039	0.0039	0.0047	0.0038	0.0038
170	0.0044	0.0048	0.0044	0.0044	0.0047	0.0044	0.0042	0.0047	0.0044
171	0.0050	0.0051	0.0047	0.0050	0.0047	0.0051	0.0045	0.0045	0.0043
172	0.0051	0.0046	0.0043	0.0041	0.0042	0.0047	0.0040	0.0037	0.0040
173	0.0053	0.0050	0.0051	0.0050	0.0051	0.0051	0.0048	0.0048	0.0044
174	0.0042	0.0044	0.0045	0.0045	0.0045	0.0052	0.0048	0.0048	0.0041
175	0.0054	0.0048	0.0047	0.0048	0.0058	0.0058	0.0048	0.0050	0.0044
176	0.0042	0.0043	0.0042	0.0043	0.0047	0.0048	0.0047	0.0049	0.0042
177	0.0048	0.0041	0.0038	0.0042	0.0045	0.0041	0.0041	0.0045	0.0048
178	0.0048	0.0045	0.0041	0.0045	0.0048	0.0048	0.0044	0.0048	0.0047
179	0.0052	0.0055	0.0047	0.0049	0.0052	0.0048	0.0054	0.0051	0.0051
180	0.0052	0.0058	0.0051	0.0058	0.0040	0.0040	0.0055	0.0058	0.0048
181	0.0050	0.0045	0.0046	0.0046	0.0050	0.0040	0.0045	0.0045	0.0040
182	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
183	0.0045	0.0048	0.0045	0.0048	0.0047	0.0045	0.0045	0.0045	0.0047
184	0.0054	0.0050	0.0051	0.0048	0.0048	0.0050	0.0045	0.0050	0.0043
185	0.0050	0.0051	0.0051	0.0051	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
186	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051
187	0.0045	0.0050	0.0051	0.0050	0.0051	0.0050	0.0045	0.0050	0.0050
188	0.0050	0.0050	0.0050	0.0045	0.0050	0.0045	0.0045	0.0050	0.0045
189	0.0050	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045
190	0.0041	0.0048	0.0048	0.0045	0.0047	0.0045	0.0045	0.0040	0.0043
191	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0043
192	0.0050	0.0052	0.0051	0.0050	0.0050	0.0051	0.0051	0.0051	0.0045
193	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
194	0.0050	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
195	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0040
196	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040

## APÉNDICE 5.2: Orden de las pruebas

Sample	SOE #	Profile	Ribber	PCBs	Thermal	MS status	General status H	Inspection	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6	General status inspector	Event 3
3	20/96	1	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
38	03/25	2	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	83.33%	PASS
75	20/98	2	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
71	130/125	2	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	PASS	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	0.00%	FAIL
46	149/136	2	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
41	9/88	2	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
79	50/108	2	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
4	118/107	1	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
5	77/78	1	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
36	95/102	1	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
40	146/21	1	With ribber	Max	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
25	180/151	1	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
60	11/44	1	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
66	173/144	1	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
76	173/144	1	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
77	139/120	1	With ribber	Max	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
26	124/138	2	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
27	121/122	2	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
80	119/123	2	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
78	143/140	1	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
72	133/124	1	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
72	127/116	2	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
69	160/161	2	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
68	160/160	2	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
48	145/146	1	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	16.27%	FAIL
33	162/166	1	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	83.33%	PASS
37	4/5	1	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
28	7/8	1	With ribber	Medium	Caliente	PASS	200	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	FAIL
8	12/13	1	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
7	16/17	1	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
9	3/2	1	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
42	10/18	1	With ribber	Medium	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
21	4/14	2	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
10	80/85	2	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
20	15/10	2	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
41	86/89	2	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
22	20/27	2	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
45	91/94	2	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
32	18/20	2	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
37	97/100	2	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
29	18/40	1	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	48.88%	PASS
36	81/08	1	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	48.88%	PASS
30	55/84	1	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	83.33%	PASS
52	196/179	1	With ribber	Min	Caliente	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	83.33%	PASS
8	105/104	1	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
34	243/147	1	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	0.00%	FAIL
13	112/134	1	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	0.00%	FAIL
47	127/138	1	With ribber	Min	Caliente	FAIL	0	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	FAIL	0.00%	FAIL
95	190/102	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
31	185/188	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
58	181/183	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
49	191/180	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
11	45/40	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
17	112/152	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
19	72/72	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	66.66%	PASS
33	187/188	2	With ribber	Max	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
15	81/59	1	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	32.44%	FAIL
92	194/195	1	With ribber	Max	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	66.66%	PASS

92	196/195	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	FAIL	86.68%	PASS
93	182/186	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	FAIL	83.33%	PASS
94	186/191	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	33.34%	PASS
12	154/153	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	66.68%	PASS
91	61/92	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	66.68%	PASS
96	22/23	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	FAIL	83.33%	PASS
96	26/24	1	With ribbon	Max	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
99	47/48	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
90	56/57	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
99	60/63	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	50.01%	PASS
97	65/66	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	33.34%	PASS
23	164/171	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
24	22/23	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
32	150/138	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	FAIL	83.33%	PASS
2	27/28	2	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
81	61/68	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
83	69/73	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
62	74/75	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	PASS	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	16.67%	FAIL
63	76/79	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
31	178/179	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL	66.68%	FAIL
30	179/174	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	FAIL	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	50.01%	PASS
34	179/177	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	PASS	PASS	PASS	FAIL	FAIL	PASS	PASS	83.33%	PASS
35	23/24	1	With ribbon	Medium	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
85	131/123	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
84	125/136	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	PASS
66	82/90	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	83.33%	PASS
64	104/105	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
85	165/167	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
86	25/26	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS

16	159/164	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	66.68%	PASS
87	46/52	2	With ribbon	Min	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
87	112/114	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
88	115/120	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	FAIL
65	51/53	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS	PASS	FAIL	FAIL	33.34%	FAIL
63	54/58	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	16.67%	PASS
79	179/171	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	83.33%	PASS
74	40/41	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	PASS
14	152/157	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	100.00%	PASS
70	42/43	1	With ribbon	Min	STD	PASS	100	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	0.00%	PASS

### APÉNDICE 5.3: Resultados del DOE con el thermode de Cadence

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Perfil	PCB	Banda	Estatus general hot bar	Estatus general inspección	Estatus general de e-test
1	1	1	1	1	Max	Con banda	100	100.00%	0
2	2	1	1	1	Max	Sin banda	0	0.00%	0
3	3	1	1	1	Med	Con banda	100	16.22%	100
4	4	1	1	1	Med	Sin banda	0	0.00%	100
5	5	1	1	1	Min	Con banda	100	48.66%	100
6	6	1	1	1	Min	Sin banda	0	0.00%	0
7	7	1	1	2	Max	Con banda	100	32.44%	100
8	8	1	1	2	Max	Sin banda	0	83.33%	100
9	9	1	1	2	Med	Con banda	100	100.00%	100
10	10	1	1	2	Med	Sin banda	0	0.00%	100
11	11	1	1	2	Min	Con banda	100	0.00%	100
12	12	1	1	2	Min	Sin banda	0	0.00%	100
13	13	1	1	1	Max	Con banda	100	100.00%	0
14	14	1	1	1	Max	Sin banda	0	0.00%	100
15	15	1	1	1	Med	Con banda	100	83.33%	100
16	16	1	1	1	Med	Sin banda	0	0.00%	100
17	17	1	1	1	Min	Con banda	100	48.66%	100
18	18	1	1	1	Min	Sin banda	0	32.44%	100
19	19	1	1	2	Max	Con banda	100	100.00%	100
20	20	1	1	2	Max	Sin banda	0	0.00%	100
21	21	1	1	2	Med	Con banda	100	100.00%	100
22	22	1	1	2	Med	Sin banda	0	0.00%	100
23	23	1	1	2	Min	Con banda	100	0.00%	100
24	24	1	1	2	Min	Sin banda	0	0.00%	100
25	25	1	1	1	Max	Con banda	100	100.00%	100

26	26	1	1	1	Max	Sin banda	0	0.00%	100
27	27	1	1	1	Med	Con banda	100	100.00%	100
28	28	1	1	1	Med	Sin banda	0	0.00%	0
29	29	1	1	1	Min	Con banda	100	83.33%	100
30	30	1	1	1	Min	Sin banda	0	32.44%	100
31	31	1	1	2	Max	Con banda	100	83.33%	100
32	32	1	1	2	Max	Sin banda	0	0.00%	100
33	33	1	1	2	Med	Con banda	100	64.88%	100
34	34	1	1	2	Med	Sin banda	0	0.00%	100
35	35	1	1	2	Min	Con banda	100	64.88%	100
36	36	1	1	2	Min	Sin banda	0	0.00%	100
37	37	1	1	1	Max	Con banda	100	32.44%	100
38	38	1	1	1	Max	Sin banda	0	0.00%	100
39	39	1	1	1	Med	Con banda	100	48.66%	100
40	40	1	1	1	Med	Sin banda	0	0.00%	100
41	41	1	1	1	Min	Con banda	100	83.33%	100
42	42	1	1	1	Min	Sin banda	0	32.44%	100
43	43	1	1	2	Max	Con banda	100	100.00%	100
44	44	1	1	2	Max	Sin banda	0	0.00%	100
45	45	1	1	2	Med	Con banda	100	64.88%	100
46	46	1	1	2	Med	Sin banda	0	0.00%	100
47	47	1	1	2	Min	Con banda	100	64.88%	100
48	48	1	1	2	Min	Sin banda	0	0.00%	100

#### APÉNDICE 5.4: Resultados del DOE con el thermode estándar

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Perfil	PCB	Banda	Estatus general hot bar	Estatus general inspección	Estatus general de e-test
1	1	1	1	1	Max	Con banda	100	32.44%	0
2	2	1	1	1	Max	Sin banda	100	66.68%	100
3	3	1	1	1	Med	Con banda	100	0.00%	0
4	4	1	1	1	Med	Sin banda	100	66.68%	0
5	5	1	1	1	Min	Con banda	100	0.00%	0
6	6	1	1	1	Min	Sin banda	100	83.35%	100
7	7	1	1	2	Max	Con banda	100	48.66%	100
8	8	1	1	2	Max	Sin banda	100	32.44%	100
9	9	1	1	2	Med	Con banda	100	100.00%	100
10	10	1	1	2	Med	Sin banda	100	100.00%	100
11	11	1	1	2	Min	Con banda	100	0.00%	0
12	12	1	1	2	Min	Sin banda	100	83.33%	100
13	13	1	1	1	Max	Con banda	100	64.88%	100
14	14	1	1	1	Max	Sin banda	100	64.88%	100
15	15	1	1	1	Med	Con banda	100	0.00%	0
16	16	1	1	1	Med	Sin banda	100	48.66%	100
17	17	1	1	1	Min	Con banda	100	0.00%	0
18	18	1	1	1	Min	Sin banda	100	0.00%	0
19	19	1	1	2	Max	Con banda	100	64.88%	100
20	20	1	1	2	Max	Sin banda	100	100.00%	100
21	21	1	1	2	Med	Con banda	100	0.00%	0
22	22	1	1	2	Med	Sin banda	100	83.33%	100
23	23	1	1	2	Min	Con banda	100	0.00%	100
24	24	1	1	2	Min	Sin banda	100	100.00%	100
25	25	1	1	1	Max	Con banda	100	83.33%	100
26	26	1	1	1	Max	Sin banda	100	83.33%	100

27	27	1	1	1	Med	Con banda	100	16.22%	0
28	28	1	1	1	Med	Sin banda	100	64.88%	100
29	29	1	1	1	Min	Con banda	100	0.00%	0
30	30	1	1	1	Min	Sin banda	100	83.33%	100
31	31	1	1	2	Max	Con banda	100	48.66%	100
32	32	1	1	2	Max	Sin banda	100	64.88%	100
33	33	1	1	2	Med	Con banda	100	48.66%	100
34	34	1	1	2	Med	Sin banda	100	64.88%	100
35	35	1	1	2	Min	Con banda	100	64.88%	100
36	36	1	1	2	Min	Sin banda	100	64.88%	100
37	37	1	1	1	Max	Con banda	100	32.44%	100
38	38	1	1	1	Max	Sin banda	100	100.00%	100
39	39	1	1	1	Med	Con banda	100	0.00%	0
40	40	1	1	1	Med	Sin banda	100	0.00%	100
41	41	1	1	1	Min	Con banda	100	0.00%	0
42	42	1	1	1	Min	Sin banda	100	0.00%	0
43	43	1	1	2	Max	Con banda	100	64.88%	100
44	44	1	1	2	Max	Sin banda	100	100.00%	100
45	45	1	1	2	Med	Con banda	100	32.44%	100
46	46	1	1	2	Med	Sin banda	100	64.88%	100
47	47	1	1	2	Min	Con banda	100	83.33%	100
48	48	1	1	2	Min	Sin banda	100	100.00%	100

## APÉNDICE 6: MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA SOLDADURA DESPUÉS DE LA ESCALACIÓN AL VENDOR

#	Bank 1			Bank 2			Bank 3		
	1.1	2.1	3.1	1.2	2.2	3.2	1.3	2.3	3.3
1	0.0044	0.0044	0.0043	0.0046	0.0048	0.0048	0.0045	0.0050	0.0046
2	0.0050	0.0050	0.0051	0.0053	0.0052	0.0051	0.0048	0.0050	0.0049
3	0.0050	0.0055	0.0053	0.0061	0.0060	0.0061	0.0064	0.0065	0.0062
4	0.0046	0.0045	0.0042	0.0042	0.0046	0.0043	0.0047	0.0050	0.0048
5	0.0048	0.0045	0.0049	0.0043	0.0045	0.0044	0.0048	0.0046	0.0052
6	0.0080	0.0029	0.0034	0.0057	0.0030	0.0038	0.0033	0.0042	0.0039
7	0.0045	0.0040	0.0038	0.0042	0.0048	0.0042	0.0044	0.0047	0.0050
8	0.0045	0.0053	0.0049	0.0050	0.0047	0.0046	0.0048	0.0048	0.0054
9	0.0046	0.0057	0.0057	0.0053	0.0056	0.0055	0.0058	0.0058	0.0058
10	0.0041	0.0042	0.0041	0.0046	0.0043	0.0040	0.0045	0.0048	0.0045
11	0.0046	0.0058	0.0048	0.0057	0.0059	0.0051	0.0056	0.0057	0.0053
12	0.0042	0.0044	0.0039	0.0047	0.0049	0.0049	0.0048	0.0052	0.0045
13	0.0047	0.0050	0.0046	0.0048	0.0049	0.0045	0.0048	0.0048	0.0047
14	0.0039	0.0042	0.0034	0.0038	0.0057	0.0042	0.0042	0.0040	0.0038
15	0.0040	0.0036	0.0039	0.0042	0.0037	0.0046	0.0040	0.0041	0.0042
16	0.0050	0.0048	0.0043	0.0045	0.0046	0.0045	0.0045	0.0046	0.0048
17	0.0041	0.0041	0.0042	0.0039	0.0040	0.0041	0.0041	0.0041	0.0042
18	0.0041	0.0043	0.0038	0.0045	0.0044	0.0047	0.0044	0.0043	0.0042
19	0.0040	0.0042	0.0038	0.0036	0.0041	0.0043	0.0042	0.0043	0.0039
20	0.0044	0.0046	0.0039	0.0048	0.0046	0.0048	0.0045	0.0046	0.0043
21	0.0060	0.0065	0.0046	0.0065	0.0052	0.0070	0.0053	0.0056	0.0054
22	0.0042	0.0065	0.0041	0.0051	0.0070	0.0086	0.0048	0.0080	0.0038
23	0.0045	0.0048	0.0044	0.0049	0.0047	0.0048	0.0054	0.0052	0.0054
24	0.0043	0.0046	0.0041	0.0044	0.0045	0.0043	0.0039	0.0046	0.0046
25	0.0041	0.0035	0.0033	0.0033	0.0036	0.0035	0.0042	0.0039	0.0048
26	0.0044	0.0044	0.0038	0.0041	0.0043	0.0042	0.0044	0.0044	0.0040
27	0.0080	0.0049	0.0048	0.0049	0.0051	0.0051	0.0049	0.0055	0.0049
28	0.0038	0.0040	0.0035	0.0057	0.0039	0.0035	0.0040	0.0039	0.0031
29	0.0053	0.0059	0.0054	0.0063	0.0061	0.0062	0.0065	0.0062	0.0038
30	0.0037	0.0037	0.0031	0.0037	0.0038	0.0038	0.0045	0.0044	0.0042
31	0.0053	0.0058	0.0053	0.0056	0.0058	0.0070	0.0046	0.0060	0.0040
32	0.0040	0.0047	0.0042	0.0041	0.0041	0.0041	0.0039	0.0048	0.0040
33	0.0055	0.0051	0.0048	0.0050	0.0047	0.0049	0.0050	0.0051	0.0042
34	0.0049	0.0049	0.0046	0.0052	0.0051	0.0053	0.0052	0.0055	0.0052
35	0.0058	0.0041	0.0054	0.0061	0.0062	0.0064	0.0060	0.0051	0.0056
36	0.0038	0.0033	0.0029	0.0029	0.0026	0.0028	0.0030	0.0035	0.0032
37	0.0047	0.0041	0.0043	0.0050	0.0050	0.0044	0.0048	0.0052	0.0052

38	0.0014	0.0048	0.0020	0.0054	0.0054	0.0013	0.0053	0.0019	0.0049
39	0.0047	0.0039	0.0044	0.0047	0.0048	0.0048	0.0049	0.0043	0.0045
40	0.0038	0.0035	0.0034	0.0036	0.0041	0.0037	0.0038	0.0037	0.0037
41	0.0042	0.0042	0.0039	0.0038	0.0038	0.0035	0.0035	0.0038	0.0037
42	0.0027	0.0028	0.0025	0.0030	0.0030	0.0023	0.0031	0.0032	0.0032
43	0.0043	0.0048	0.0046	0.0046	0.0045	0.0049	0.0049	0.0053	0.0042
44	0.0051	0.0049	0.0065	0.0053	0.0060	0.0054	0.0057	0.0062	0.0059
45	0.0047	0.0065	0.0045	0.0070	0.0052	0.0049	0.0065	0.0057	0.0060
46	0.0042	0.0034	0.0035	0.0044	0.0036	0.0037	0.0035	0.0042	0.0041
47	0.0041	0.0045	0.0044	0.0040	0.0040	0.0043	0.0044	0.0043	0.0040
48	0.0042	0.0043	0.0039	0.0044	0.0048	0.0049	0.0052	0.0052	0.0047
49	0.0046	0.0042	0.0037	0.0040	0.0042	0.0038	0.0044	0.0045	0.0044
50	0.0065	0.0065	0.0055	0.0070	0.0060	0.0059	0.0052	0.0065	0.0052
51	0.0037	0.0038	0.0034	0.0044	0.0041	0.0041	0.0044	0.0041	0.0059
52	0.0033	0.0032	0.0030	0.0035	0.0035	0.0034	0.0037	0.0034	0.0034
53	0.0043	0.0042	0.0036	0.0044	0.0045	0.0044	0.0039	0.0045	0.0047
54	0.0035	0.0035	0.0032	0.0039	0.0040	0.0038	0.0042	0.0045	0.0042
55	0.0048	0.0042	0.0047	0.0049	0.0049	0.0047	0.0033	0.0050	0.0054
56	0.0052	0.0046	0.0047	0.0052	0.0051	0.0051	0.0050	0.0055	0.0055
57	0.0053	0.0053	0.0048	0.0053	0.0054	0.0049	0.0049	0.0050	0.0047
58	0.0038	0.0038	0.0031	0.0037	0.0036	0.0038	0.0039	0.0037	0.0035
59	0.0058	0.0058	0.0046	0.0057	0.0065	0.0053	0.0070	0.0059	0.0053
60	0.0045	0.0048	0.0044	0.0053	0.0055	0.0049	0.0052	0.0053	0.0048
61	0.0056	0.0058	0.0053	0.0054	0.0060	0.0058	0.0056	0.0056	0.0055
62	0.0070	0.0070	0.0064	0.0065	0.0067	0.0066	0.0055	0.0060	0.0057
63	0.0053	0.0051	0.0049	0.0054	0.0054	0.0052	0.0052	0.0055	0.0052
64	0.0053	0.0055	0.0049	0.0054	0.0070	0.0065	0.0052	0.0052	0.0068
65	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	0.0043	0.0039	0.0041	0.0044	0.0043
66	0.0047	0.0052	0.0050	0.0051	0.0052	0.0050	0.0046	0.0050	0.0046
67	0.0045	0.0046	0.0041	0.0042	0.0038	0.0042	0.0045	0.0042	0.0046
68	0.0030	0.0049	0.0048	0.0053	0.0051	0.0048	0.0051	0.0055	0.0054
69	0.0043	0.0044	0.0039	0.0038	0.0039	0.0040	0.0042	0.0044	0.0039
70	0.0056	0.0060	0.0059	0.0063	0.0059	0.0063	0.0055	0.0060	0.0059
71	0.0051	0.0050	0.0046	0.0052	0.0052	0.0052	0.0056	0.0051	0.0045
72	0.0068	0.0070	0.0065	0.0065	0.0052	0.0051	0.0061	0.0066	0.0065
73	0.0049	0.0047	0.0043	0.0045	0.0046	0.0047	0.0046	0.0047	0.0042
74	0.0048	0.0046	0.0042	0.0046	0.0047	0.0045	0.0043	0.0047	0.0043
75	0.0046	0.0054	0.0047	0.0051	0.0053	0.0046	0.0047	0.0050	0.0048
76	0.0051	0.0052	0.0051	0.0053	0.0052	0.0052	0.0047	0.0050	0.0048
77	0.0053	0.0065	0.0049	0.0080	0.0052	0.0068	0.0049	0.0070	0.0065
78	0.0050	0.0065	0.0048	0.0075	0.0052	0.0065	0.0052	0.0068	0.0070
79	0.0044	0.0048	0.0045	0.0050	0.0051	0.0049	0.0050	0.0052	0.0048
80	0.0031	0.0042	0.0035	0.0039	0.0040	0.0036	0.0041	0.0041	0.0046
81	0.0065	0.0054	0.0052	0.0075	0.0070	0.0065	0.0046	0.0054	0.0051
82	0.0036	0.0036	0.0030	0.0037	0.0040	0.0034	0.0038	0.0039	0.0041
83	0.0052	0.0038	0.0053	0.0023	0.0036	0.0051	0.0049	0.0053	0.0035
84	0.0040	0.0040	0.0035	0.0041	0.0044	0.0039	0.0038	0.0043	0.0038
85	0.0033	0.0025	0.0050	0.0031	0.0052	0.0033	0.0033	0.0050	0.0048
86	0.0045	0.0032	0.0022	0.0049	0.0033	0.0035	0.0053	0.0033	0.0030
87	0.0049	0.0045	0.0041	0.0052	0.0049	0.0050	0.0040	0.0044	0.0044
88	0.0059	0.0061	0.0059	0.0058	0.0059	0.0056	0.0045	0.0049	0.0046
89	0.0031	0.0045	0.0025	0.0045	0.0047	0.0032	0.0033	0.0032	0.0049
90	0.0035	0.0033	0.0032	0.0033	0.0033	0.0031	0.0027	0.0025	0.0031
91	0.0065	0.0044	0.0058	0.0070	0.0055	0.0052	0.0066	0.0070	0.0044
92	0.0061	0.0070	0.0050	0.0057	0.0049	0.0058	0.0047	0.0059	0.0044
93	0.0028	0.0028	0.0043	0.0047	0.0024	0.0050	0.0017	0.0034	0.0047
94	0.0052	0.0035	0.0050	0.0036	0.0019	0.0042	0.0020	0.0051	0.0049
95	0.0054	0.0056	0.0048	0.0062	0.0051	0.0064	0.0050	0.0049	0.0060
96	0.0064	0.0064	0.0060	0.0063	0.0064	0.0060	0.0062	0.0062	0.0054
97	0.0032	0.0036	0.0029	0.0047	0.0019	0.0044	0.0031	0.0035	0.0046
98	0.0021	0.0052	0.0031	0.0051	0.0035	0.0051	0.0038	0.0053	0.0049
99	0.0059	0.0064	0.0059	0.0065	0.0064	0.0061	0.0038	0.0058	0.0052
100	0.0046	0.0028	0.0031	0.0047	0.0046	0.0026	0.0048	0.0028	0.0029
101	0.0031	0.0047	0.0044	0.0028	0.0049	0.0047	0.0047	0.0026	0.0047
102	0.0045	0.0058	0.0050	0.0056	0.0056	0.0053	0.0051	0.0052	0.0057
103	0.0054	0.0032	0.0043	0.0033	0.0025	0.0029	0.0049	0.0025	0.0049
104	0.0040	0.0041	0.0036	0.0039	0.0042	0.0041	0.0045	0.0031	0.0030
105	0.0052	0.0022	0.0051	0.0034	0.0057	0.0037	0.0040	0.0039	0.0042
106	0.0047	0.0050	0.0044	0.0053	0.0051	0.0051	0.0047	0.0048	0.0042
107	0.0054	0.0052	0.0051	0.0058	0.0058	0.0054	0.0053	0.0055	0.0052
108	0.0052	0.0053	0.0051	0.0056	0.0058	0.0057	0.0056	0.0061	0.0057
109	0.0039	0.0040	0.0033	0.0039	0.0042	0.0039	0.0031	0.0045	0.0035
110	0.0047	0.0051	0.0048	0.0052	0.0052	0.0052	0.0056	0.0057	0.0062
111	0.0047	0.0048	0.0044	0.0048	0.0047	0.0044	0.0046	0.0045	0.0044
112	0.0041	0.0042	0.0035	0.0036	0.0037	0.0034	0.0046	0.0050	0.0047
113	0.0054	0.0055	0.0051	0.0055	0.0060	0.0055	0.0056	0.0058	0.0054
114	0.0037	0.0038	0.0036	0.0040	0.0045	0.0041	0.0040	0.0042	0.0042
115	0.0036	0.0035	0.0031	0.0034	0.0036	0.0036	0.0039	0.0042	0.0042

116	0.0042	0.0044	0.0040	0.0046	0.0050	0.0038	0.0050	0.0054	0.0048
117	0.0056	0.0038	0.0034	0.0038	0.0042	0.0025	0.0046	0.0055	0.0046
118	0.0042	0.0043	0.0042	0.0047	0.0048	0.0048	0.0044	0.0046	0.0058
119	0.0046	0.0044	0.0037	0.0045	0.0053	0.0043	0.0045	0.0038	0.0041
120	0.0028	0.0015	0.0027	0.0045	0.0035	0.0044	0.0035	0.0046	0.0049
121	0.0042	0.0043	0.0043	0.0049	0.0049	0.0049	0.0051	0.0049	0.0046
122	0.0048	0.0049	0.0043	0.0048	0.0050	0.0050	0.0051	0.0051	0.0049
123	0.0044	0.0046	0.0042	0.0048	0.0048	0.0044	0.0049	0.0053	0.0049
124	0.0024	0.0044	0.0036	0.0038	0.0042	0.0039	0.0035	0.0046	0.0023
125	0.0042	0.0044	0.0040	0.0041	0.0047	0.0043	0.0050	0.0048	0.0048
126	0.0050	0.0052	0.0051	0.0055	0.0050	0.0042	0.0054	0.0055	0.0050
127	0.0044	0.0039	0.0039	0.0045	0.0043	0.0041	0.0040	0.0038	0.0044
128	0.0033	0.0038	0.0036	0.0048	0.0053	0.0036	0.0042	0.0040	0.0040
129	0.0047	0.0043	0.0043	0.0047	0.0052	0.0050	0.0049	0.0050	0.0053
130	0.0052	0.0058	0.0058	0.0064	0.0067	0.0063	0.0058	0.0056	0.0054
131	0.0040	0.0041	0.0036	0.0036	0.0040	0.0041	0.0040	0.0038	0.0037
132	0.0035	0.0030	0.0032	0.0031	0.0041	0.0036	0.0043	0.0044	0.0044
133	0.0045	0.0045	0.0042	0.0049	0.0047	0.0044	0.0049	0.0045	0.0047
134	0.0052	0.0049	0.0047	0.0047	0.0049	0.0045	0.0048	0.0052	0.0052
135	0.0032	0.0035	0.0031	0.0038	0.0038	0.0036	0.0041	0.0038	0.0041
136	0.0042	0.0039	0.0034	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0047
137	0.0041	0.0044	0.0042	0.0045	0.0048	0.0041	0.0036	0.0038	0.0035
138	0.0028	0.0051	0.0035	0.0050	0.0037	0.0053	0.0046	0.0040	0.0044
139	0.0053	0.0033	0.0031	0.0030	0.0032	0.0034	0.0037	0.0041	0.0038
140	0.0050	0.0048	0.0046	0.0045	0.0054	0.0048	0.0050	0.0050	0.0050
141	0.0042	0.0045	0.0039	0.0041	0.0042	0.0044	0.0047	0.0050	0.0048
142	0.0048	0.0047	0.0045	0.0050	0.0052	0.0047	0.0050	0.0050	0.0050
143	0.0034	0.0038	0.0033	0.0035	0.0038	0.0032	0.0040	0.0041	0.0033
144	0.0048	0.0054	0.0053	0.0058	0.0061	0.0060	0.0051	0.0053	0.0048
145	0.0049	0.0051	0.0047	0.0049	0.0052	0.0052	0.0048	0.0049	0.0046
146	0.0047	0.0049	0.0045	0.0046	0.0052	0.0047	0.0047	0.0045	0.0044
147	0.0035	0.0045	0.0043	0.0031	0.0049	0.0046	0.0035	0.0042	0.0030
148	0.0051	0.0056	0.0049	0.0051	0.0053	0.0051	0.0046	0.0043	0.0041
149	0.0056	0.0047	0.0055	0.0059	0.0061	0.0057	0.0055	0.0062	0.0058
150	0.0053	0.0051	0.0047	0.0053	0.0051	0.0048	0.0047	0.0050	0.0050
151	0.0049	0.0053	0.0053	0.0060	0.0060	0.0057	0.0049	0.0048	0.0044
152	0.0046	0.0048	0.0045	0.0055	0.0057	0.0054	0.0053	0.0052	0.0046
153	0.0022	0.0044	0.0034	0.0046	0.0025	0.0043	0.0040	0.0034	0.0044
154	0.0049	0.0051	0.0051	0.0055	0.0054	0.0056	0.0049	0.0057	0.0049

155	0.0049	0.0049	0.0044	0.0049	0.0051	0.0053	0.0053	0.0058	0.0054
156	0.0048	0.0059	0.0056	0.0060	0.0056	0.0060	0.0051	0.0050	0.0045
157	0.0045	0.0048	0.0045	0.0047	0.0044	0.0045	0.0040	0.0042	0.0035
158	0.0041	0.0044	0.0042	0.0044	0.0042	0.0043	0.0039	0.0042	0.0043
159	0.0029	0.0028	0.0027	0.0023	0.0024	0.0027	0.0031	0.0034	0.0030
160	0.0051	0.0053	0.0043	0.0052	0.0051	0.0050	0.0049	0.0054	0.0052
161	0.0047	0.0051	0.0050	0.0052	0.0050	0.0050	0.0044	0.0045	0.0042
162	0.0042	0.0049	0.0048	0.0051	0.0048	0.0045	0.0043	0.0043	0.0042
163	0.0019	0.0050	0.0033	0.0055	0.0053	0.0028	0.0048	0.0024	0.0049
164	0.0048	0.0053	0.0050	0.0053	0.0054	0.0051	0.0049	0.0055	0.0054
165	0.0036	0.0039	0.0037	0.0037	0.0040	0.0039	0.0036	0.0045	0.0046
166	0.0038	0.0047	0.0043	0.0047	0.0051	0.0049	0.0042	0.0045	0.0049
167	0.0041	0.0042	0.0030	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0035	0.0034
168	0.0042	0.0038	0.0040	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0038	0.0040
169	0.0042	0.0040	0.0039	0.0042	0.0039	0.0039	0.0047	0.0050	0.0048
170	0.0044	0.0048	0.0044	0.0036	0.0047	0.0044	0.0042	0.0047	0.0044
171	0.0050	0.0052	0.0047	0.0052	0.0047	0.0052	0.0045	0.0048	0.0043
172	0.0031	0.0040	0.0033	0.0041	0.0042	0.0047	0.0040	0.0037	0.0040
173	0.0053	0.0050	0.0052	0.0058	0.0057	0.0053	0.0049	0.0048	0.0066
174	0.0042	0.0044	0.0040	0.0045	0.0053	0.0052	0.0046	0.0046	0.0045
175	0.0055	0.0060	0.0057	0.0058	0.0058	0.0056	0.0058	0.0060	0.0055
176	0.0042	0.0043	0.0042	0.0043	0.0047	0.0043	0.0042	0.0043	0.0042
177	0.0044	0.0041	0.0038	0.0042	0.0043	0.0041	0.0041	0.0043	0.0040
178	0.0046	0.0045	0.0043	0.0045	0.0048	0.0046	0.0044	0.0046	0.0047
179	0.0025	0.0035	0.0047	0.0024	0.0052	0.0049	0.0039	0.0051	0.0032
180	0.0053	0.0053	0.0052	0.0058	0.0062	0.0060	0.0055	0.0056	0.0056
181	0.0050	0.0055	0.0045	0.0045	0.0050	0.0060	0.0045	0.0045	0.0040
182	0.0050	0.0050	0.0050	0.0060	0.0070	0.0055	0.0055	0.0060	0.0050
183	0.0045	0.0055	0.0045	0.0050	0.0060	0.0045	0.0045	0.0045	0.0040
184	0.0073	0.0050	0.0075	0.0040	0.0045	0.0060	0.0045	0.0063	0.0045
185	0.0050	0.0055	0.0045	0.0050	0.0060	0.0055	0.0045	0.0050	0.0045
186	0.0035	0.0065	0.0055	0.0065	0.0070	0.0065	0.0050	0.0055	0.0045
187	0.0045	0.0060	0.0055	0.0060	0.0065	0.0060	0.0045	0.0060	0.0050
188	0.0050	0.0050	0.0053	0.0045	0.0053	0.0045	0.0045	0.0050	0.0043
189	0.0055	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0045	0.0055	0.0045
190	0.0045	0.0068	0.0045	0.0045	0.0075	0.0045	0.0045	0.0062	0.0045
191	0.0063	0.0055	0.0060	0.0063	0.0053	0.0053	0.0050	0.0055	0.0043
192	0.0050	0.0063	0.0050	0.0055	0.0060	0.0050	0.0055	0.0065	0.0040
193	0.0045	0.0060	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0045	0.0045	0.0040

194	0.0055	0.0060	0.0045	0.0053	0.0060	0.0045	0.0045	0.0050	0.0040
195	0.0065	0.0050	0.0045	0.0050	0.0065	0.0055	0.0060	0.0055	0.0040
196	0.0045	0.0033	0.0045	0.0035	0.0045	0.0040	0.0031	0.0045	0.0025

## APÉNDICE 7: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE HOT BAR MEJORADO

Toma de tiempos de proceso de hot bar después de las mejoras implementadas													
Observaciones	T1				T2				T3				
	OP 1 Sharon	Promedio tiempo ciclo	OP 2 Xinia	Promedio tiempo ciclo	OP 3 Dino	Promedio tiempo ciclo	OP 4 valeria	Promedio tiempo ciclo	OP 5 Jose Pablo	Promedio tiempo ciclo	OP 6 Ximena	Promedio tiempo ciclo	
1	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	
2	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
3	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
4	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
5	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
6	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
7	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
8	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
9	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
10	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
11	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
12	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
13	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
14	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77
15	4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77		4.77

## APÉNDICE 8: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE INSPECCIÓN Y RETRABAJO

Hot bar estación de alineación	
1	286
2	286
3	286
4	286
5	286
6	286
7	286
8	286
9	286
10	286
11	286
12	286
13	286
14	286
15	286
16	286
17	286
18	286
19	286
20	286
21	286
22	286
23	286
24	286
25	286
26	286
27	286
28	286

Inspección	
1	89.84
2	95.63
3	89.28
4	80.54
5	81.6
6	80.89
7	80.22
8	91.27
9	92.58
10	87.69
11	89.16
12	85.69
13	95.54
14	89.25
15	94.55
16	91.35
17	85.67
18	81.39
19	89.84
20	86.12
21	89.65
22	81.78
23	88.45
24	84.33
25	82.85
26	93.41
27	82.13
28	81.33

Retoque	
1	69.52
2	65.36
3	69.82
4	60.45
5	60.16
6	60.98
7	60.21
8	61.72
9	62.85
10	67.14
11	69.61
12	65.95
13	65.45
14	69.52
15	64.25
16	61.35
17	61.78
18	61.78
19	61.98
20	66.12
21	69.56
22	61.87
23	68.35
24	64.12
25	62.87
26	63.41
27	62.25
28	61.89

29	286		29	92.02		29	62.3
30	286		30	94.23		30	64.81
31	286		31	90.25		31	62.58
32	286		32	85.15		32	67.14
33	286		33	93.89		33	69.36
34	286		34	83.45		34	68.15
35	286		35	83.48		35	62.33
36	286		36	94.13		36	68.14
37	286		37	87.78		37	61.02
38	286		38	91.88		38	66.96
39	286		39	93.36		39	62.14
40	286		40	92.85		40	68.13
41	286		41	81.23		41	60.11
42	286		42	82.15		42	61.09
43	286		43	86.45		43	65.98
44	286		44	84.78		44	66.15
45	286		45	87.33		45	60.36
46	286		46	92.22		46	64.14
47	286		47	84.21		47	62.78
48	286		48	83.36		48	66.36
49	286		49	85.29		49	69.55
50	286		50	92.78		50	69.15
51	286		51	84.02		51	63.22
52	286		52	83.01		52	66.89
53	286		53	93.36		53	60.88
54	286		54	89.14		54	66.25
55	286		55	89.89		55	64.36
56	286		56	93.14		56	61.02
57	286		57	87.95		57	65.36
58	286		58	92.65		58	60.15
59	286		59	85.15		59	63.78
60	286		60	87.01		60	68.15
<b>Average</b>	<b>286</b>		<b>Average</b>	<b>87.82</b>		<b>Average</b>	<b>64.50</b>

## APÉNDICE 9: INFORMACIÓN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA ANTERIOR Y DEMANDA ACTUAL

Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Semanas disponibles en el mes</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>Demanda mensual HDR-206197-XX-SEAC</b>	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
<b>Demanda semanal HDR-206197-XX-SEAC</b>	1000	1000	1000	800	1000	800	1000
<b>Demanda diaria HDR-206197-XX-SEAC</b>	200	200	200	160	200	160	200
<b>Output actual</b>	6130	6130	6130	6130	6130	6130	6130
<b>Diferencia</b>	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130



## APÉNDICE 11: CÁLCULO DE IPK PARA EL BALANCE DE LÍNEA

Inspección		E-test		Overmold	
Demanda	110	Demanda	110	Demanda	110
Tiempo Ciclo	0.03	Tiempo Ciclo	0.04	Tiempo Ciclo	0.03
Cable completo	1	Cable completo	1	Cable completo	1
IPK	3	IPK	5	IPK	3

Insert cable pin press		Add sleeve		Final e-test	
Demanda	110	Demanda	110	Demanda	110
Tiempo Ciclo	0.01	Tiempo Ciclo	0.09	Tiempo Ciclo	0.03
Cable completo	1	Cable completo	1	Cable completo	1
IPK	1	IPK	10	IPK	3

**ANEXO 1: INFORMACIÓN DEL INCREMENTO DE LA DEMANDA EN EL PRODUCTO CADENCE**

<b>Fecha de órdenes por semana</b>	<b>Cantidad de unidades por semana</b>
4/14/2023	1,000
4/27/2023	1,000
5/9/2023	1,000
5/16/2023	1,000
5/26/2023	1,000
6/2/2023	1,000
6/16/2023	1,000
6/27/2023	1,000
6/29/2023	1,100
6/29/2023	1,000
7/10/2023	1,100
7/17/2023	1,000
7/19/2023	1,100
8/4/2023	1,100
8/7/2023	1,000
9/1/2023	1,000
9/12/2023	1,000
9/22/2023	1,000
10/6/2023	800
10/13/2023	1,000
10/20/2023	1,000
10/27/2023	1,000
11/3/2023	1,000
11/10/2023	1,000
11/17/2023	1,000
11/24/2023	1,000
11/30/2023	1,000
12/8/2023	1,000
12/15/2023	1,000
12/22/2023	1,000
1/12/2024	1,500
1/19/2024	1,500
1/26/2024	1,500
2/2/2024	1,500
2/9/2024	1,500
2/16/2024	1,500
2/23/2024	1,500
3/1/2024	1,500
3/8/2024	1,500
3/15/2024	1,200
3/22/2024	1,500
4/1/2024	1,500
4/5/2024	1,500
4/12/2024	1,300
4/19/2024	1,500
4/26/2024	1,500