

Universidad Técnica Nacional

Sede Central

Ingeniería en Producción Industrial

Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024

Trabajo final de graduación como requisito para optar por el grado académico de

Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial

Sustentantes:

Jeferson Rodríguez Portuguez

Pablo Josué Viquez Ledezma

Tutor:

Marvin Herrera García

Alajuela, 2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo con todo mi cariño y gratitud a mis padres, quienes han sido mis mayores apoyos en cada paso de mi camino. A mi madre, Ingrid Ledezma Araya, por su amor incondicional. Tu presencia ha sido un refugio en los momentos difíciles y siempre has creído en mí, incluso cuando yo dudaba. A mi padre, José Pablo Víquez Castro, por ser mi guía y mi voz de aliento. Tus consejos sabios y tu fe en mis capacidades me han dado la confianza necesaria para enfrentar cualquier desafío. Este trabajo es un reflejo de sus sacrificios y su amor y, por ello, les dedico este logro con todo mi corazón.

Y, por último, pero no menos importante, dedico este trabajo a todas las personas que me brindaron palabras de aliento a lo largo de este proceso. Su apoyo me motivó a seguir adelante y me enseñó el verdadero valor del esfuerzo y de la perseverancia. Su confianza en mí ha sido fundamental en este viaje y siempre los llevaré en mi corazón.

Pablo Josué Víquez Ledezma

Este trabajo universitario va dedicado para mis padres, los cuales me inculcaron desde pequeño ser una persona disciplinada, responsable y me impulsaron a siempre mantenerme en el estudio aun en situaciones difíciles. Es gracias a esto que hoy en día estoy por finalizar mi carrera universitaria, en la cual he tenido que sacrificar momentos de felicidad. Sin embargo, ellos siempre estuvieron allí para darme apoyo y mantenerme firme.

Mi madre, Siney Portuguez Salas, siempre me mantuvo con serenidad con sus palabras alentadoras, dándome a entender que todo sacrificio al final tiene su recompensa y gracias a estas palabras y al apoyo brindado es que he logrado finalizar la carrera universitaria. Por otra parte, mi padre, Freddy Rodríguez Villalobos, con gran dedicación siempre se esforzó por brindarme todo lo necesario para mantenerme en la universidad. Por esto y muchas razones más, dedico el presente trabajo universitario con mucho cariño a estas personas especiales.

Jeferson Rodríguez Portuguez

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este proceso. Su presencia ha iluminado mi camino y me ha dado la sabiduría necesaria para enfrentar los desafíos que se presentaron.

A mis padres Ingrid y José, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor y apoyo incondicional. Su confianza en mí ha sido un impulso constante en mi vida.

A mis familiares y compañeros, por su aliento y motivación. Sus palabras y su comprensión han sido fundamentales para mí en este viaje.

Finalmente, agradezco a cada uno de mis profesores, quienes con su dedicación y guía han contribuido enormemente a mi formación académica. Sus enseñanzas y apoyo han sido esenciales para el éxito de este trabajo.

Pablo Josué Viquez Ledezma

En primera instancia, quiero agradecer a Dios por la salud y la fortaleza que me permitieron asistir durante todo este tiempo a la universidad. También quiero agradecer por el entendimiento y la sabiduría para lograr aprobar cada uno de los cursos de la carrera.

Agradezco a la Universidad Técnica Nacional (UTN), que me abrió las puertas y me formó como profesional, y a cada uno de los profesores que contribuyeron a mi preparación académica para obtener los conocimientos necesarios para desempeñarme como un excelente profesional. Por último, pero no menos importante, agradezco a todos mis compañeros con los que compartí momentos inolvidables y que me motivaron cada día. A cada uno de ellos, pues fueron parte de mi familia.

Jeferson Rodríguez Portugal

Lista de contenidos

Capítulo I: Introducción	20
1.1. Introducción	21
1.2. Justificación	22
1.3. Área y línea de investigación	23
<i>1.3.1. Área</i>	23
<i>1.3.1. Línea de investigación</i>	23
1.4. Situación actual del conocimiento del tema (Estado de la cuestión)	24
1.5. Balance del apartado	33
1.6. Problematización.....	33
<i>1.6.1. Pregunta problema</i>	36
<i>1.6.2. Alcances</i>	36
<i>1.6.3. Limitaciones</i>	36
<i>1.6.4. Temporalidad</i>	37
1.7. Objetivos.....	38
<i>1.7.1. Objetivo general</i>	38
<i>1.7.2. Objetivos específicos</i>	38
1.8. Matriz metodológica	39
Capítulo II: Marco teórico	42
2.1. Marco teórico	43

2.1.1. Investigación de operaciones	43
2.1.2. Industria médica	44
2.1.3. Sistema de monitoreo.....	44
2.1.4. Proceso	45
2.1.5. Manufactura	45
2.1.6. Indicador clave de desempeño (KPI)	46
2.1.7. Eficiencia	47
2.1.8. Productividad	47
2.1.9. Reprocesos.....	48
2.1.10. Rediseño.....	49
2.1.11. Tiempo estándar	49
3.1.12. Propuesta de mejora.....	50
2.1.13. Optimizar.....	51
2.1.14. Mejora continua	51
2.1.15. Evaluación económica.....	52
2.1.16. Costos de mano de obra	52
2.1.17. Costos indirectos	53
2.1.18. Rentabilidad.....	54
Capítulo III: Marco metodológico	55
3.1. Marco metodológico	56

3.1.2. Paradigma pragmático.....	56
3.1.3. Enfoque.....	57
3.1.4. Tipo de estudio.....	57
3.1.5. Técnicas.....	58
3.1.5.1. Diagnóstico situacional.....	58
3.1.5.2. Evaluación de históricos.....	59
3.1.5.3. Evaluación de variabilidad de datos.....	60
3.1.5.4. Matriz de priorización.....	60
3.1.5.5. Diagrama de procesos.....	61
3.1.5.6. Diagramas de flujo.....	62
3.1.5.7. Cursograma analítico.....	62
3.1.5.8. Forecast (Proyección).....	63
3.1.5.9. Modelo de pronóstico suavizado exponencial.....	64
3.1.5.10. Modelo de pronóstico media móvil simple.....	65
3.1.6. Cuadro de actividades (matriz de operacionalización).....	65
3.1.7. Validación de la información.....	70
3.1.8. Validación de instrumentos.....	71
Capítulo IV: Diagnóstico de la situación actual.....	72
4.1. Diagnóstico de la situación actual.....	73
4.1.1. Definición de los KPI actuales.....	73

4.1.1.1. <i>Indicador de reprocesos.</i>	74
4.1.1.1.1. <i>Para qué sirve.</i>	74
4.1.1.1.2. <i>Estructura de medición.</i>	77
4.1.1.2. <i>Indicador de productividad.</i>	78
4.1.1.2.1. <i>Para qué sirve.</i>	79
4.1.1.2.2. <i>Estructura de medición.</i>	81
4.1.1.3. <i>Indicador de eficiencia.</i>	81
4.1.1.3.1. <i>Para qué sirve.</i>	81
4.1.1.3.2. <i>Estructura de medición.</i>	82
4.1.1.4. <i>Indicador de consumibles</i>	83
4.1.1.4.1. <i>Para qué sirve.</i>	83
4.1.1.4.2. <i>Estructura de medición.</i>	85
4.1.1.5. <i>Indicador de producción neta (Yield).</i>	85
4.1.1.5.1. <i>Para qué sirve.</i>	85
4.1.1.5.2. <i>Estructura de medición.</i>	88
4.1.2. <i>Revisión del historial de datos de cada KPI.</i>	89
4.1.2.1. <i>Histórico del KPI de reprocesos.</i>	89
4.1.2.2. <i>Histórico del KPI de productividad.</i>	91
4.1.2.3. <i>Histórico del KPI de eficiencia.</i>	92
4.1.2.4. <i>Histórico del KPI de consumibles.</i>	94

4.1.2.5. Histórico del KPI de producción neta (Yield).	95
Capítulo V: Criterios para analizar los KPI	97
5.1. Criterios para analizar los KPI	98
5.1.1. <i>Propuesta de criterios para evaluar los KPI</i>	98
5.1.2. <i>Evaluación de criterios en la matriz de priorización</i>	100
5.1.2.1. Estructura de la matriz de priorización	100
5.1.3. <i>Análisis de los KPI por criterio de evaluación</i>	108
5.1.3.1. KPI reprocesos.	108
5.1.3.1.1. Participación del colaborador.	108
5.1.3.1.2. Beneficios.	108
5.1.3.1.3. Relevante.....	109
5.1.3.1.4. Impacto económico.....	110
5.1.3.1.5. Clasificación del indicador.	110
5.1.3.2. KPI productividad.....	111
5.1.3.2.1. Participación del colaborador:	111
5.1.3.2.2. Beneficios.	112
5.1.3.2.3. Relevante.....	112
5.1.3.2.4. Impacto económico.....	113
5.1.3.2.5. Clasificación del indicador.	113
5.1.3.3. KPI consumibles	114

5.1.3.3.1. Participación del colaborador.	114
5.1.3.3.2. Beneficios.	115
5.1.3.3.3. Relevante.....	115
5.1.3.3.4. Impacto económico.	116
5.1.3.3.5. Clasificación del indicador.	116
5.1.3.4. KPI producción neta (<i>yield</i>).....	117
5.1.3.4.1. Participación del colaborador.	117
5.1.3.4.2. Beneficios.	117
5.1.3.4.3. Relevante.....	118
5.1.3.4.4. Impacto económico.	118
5.1.3.4.5. Clasificación del indicador.	119
5.1.3.5. KPI eficiencia.....	119
5.1.3.5.1. Participación del usuario.	119
5.1.3.5.2. Beneficios.	120
5.1.3.5.3. Relevante.....	120
5.1.3.5.4. Impacto económico.	120
5.1.3.5.1. Clasificación del indicador.	121
5.1.4. Categorización de los KPI.....	121
5.1.5. Encuesta sobre importancia de KPI.....	123
Capítulo VI: Capítulo: Implementación del sistema de monitoreo.	125

6.1. Implementación del sistema de monitoreo.....	126
<i>6.1.1. Sistema de monitoreo KPI reprocesos.....</i>	<i>126</i>
6.1.1.1. Implementación de mejoras KPI de reprocesos.....	127
6.1.1.1.1. Distribución.....	132
6.1.1.1.2. Reprocesos a través del tiempo.....	132
6.1.1.1.3. <i>Jobs</i> inspeccionados/Semáforo.	133
6.1.1.1.4. Acciones preventivas y correctivas.....	133
<i>6.1.2. Sistema de monitoreo KPI productividad.....</i>	<i>149</i>
6.1.2.1. Rediseño del KPI de productividad.	149
6.1.2.2. Acciones para mejorar la productividad.	155
<i>6.1.3. Propuesta de mejoras en el método de trabajo que favorezcan el rendimiento en el KPI de productividad.....</i>	<i>161</i>
6.1.3.1. Análisis del rendimiento de las operaciones del KPI de productividad.	169
6.1.3.2. Análisis de tiempos de las operaciones del KPI de productividad	174
6.1.3.3. Implementación de los nuevos tiempos estándar propuestos para el KPI de productividad.	180
6.1.3.4. Unificación de actividades en los números de parte.....	182
6.1.3.5. Cambios en los tiempos y actividades de los números de parte del indicador de productividad.....	183
6.1.3.5.1. Control de cambios en los números de parte del indicador de productividad.	190

Capítulo VII: Evaluación económica.....	192
7.1 Evaluación económica.....	193
7.1.1. <i>Análisis económico para el número de parte DWG006686</i>	193
7.1.1.1. Análisis de los costos actuales.	194
7.1.1.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.....	196
7.1.2. <i>Análisis económico para el numero de parte DWG006274-SUB</i>	197
7.1.2.1. Análisis de los costos actuales.	198
7.1.2.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.....	200
7.1.3. <i>Análisis económico para el número de parte DWG006697</i>	201
7.1.3.1. Análisis de los costos actuales.	202
7.1.3.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.....	204
7.1.4. <i>Análisis económico para el número de parte FAS005093</i>	205
7.1.4.1. Análisis de los costos actuales.	206
7.2. Costeo final de los números de parte	210
7.2.1. <i>Cambios en el costo de DWG006697</i>	210
7.2.2. <i>Cambios en el costo de FAS005093</i>	213
7.2.3. <i>Balance general entre DWG006697 y FAS005093</i>	215
7.3. Pronóstico de ventas.....	215
7.3.1. <i>Pronóstico para el número de parte DWG006697</i>	216
7.3.2. <i>Pronóstico para el número de parte FAS005093</i>	224

7.3.3 Comparación ventas reales y proyectadas.....	231
Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones	232
8.1. Conclusiones	233
8.2. Recomendaciones.....	235
9. Referencias.....	237

Lista de figuras

Figura 1. Productividad en Workhorse del CER	34
Figura 2. Reprocesos para la familia de Penumbra.....	74
Figura 3. Reprocesos para la familia de Workhorse	75
Figura 4. Reprocesos para la familia de B1	76
Figura 6. Eficiencia laboral en Workhorse	80
Figura 7. Eficiencia mensual promedio 2023	82
Figura 8. Gasto semanal asociado a la realización de las actividades	84
Figura 9. Producción neta general durante los meses de agosto-noviembre para Workhorse	86
Figura 10. Producción neta por <i>Job</i> registrado de sept-nov de 2023 para Workhorse	87
Figura 11. Cantidad de retrabajos en el año 2023.....	90
Figura 12. Productividad anual 2022 y 2023	91
Figura 13. Eficiencia promedio del año 2022 a 2023	93
Figura 14. Gasto en consumibles en los años 2022 y 2023	94
Figura 15. Producción neta diaria para Workhorse en 2023.....	96
Figura 16. KPI más importantes según el criterio de los miembros del Core team.....	124
Figura 17. Dashboard reestructurado del cuarto de Penumbra	129
Figura 18. Dashboard reestructurado del cuarto de Workhorse	130
Figura 19. Dashboard reestructurado del cuarto de B1.....	131
Figura 20. Promedio de reprocesos de Penumbra en el año 2023	134
Figura 21. Promedio de reprocesos de Workhorse en el año 2023.....	135
Figura 22. Promedio de reprocesos de B1 en el año 2023.....	136

Figura 23. KPI de productividad en el CER de penumbra	151
Figura 24. KPI de productividad en el CER de Workhouse.....	153
Figura 25. KPI de productividad en el CER B1.....	154
Figura 26. Simbología de diagramas de procesos.....	162
Figura 27. Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006274- SUB) indicador de productividad	170
Figura 28. Promedio de horas por colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006686) indicador de productividad	171
Figura 29. Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006697) indicador de productividad	172
Figura 30. Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (FAS005093) indicador de productividad	173
Figura 31. Comportamiento de las ventas según el historial del DWG006697.....	217
Figura 32. Modelo suavizado exponencial para DWG006697.....	221
Figura 33. Modelo promedio móvil simple para DWG006697.....	223
Figura 34. Comportamiento de las ventas según el historial del FAS00509	225
Figura 35. Modelo suavizado exponencial para FAS00509	228
Figura 36. Modelo promedio móvil simple para FAS00509	230

Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades para el proyecto	37
Tabla 2. Matriz metodológica	39
Tabla 3. Matriz de operaciones	65
Tabla 4. Base de datos de la familia de Workhorse	78
Tabla 5. Base de datos del KPI producción neta	88
Tabla 6. Propuesta de criterios para evaluar cada indicador	99
Tabla 7. Definición de los puntajes de la relación criterio-KPI	102
Tabla 8. Matriz de ponderación de los criterios de evaluación	104
Tabla 9. Resumen de la clasificación de los cinco KPIS	122
Tabla 10. Acciones preventivas y correctivas para Penumbra del indicador de reprocesos	137
Tabla 11. Acciones preventivas y correctivas para Workhorse del indicador de reprocesos	141
Tabla 12. Acciones preventivas y correctivas para B1 del indicador de reprocesos	145
Tabla 13. Acciones correctivas para aumentar la productividad cuando se encuentra en condición roja en el indicador de productividad	156
Tabla 14. Acciones correctivas para aumentar la productividad en condición amarilla en el indicador de productividad	158
Tabla 15. Acciones correctivas para aumentar la productividad cuando se encuentra en condición verde en el indicador de productividad	159
Tabla 16. Cursograma analítico del número de parte DWG006686 del indicador de productividad	163

Tabla 17. Cursograma analítico del número de parte DWG006697 del indicador de productividad	164
Tabla 18. Cursograma analítico del número de parte DWG006274-SUB del indicador de productividad	165
Tabla 19. Cursograma analítico del número de parte FAS005093 del indicador de productividad	168
Tabla 20. Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006686 del indicador de productividad	175
Tabla 21. Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006697 del indicador de productividad	177
Tabla 22. Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006274-SUB del indicador de productividad.....	178
Tabla 23. Tiempos estándar de las actividades del proceso FAS005093 del indicador de productividad	179
Tabla 24. Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006686 del indicador de productividad.....	184
Tabla 25. Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006697 del indicador de productividad.....	185
Tabla 26. Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006274-SUB del indicador de productividad	187
Tabla 27. Cursograma analítico mejorado del número de parte FAS005093 del indicador de productividad.....	189
Tabla 28. Control de cambios de cada número de parte	190

Tabla 29. Costos actuales para el número de parte DWG006686	194
Tabla 30. Costo de los materiales para el número de parte DWG006686	195
Tabla 31. Costos para el número de parte DWG006686 con la mejora implementada..	196
Tabla 32. Tabla de resumen de costo actual versus propuesto	197
Tabla 33. Costos actuales para el número de parte DWG006274-SUB	198
Tabla 34. Costo de los materiales para el numero de parte DWG006274-SUB.....	199
Tabla 35. Costos para el número de parte con la mejora implementada	200
Tabla 36. Tabla de resumen de costo actual versus propuesto	201
Tabla 37. Costos actuales para el número de parte DWG006697	202
Tabla 38. Costo de los materiales para el número de parte DWG006697	203
Tabla 39. Costos para el número de parte con la mejora implementada	204
Tabla 40. Tabla de resumen de costo actual versus propuesto para DWG006697	205
Tabla 41. Costos actuales para el número de parte FAS005093.....	206
Tabla 42. Costo de los materiales para el número de parte FAS005093	207
Tabla 43. Costos para el número de parte FAS005093 con la mejora implementada	208
Tabla 44. Tabla de resumen de costo actual versus propuesto para FAS005093	209
Tabla 45. Ahorro mensual del DWG006697 según la demanda de 2019 a 2023	210
Tabla 46. Incremento mensual del FAS005093 según la demanda de 2019 a 2023	213
Tabla 47. Impacto total de las mejoras en el periodo de 2019 a 2024	215
Tabla 48. Análisis de regresión para el número de parte DWG006697	218
Tabla 49. Cálculo del pronóstico con el suavizado exponencial para DWG006697	219
Tabla 50. Cálculo del pronóstico con el promedio móvil simple para DWG006697	221
Tabla 51. Análisis de regresión para el número de parte FAS00509.....	225

Tabla 52. Cálculo del pronóstico con el suavizado exponencial para FAS00509	226
Tabla 53. Cálculo del pronóstico con el promedio móvil simple para FAS00509	228
Tabla 54. Ventas reales y proyectadas de enero de 2024 para los números de parte DWG006697 y FAS005093.....	231

Lista de apéndices

11. Apéndices.....	245
Apéndice A. Constancia de proyecto universitario	245
Apéndice B. Formato cambio de tiempo estándar (Ron Rei) (1).....	246
Apéndice C. Formato cambio de tiempo estándar (Ron Rei) (2).....	247

Lista de anexos

12. Anexos	248
Anexo A. Definición de criterios del KPI de reprocesos	248
Anexo B. Definición de criterios del KPI de productividad	249
Anexo C. Definición de criterios del KPI de consumibles	250
Anexo D. Definición de criterios del KPI de producción neta (<i>yield</i>)	251
Anexo E. Definición de criterios del KPI de eficiencia	252
Anexo F. Evaluación de la validación y solicitud de cambio (VACR) para los números de parte bajo estudio (1)	253
Anexo G. Evaluación de la validación y solicitud de cambio (VACR) para los números de parte bajo estudio (2)	254
Anexo H. Carta del tutor	255
Anexo I. Carta del lector	256
Anexo J. Carta de la filóloga	257
Anexo J. Boleta de Autorización de uso	258

Lista de acrónimos

TFG Trabajo final de graduación

KPI Key Performance Indicator

Indicador clave de rendimiento

CER: Clean Environment Room

Cuartos de Ambiente Controlado

MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina

VACR: Validation Assessment and Change Request

Evaluación de la validación y solicitud de cambio

MAE: Mean Absolute Error

Error absoluto medio

Capítulo I: Introducción

1.1. Introducción

MediTech es una empresa reconocida a nivel mundial por su experiencia en soluciones de conectividad y sensores. Sin embargo, para mantener su posición de liderazgo, es esencial buscar constantemente formas de optimizar los procesos y mejorar la eficiencia en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) con respecto a la productividad que miden los indicadores de esta zona. Esto se hace en cada uno de los procesos que se realizan para lograr la pieza llamada vértigo, la cual es una parte fundamental de productos tales como catéteres. Por ello, el diseño de un sistema de monitoreo de productividad basada en indicadores tiene como objetivo medir, controlar y aplicar acciones correctivas y preventivas, para la correcta toma de decisiones y, con esto, proponer mejoras en los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) que lo requieran, durante el período de 2023 a 2024. Esto es una iniciativa crucial para el crecimiento y el éxito de la organización en un mercado competitivo y en constante evolución.

Para lograr este progreso con el sistema que se desea implementar, el monitoreo de la productividad juega un papel crítico en la producción de las piezas de alta calidad, como las elaboradas en MediTech. El proceso de producción de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) requiere un sistema de monitoreo que implique identificar áreas de oportunidad, establecer metas claras y desarrollar estrategias específicas para maximizar la productividad durante el periodo de 2023 a 2024. Esto puede incluir la implementación de acciones innovadoras para mitigar bajos resultados medidos por los indicadores, optimización de los procedimientos de producción, implementación de nuevos indicadores y el rediseño de los ya establecidos en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Además, es esencial realizar un análisis de los indicadores clave de rendimiento (KPI) existentes y los que se desean implementar, para evaluar el progreso y asegurar que las medidas aplicadas están teniendo el impacto deseado. Esto implica establecer métricas específicas relacionadas con la productividad, como son todos aquellos elementos que sean indispensables para la correcta toma de decisiones.

1.2. Justificación

El monitoreo de procesos es esencial para cualquier empresa u organización, ya que impacta positivamente en la eficiencia, rentabilidad y productividad. Un adecuado sistema de medición permite que la empresa lleve un control y seguimiento apropiado en cada uno de sus procesos, lo cual es importante para que la productividad no se vea afectada. Para el área de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de MediTech, medir sus procesos es importante para controlar, y, por ende, establecer de acuerdo con los datos registrados por cada KPI cuánto ha mejorado la productividad en cada una de las actividades.

Este proyecto se enfoca en la planificación y optimización de plantas productivas, así como en la gestión de sistemas modernos de manufactura. La disposición para innovar y aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera será fundamental para identificar oportunidades de mejora y aplicar métodos efectivos que impulsen la productividad con esta propuesta.

En resumen, el objetivo principal es diseñar e integrar un sistema de monitoreo enfocado en la productividad, en el cual se pueda implementar el conocimiento teórico, las habilidades prácticas y la actitud profesional para proponer soluciones eficientes que contribuyan al desarrollo y éxito en cada uno de los procesos del Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de MediTech.

Este enfoque integral permitirá reestructurar y ampliar las prácticas actuales para lograr mejoras significativas en la productividad y la eficiencia de dicha área.

1.3. Área y línea de investigación

1.3.1. Área

El área en la que se va a enfocar la investigación es la de operaciones industriales, ya que, de acuerdo con la temática del proyecto, lo que se busca medir, controlar y mejorar es la productividad de los procesos que se realizan en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de MediTech, lo cual va ligado con la línea de investigación seleccionada.

1.3.1. Línea de investigación

La línea de investigación seleccionada para el proyecto es un sistema de mejora de eficiencia, eficacia y efectividad de operaciones industriales, pues lo que se busca lograr con el sistema de monitoreo es un control adecuado, el cual vaya enfocado en la productividad de cada uno de los procesos ligados a los KPI bajo estudio del (CER).

1.4. Situación actual del conocimiento del tema (Estado de la cuestión)

Es de interés detallar que se realizó una revisión de literatura en el buscador de la biblioteca virtual de la Universidad Técnica Nacional, donde se usaron principalmente bases de datos como: Dialnet, EBSCO y DOAJ. Se hallaron diferentes documentos de varias regiones del planeta relacionados al proyecto ; como Europa, Latinoamérica y a nivel nacional (Costa Rica). Con el propósito de adquirir más conocimientos sobre la temática propuesta, además de servir como guía, para la realización del TFG, permitiendo abordar de mejor manera el tema con criterios ya fundamentados en otros estudios.

Además, con estas investigaciones, es posible destacar que existe información o estudios relacionados al tema por desarrollar, las cuales se presentarán de forma detallada cada una de las fuentes, tanto nacionales como internacionales. Esto resulta relevante, ya que proporcionan conceptos e información necesarios para el TFG.

Como primera instancia, los autores Gisbert et al. (2018) plantean una investigación acerca del empleo de la metodología Six Sigma, y a su vez, comparando los ciclos de mejora continua de PDCA y DMAIC. Lo que hacen a lo largo del artículo es establecer la definición de cada una de las herramientas de mejora continua, donde controlan, miden y mejoran la productividad, y, por ende, la productividad de los colaboradores. Además, plantea cuáles son los beneficios de implementarla en la organización, es decir, explican en qué consisten las herramientas y brindan los pros de utilizarlas en la empresa.

Estas herramientas propician una gran cantidad de formas de alcanzar esas ventajas al implementar estas metodologías, pues, según lo que establecen Gisbert et al. (2018), “existen numerosos métodos orientados al monitoreo de los procesos, de los cuales, resaltan métodos japoneses caracterizados por los resultados que estos ofrecen”. (p. 11)

Es decir, este artículo se vincula con el tema de investigación, ya que posee herramientas o procesos de mejora, que son aplicadas a cada uno de los procesos ligados con los KPI bajo estudio del (CER) y la productividad que se quiere mejorar con los cambios que se desean proponer. Además, tratan metodologías importantes como lo son: la metodología Six Sigma, los ciclos PDCA y DMAIC. Si bien es cierto la investigación no irá dirigida específicamente a una mejora continua, sino a medir y controlar la productividad, tienen como objetivo en común mejorar la eficiencia en cada uno de los procesos que se estén controlando.

En otras investigaciones halladas –las cuales consisten básicamente en un estudio de caso a los colaboradores de varias empresas médicas–, se implementa una especie de taxonomía de diferentes elementos del factor humano, estableciendo aquellas variantes que generan las fallas o defectos en los productos médicos, y, por ende, afecten su calidad (Carrillo et al., 2021). Por ello, a través de la implementación de varias etapas de seguimiento donde a cada colaborador se le analiza el conocimiento que posee en realizar cada actividad, se establece cuál es el nivel de rendimiento y fallas que tiene al momento de ejecutar las actividades de la elaboración del producto médico.

Para detectar todos aquellos elementos que generan problemas en la calidad del producto final en cada una de las empresas médicas analizadas, se creó una metodología para analizar y darle una solución a dicho inconveniente. Como lo mencionan los autores Carrillo et al. (2021), se busca “desarrollar una taxonomía para ser utilizada por los grupos de producción y calidad, para identificar y clasificar las causas de los errores humanos que afectan la calidad del producto” (p. 82). Al implementar una estrategia de seguimiento y solución al problema, se puede detectar cuáles son aquellas variables que están alterando la producción del producto, y, por ende, la calidad final de este.

El anterior caso de estudio se asocia bastante al tema del TFG, porque se realiza un seguimiento a varias empresas médicas, donde se implementa una estrategia de evaluación y control del proceso productivo de los productos, para analizar cuáles son aquellos elementos que están alterando la calidad final del producto, y, por ende, implementar una solución, con lo cual se logra una mejora en el proceso de producción y en la productividad del área analizada, al mantener un control y seguimiento constante de los elementos que no agregan valor al producto final.

Se hallaron, además, estudios de la región europea, los cuales se consideran fundamentales y se mencionan en un breve artículo de una empresa médica (Siemens Healthineers) estableciendo los factores que se implementaron a nivel organizacional para alcanzar un cambio positivo, los cuales resultaron correctos, pues mejoró la productividad y aumentaron los ingresos no solo en un sector de la empresa, sino en toda la estructura de esta. Se llegó a tomar decisiones con respecto a las ideas de todos los niveles organizacionales y siempre teniendo presente elementos como el costo, la calidad y la efectividad de la producción de los productos.

Para alcanzar esa calidad y efectividad en los productos de una empresa médica, Househ (2018) propone una estrategia diferente pero efectiva: “tomamos la decisión de cambiar a un enfoque mucho más ágil, de alto riesgo y alta recompensa, centrándonos en la productividad y los ingresos” (p. 1). Esto quiere decir que la estrategia o método de mejora que realicen en otras compañías no necesariamente funcione para todas.

La investigación y solución realizada en el artículo se vincula con la temática que se desea desarrollar en el TFG, ya que la forma en que se logró un incremento en la productividad y un aumento de la utilidad de la empresa médica Siemens Healthineers fue gracias a la implementación de herramientas ingenieriles y un control adecuado de cada una de las acciones implementadas,

las cuales van de la mano de una correcta toma de decisiones con respecto a los resultados que se obtuvieron, para favorecer la correcta operación de cada una de las actividades de la empresa. Esto es una forma de abordar una problemática a nivel organizacional, pues optimiza cada área de la empresa utilizando diversas metodologías un poco diferentes, como lo es el *benchmarking*, pero alcanzando una solución y mejora, con lo cual se logra que la productividad no se vea afectada gracias al seguimiento de los resultados que arrojan los indicadores de las herramientas implementadas.

Por otro lado, los autores Garces et al. (2021) realizaron una investigación en Ecuador, la cual se centra en la mejora de los procesos y la gestión de calidad, implementando herramientas que faciliten identificar los procesos que no generan valor a la compañía para posteriormente optimizarlos, siempre con el objetivo de mantener una mejora continua que les permita ser más eficientes y competitivos y manteniendo un control de los resultados de las acciones implementadas.

En cuanto a lo anterior, los autores Garces et al. (2021) establecen que “Mediante la metodología se evalúan cada una de las actividades que se llevan dentro de los procesos, a fin de determinar cuáles de estas son las que están generando valor agregado, y así poder modificar o reestructurar los procesos”. (p. 123)

Esta metodología propuesta por los autores Garces et al. (2021) tiene una visión similar al objetivo del proyecto, ya que en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) existen algunos procesos que no tienen ningún valor añadido al producto, y puede reflejarse en bajos niveles del aprovechamiento de la materia prima en el área. Por lo tanto, es conveniente optimizarlos y controlarlos mediante un sistema de monitoreo a través de KPI. Además, existen varias mejoras que se pueden ver reflejadas en acciones que permitan prevenir o corregir una determinada

circunstancia, dependiendo de los resultados que arrojen los indicadores bajo estudio. Por otro lado, este artículo brinda una orientación sobre cómo se debe realizar una investigación adecuada para encontrar los procesos que pueden ser abordados para alcanzar una mejora en estos.

Por otro lado, los autores Farré et al. (2021) realizaron un estudio en Argentina en el cual buscaban reducir la capacidad ociosa de la empresa de estudio, una empresa con variedad de productos que se encuentra operando con desaprovechamiento de la capacidad productiva. Además, se enfocan en proyectos que maximicen la utilidad, de tal forma que al convertir las actividades ociosas que no generan ningún valor, en procesos más eficientes, esto permite a la compañía obtener mayores utilidades y una participación en el mercado superior.

Con base en lo anterior, los autores Farré et al. (2021) mencionan que “de una porción de lo ahorrado en los proyectos de optimización de costos variables permite obtener el triple objetivo de maximización de utilidades, aprovechamiento de la capacidad ociosa y aumento de participación de mercado”. (p. 105)

El tema investigado tiene un aporte bastante enriquecedor, debido a que se asocia con el análisis económico que se quiere realizar en el TFG, donde se busca analizar el impacto que tendría al implementar las acciones correctivas en los procesos de los KPI bajo estudio. Además, es importante mencionar que existen algunas actividades que son oportunidades de mejora y que pueden ser perfeccionadas mediante la propuesta de la investigación, de tal forma que al monitorear y darle un seguimiento adecuado a esas actividades la productividad se vea aumentada.

Por otro lado, Muñoz (2017) realizó un análisis sobre cuáles eran las empresas médicas a nivel nacional que posean o utilicen técnicas de caracterización superficial química, la cual ayuda a evaluar el estado cualitativo y cuantitativo de la superficie donde se operen los componentes

médicos, lo que evita la contaminación del producto por una bacteria, y, por ende, tener que desecharlo y ocasionar un mayor costo para la empresa.

Para evitar ese aumento de los costos por un desperdicio de un producto contaminado, el Muñoz (2017) plantea que “el desarrollo de nuevos materiales, la investigación y controles de calidad en fabricación se ven limitados en Costa Rica, y no logran suplir las necesidades del sector productivo debido a la falta de equipo” (p. 93). Por ello, la implementación de las técnicas de caracterización superficial química es una forma de mitigar esta problemática que tienen muchas empresas médicas situadas en Costa Rica.

El anterior estudio realizado por Muñoz (2017) permite establecer una mecánica de mejora y de control, ya que se busca analizar cuáles son aquellas organizaciones que poseen un correcto procedimiento en sus procesos de producción, tomando en cuenta la higiene de cada área, como es el caso de la materia prima y los productos que se manejan en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). A su vez, en aquellas áreas que presenten deficiencias, se pueden implementar las técnicas de caracterización superficial química, para ayudar a mitigar este problema y darle una solución. Esto es lo que se busca con la temática del TFG, pues se pretende mejorar las condiciones de monitoreo con respecto a la productividad con cada uno de los indicadores del sistema por implementar.

Con investigaciones relacionadas al análisis de indicadores, los autores Kang et al. (2016) plantearon un estudio sobre la jerarquización de indicadores de desempeño para el control y el correcto desempeño de cada una de las actividades realizadas en un sistema de producción, en un mundo que es cada vez competitivo en cada una de las áreas productivas. Esto se evidencia en la siguiente cita:

La industria manufacturera moderna es cada vez más competitiva. Para cumplir con los rápidamente cambiantes y diversas demandas de los clientes, las empresas manufactureras tienen que lograr y mantener una alta productividad y calidad, con rápida respuesta, flexibilidad suficiente y plazos de entrega cortos. (p. 4)

Para mantener esa alta productividad en una empresa, además de implementar procesos estandarizados, se requiere llevar un correcto seguimiento de cada una de las actividades y procesos de la organización. Esto es un claro ejemplo de que una correcta implementación de herramientas que mejoren los resultados de la empresa permite llevar un control de cada uno de los resultados que arrojan los KPI.

Por otro lado, Wang y Zhou (2021) proponen en su investigación la importancia que tienen los indicadores de rendimiento para llevar un correcto desempeño de las diferentes funciones de una empresa. Esto se refleja en lo que mencionan los autores seguidamente:

El modelado y control de indicadores clave de rendimiento (KPI) es importante para el diseño y operación eficientes de sistemas complejos de producción manufacturera. El método propuesto es eficiente en el control de KPI y el desempeño es robusto a la función de costos. (p. 1)

Como se puede apreciar en el apartado anterior, Wang y Zhou (2021) mencionan que mantener un seguimiento y control de los indicadores implementados en la organización es de vital importancia, dado que esto permite llevar un monitoreo en los resultados y verificar cuánto han cambiado. Esto se quiere lograr con la propuesta del TFG, pues se busca crear un sistema de monitoreo completo, el cual integre todos los KPI que mejor se adapten para medir la productividad de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) y establecer las medidas correctivas,

si fuera que no se presentan los resultados esperados en los indicadores, o en los procesos que lo requieran.

Por otro lado, resulta relevante tener en cuenta los modelos jerárquicos en las empresas, ya que registran las acciones y los procesos que en ellas se realicen, como son los diferentes resultados de rendimiento de los colaboradores. Esta importancia la destacan los autores Latorre et al. (2010) en su investigación, donde mencionan:

El desarrollo de un modelo de jerarquía de KPI que permitirá contextualizar los KPIs y permita tener en cuenta todos los objetivos relevantes. Después de un análisis crítico, redefinición y recategorización de Indicadores Críticos de Desempeño (KPI) y su alcance de acuerdo con su uso como herramienta en línea para la administración y el monitoreo.
(p. 3)

Como reflejan los autores, resulta indispensable administrar los indicadores, si se quiere que la empresa opere de la mejor manera. Esto se logra teniendo los indicadores específicos, para mantener un control y analizar constantemente los resultados que arrojan, pues pueden ser beneficiosos o desfavorables para la empresa.

Por otra parte, el estudio realizado en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) de Argentina durante el 2012 a 2014 fue clave para determinar si los proyectos implementados fueron adecuados para la población bajo estudio. El trabajo consistió en un diseño y validación de los indicadores para sistemas de gestión de calidad, debido a que el ministerio ejecutaba diferentes proyectos en la población y no contaba con indicadores técnicos adecuados que aseguraran la validación de estos. Es por ello que vio la necesidad de realizar un sistema de indicadores para conocer si verdaderamente los proyectos ejecutados por el ministerio estaban presentando impactos positivos en la población bajo

estudio. Esto se evidencia en lo que el autor Alderete (2014) señala. El objetivo del trabajo realizado fue diseñar y validar los indicadores de calidad que el ex - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) utilizaría para medir el grado de implementación de sistemas de calidad en grupos de productores/ elaboradores de alimentos. (p.44)

Como se puede apreciar en la cita anterior, una validación de los indicadores es oportuna para determinar si los proyectos implementados en una población son de calidad y están beneficiando a la población. Esta investigación nos da un aporte importante al desarrollo del TFG en estudio, pues se desea implementar un sistema en los indicadores de la empresa MediTech para determinar oportunidades de mejora en los procesos que se llevan a cabo y proponer alternativas que mejoren la productividad.

En otra investigación realizada por los autores Galviz et al. (2022) en una industria textil en Colombia, plantean la importancia de los sistemas de indicadores en las PYMES para la correcta toma de decisiones y la importancia de aplicarlos correctamente de manera que los resultados arrojados sean veraces y, por ende, las acciones tomadas con base en estos dirijan a la empresa por buen camino. No obstante, se menciona que de cada 10 PYMES solamente 3 continúan en marcha después de un tiempo, y esto se debe en gran medida a la falta de un sistema adecuado de indicadores que analice los resultados que se obtienen y que ayude en la toma de decisiones a futuro. Como mencionan los autores Galviz et al. (2022):

Un SI es el conjunto de indicadores similares que al complementarse propician información más oportuna, exacta, sobre el diagnóstico de la organización y generan mayor predicción de los hechos ocurridos en el corto, mediano y largo plazo para la toma de decisiones más acertadas. (p. 444)

Es decir, las empresas que no cuentan con un sistema de indicadores adecuado tienen una gran posibilidad de fracasar debido a que no tienen fundamentos robustos basados en datos para tomar decisiones importantes sobre el rumbo que tomará la empresa. Esto deja en evidencia que el estudio por realizar sobre el análisis de los indicadores es una buena técnica para detectar oportunidades de mejora en la empresa y, con ello, lograr la toma de decisiones importantes que beneficien la operatividad de la compañía.

1.5. Balance del apartado

Al realizar una revisión bibliográfica relacionada con los sistemas de monitoreos de KPI, se puede evidenciar que hay calidad y relevancia de las fuentes bibliográficas utilizadas; además de presentar confiabilidad y estar actualizadas, como lo fueron artículos académicos, libros, informes de investigación o publicaciones de organismos reconocidos. Se abarcaron diferentes perspectivas relacionadas al monitoreo de la productividad.

Es importante mencionar que las fuentes consultadas muestran información actualizada y veraz. A su vez, en las diversas perspectivas abarcadas, se integran herramientas que se complementan con el área de los indicadores de rendimiento. Cada documento fue sometido a un análisis crítico, donde se evaluaron ideas principales, fortalezas y limitaciones. En resumen, la revisión bibliográfica destaca la calidad de las fuentes y la variedad de temas relevantes para la optimización de procesos.

1.6. Problematización

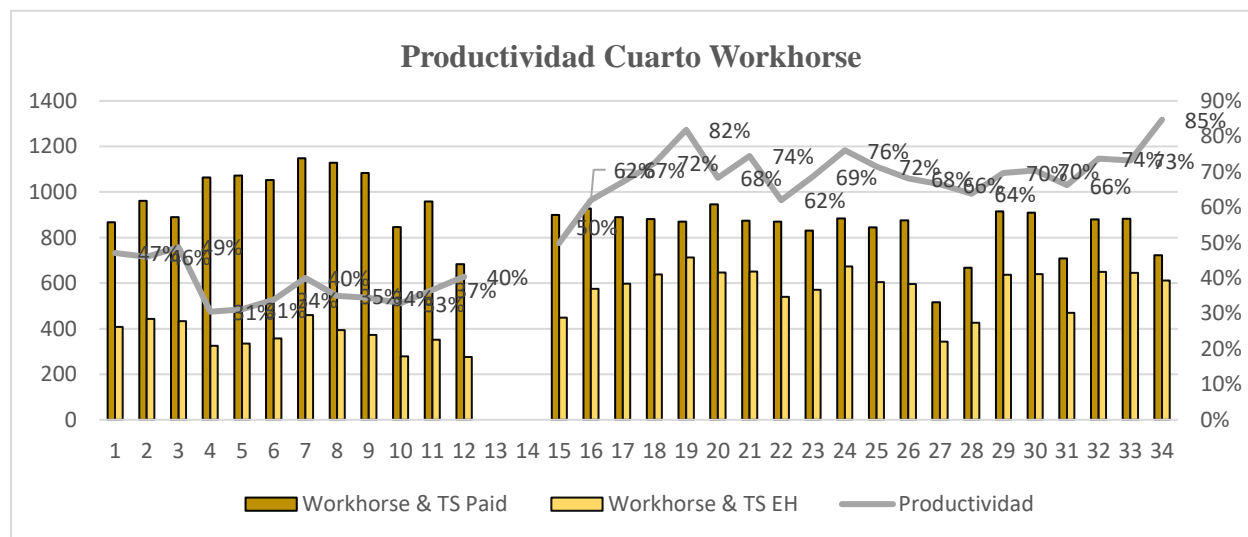
En las empresas de manufactura es de suma importancia que se utilicen sistemas de monitoreo de indicadores; de hecho, en la actualidad, se considera prácticamente obligatorio que

una organización productora cuenta con control de rendimiento de cada uno de sus procedimientos. Sin embargo, también es importante destacar que la herramienta o los indicadores sean los correctos para controlar, medir y analizar cada uno de los resultados para la correcta toma de decisiones.

En la empresa MediTech, y principalmente en el Cuartos de Ambiente Controlado (CER), se tienen indicadores que miden ciertas actividades o procesos. Sin embargo, estos KPI presentan oportunidades de mejora, ya que cumplen su papel primordial, a saber, medir la variable en específico. No obstante, en muchas ocasiones arrojan resultados que pueden ser negativos para la empresa, como es el indicador de productividad, en el cual sí monitorea esta variable, pero no se presentan acciones que puedan corregir o prevenir dicha situación.

Figura 1

Productividad en Workhorse del CER



Fuente: Elaboración propia con la data de productividad del cuarto Workhorse.

La situación mencionada aparece en la Figura 1, donde se puede apreciar tanto las horas pagadas, como las horas ganadas, además del porcentaje de productividad que se ha alcanzado por semana al año. Se puede visualizar que el porcentaje de productividad es muy fluctuante, presentando bajones en las primeras semanas, por lo cual es imprescindible realizar un análisis en los procesos que recopila este indicador para detectar oportunidades de mejora y, por ende, implementar las acciones correspondientes para ser aplicadas, y con esto analizar el impacto que tendrá en el CER.

Sin embargo, los resultados que arrojan estos KPI son solo presentados a los altos mandos, pero no se realizan las acciones pertinentes para corregirlos o prevenir dicha situación, Además, es importante mencionar que hay oportunidades de mejora en términos de productividad en los KPI que están establecidos en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), es decir, pueden ser evaluados para analizar si se requiere un rediseño en su estructura de medición, en el apartado tanto de la visualización de los datos como las acciones preventivas y correctivas que se propondrán para solventar resultados no tan favorables.

En los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) se carece de un sistema actualizado que logre monitorear de forma adecuada las operaciones que tienen ligadas cada indicador, lo cual dificulta la correcta toma de decisiones de la empresa. Así, el rediseño y la implementación de acciones que ayuden a corregir todas aquellas disconformidades que se vean reflejadas en los resultados medidos por los KPI establecidos podrán mejorar tanto la productividad como la parte económica de MediTech.

Tomando en cuenta la información anterior, se procede a definir la siguiente pregunta problema:

1.6.1. Pregunta problema

¿Cuáles son aquellos indicadores de la empresa MediTech que pueden ser analizados e implementados en el sistema de monitoreo para detectar las oportunidades de mejora que puedan ayudar a aumentar la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER)?

1.6.2. Alcances

La investigación busca analizar las oportunidades de mejora en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). Para lograrlo, se llevará a cabo un análisis de la situación actual de los indicadores, examinando si presentan oportunidades de mejora para abordarlas en la medida de lo posible. Por otro lado, se evaluarán los procesos relacionados con los KPI que serán implementados en el sistema de monitoreo, para determinar aquellas actividades que presentan valor para el proceso y, por ende, para el CER. Además, se busca proponer acciones que ayuden a corregir o prevenir los posibles resultados ineficientes medidos por los indicadores y evaluar si se puede implementar de forma oficial dicha propuesta para ser usada en la toma de decisiones con respecto a los resultados medidos por el sistema de monitoreo.

1.6.3. Limitaciones

Es importante destacar que este proyecto presenta ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta, como son las que se presentan a continuación:

1. Tiempo de implementación: las propuestas pueden requerir un tiempo significativo para su implementación y adopción por parte del personal.

2. Limitaciones regulatorias y de calidad: los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) deben cumplir con las regulaciones y estándares de calidad aplicables a la industria de dispositivos médicos. Cualquier cambio o propuesta debe tener en cuenta las limitaciones y asegurar el cumplimiento de las normativas correspondientes.

1.6.4. Temporalidad

En este proyecto, se plantea una duración para la respectiva redacción y toma de los datos donde se abarque el periodo del año 2023 (iniciando en el mes de septiembre) a 2024 (a medio año aproximadamente). Cabe aclarar que el capítulo introductorio, el marco teórico y el metodológico se realizaron durante el año 2023, mientras que la toma de datos y ejecución de la propuesta de la investigación se realizará finalizando 2023 y durante 2024.

Tabla 1

Cronograma de actividades para el proyecto

Cronograma de actividades para la ejecución de la propuesta
1. Análisis de indicadores: Octubre - noviembre 2023
2. Evaluación de oportunidades de mejora: noviembre – diciembre 2023
3. Propuestas de indicadores – enero 2023 a 2024
4. Evaluación de resultados: febrero – marzo 2024

5. Redacción del informe final: abril – septiembre 2024
6. Presentación y defensa del trabajo: octubre 2024

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que las fechas y duración de cada etapa pueden variar dependiendo de los recursos disponibles y la complejidad de las mejoras propuestas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de monitoreo de los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) en la empresa MediTech, con un enfoque en la medición de la productividad mediante indicadores reestructurados.

1.7.2. Objetivos específicos

- Evaluar los indicadores actuales del departamento que mejor se adapten a la meta de la productividad del CER, identificando oportunidades de mejora en cada uno de los KPI.
- Elaborar alternativas de mejoras en los indicadores seleccionados, proporcionando la información necesaria para la correcta toma de decisiones mediante un *dashboard* rediseñado que permita el control y la visualización de sus resultados.

- Analizar el impacto de los costos asociados a las mejoras propuestas en los procesos, estableciendo una alternativa económica para la organización de acuerdo con los cambios realizados.

1.8. Matriz metodológica

A continuación, se muestra la matriz de métodos utilizada, la cual resume la información del proyecto, como son los siguientes apartados:

Tabla 2

Matriz metodológica

Título	Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Pregunta
---------------	-----------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------

<p>Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024.</p>	<p>Realizar un monitoreo por medio de indicadores para determinar cuáles son las oportunidades de mejora en la empresa MediTech e implementar acciones que mejoren la productividad mediante el sistema de monitoreo.</p>	<p>Diseñar un sistema de monitoreo de los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) en la empresa MediTech, con un enfoque en la medición de la productividad mediante indicadores reestructurados.</p>	<p>1. Evaluar los indicadores actuales del departamento que mejor se adapten a la meta de la productividad del CER, identificando oportunidades de mejora en cada uno de los KPI.</p> <p>2. Elaborar alternativas de mejoras en los indicadores seleccionados, proporcionando la información necesaria para la correcta toma de decisiones mediante un <i>dashboard</i> rediseñado que permita el control y la</p>	<p>¿Cuáles son aquellos indicadores de la empresa MediTech que pueden ser analizados e implementados en el sistema de monitoreo para detectar las oportunidades de mejora que ayudarán a aumentar la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER)?</p>
---	---	--	--	---

			<p>visualización de sus resultados.</p> <p>3. Analizar el impacto de los costos asociados a las mejoras propuestas en los procesos, estableciendo una alternativa económica para la organización de acuerdo con los cambios realizados.</p>	
--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Marco teórico

El marco teórico es un aspecto muy importante, ya que es una parte fundamental en cualquier investigación y que contiene una serie de conceptos claves que incorpora el estudio realizado. Los términos por utilizar son los que harán que el contenido redactado en el proyecto sea más sustentable en la información, como lo menciona Gonzalo (2021) en la siguiente cita:

El marco teórico, como cuerpo conceptual, establece el sustento de los objetivos y las hipótesis planteadas por la investigación, transformándose en un tipo de paraguas epistemológico que define la posición del autor en el campus del debate. En términos más específicos, identificar con precisión el nivel de abstracción de la teoría seleccionada aportará luces del alcance y el marco metodológico del estudio. (p. 1)

El marco teórico es de suma importancia, pues cada concepto desempeña un papel esencial en la investigación. Es decir, entre mejor estén fundamentados teóricamente los conceptos utilizados en el desarrollo del documento, mejor análisis y comprensión generarán al momento de ser redactados. A continuación, se presentan los diferentes conceptos utilizados en el proyecto.

2.1.1. Investigación de operaciones

La investigación de operaciones es una disciplina que se enfoca en el uso de técnicas analíticas y cuantitativas para resolver problemas complejos en la toma de decisiones en organizaciones. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia y la efectividad de los procesos y sistemas, al tiempo que se optimizan los recursos disponibles. Este concepto se ve presente en cualquier elemento que se quiere analizar y establecer una posible solución a los problemas que se presenten, como lo menciona Francisco (s. f.) en el siguiente texto.

La investigación de operaciones utiliza el enfoque planeado (método científico) y un grupo interdisciplinario a fin de representar las complicadas relaciones funcionales como modelos matemáticos para suministrar una base cuantitativa para la toma de decisiones y descubrir nuevos problemas para su análisis cuantitativo. (p. 182)

Es decir, la investigación de operaciones es una metodología esencial para analizar los elementos dentro de una organización que presentan problemas o disconformidades, y, por ende, estos deban ser mejorados a través del análisis y e implementar una correcta solución.

2.1.2. Industria médica

Para comprender mejor la industria médica, se puede entender como toda aquella empresa o institución que se dedica a fabricar dispositivos que serán utilizados para la salud de las personas, ya sea para realizar una operación o bien adaptar algún dispositivo al cuerpo humano. Sin embargo, si observamos la definición que propone Bretaña (2020) la establece como “un sector empresarial dedicado a la investigación, el desarrollo, la producción y comercialización de una amplia gama de productos para la salud”. (p.9)

Este concepto tiene una relación directa con el proyecto, debido a que la empresa MediTech se dedica a la fabricación de distintos dispositivos médicos. Por lo tanto, es de vital importancia conocer el concepto a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

2.1.3. Sistema de monitoreo

Un sistema de monitoreo es una herramienta muy útil que puede ayudar a mantener controlada una o varias variables de interés y ayuda a mejorar diversos aspectos en los procesos. Esto se puede evidenciar en lo que mencionan los autores Hecker et al. (2012): “el monitoreo y

control de los procesos pueden mejorar considerablemente la calidad de los productos producidos y al mismo tiempo derivar en una reducción de los costos de producción”. (p. 1)

Es decir, es una excelente herramienta de gestión, la cual se acopla bien para el control de los indicadores que se desean mejorar, o los que se quieren proponer para el área de cuartos limpios de la empresa MediTech.

2.1.4. *Proceso*

Los procesos consisten en una serie de actividades o pasos que se relacionan entre sí y se ejecutan de manera sistemática con el fin de alcanzar un objetivo específico. Estos pueden ser aplicados en una amplia variedad de contextos. Cabe destacar que un proceso puede estar integrado por personas físicas o bien máquinas o programas que lo realicen. Como menciona Albert (1998), “Un proceso es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado”. (p.1)

En los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), hay una cantidad considerable de procesos, los cuales están compuestos de actividades que son indispensables para cumplir con las metas diarias establecidas. Como toda industria, en MediTech los procesos se relacionan, es decir, si una pieza en procesos sale mal, va a ser descartada para el siguiente, lo cual afecta la correcta producción del producto.

2.1.5. *Manufactura*

La manufactura es el proceso mediante el cual se transforman materias primas, componentes o materiales en productos terminados, listos para ser utilizados o comercializados.

Es una actividad fundamental en cualquier organización productora, ya que implica la fabricación en masa de bienes que satisfacen las necesidades y deseos de las personas.

Esto se ve reflejado en la definición que establece Meza (2016), el cual plantea lo siguiente: “proceso de manufactura, se ocupa directamente de la formación de materiales, (cortado, modelado, planeación, etc.)” (p. 36). Este simple termino plantea el principal fin, el cual es producir algo, ya sea con o sin herramientas o maquinaria. En el caso de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech, se utilizan varias máquinas y herramientas para realizar de forma adecuada cada una de las actividades del proceso en específico.

2.1.6. Indicador clave de desempeño (KPI)

Los indicadores son una herramienta fundamental en cualquier proceso, ya que son vitales para realizar un correcto control de los resultados de cada actividad. Además, son indispensables para una correcta toma de decisiones. Esto se fundamenta en lo que menciona Ibañez (2013) en la siguiente cita.

Un indicador es una expresión matemática de lo que se quiere medir con base en factores o variables claves, tienen un objetivo y cliente predefinido. Los indicadores toman como datos la entrada a variables de operación del proceso que se desea monitorear, y son inherentes al mismo. Para ser capaces de mejorar cualquier proceso, deben conocerse los valores y rangos dentro de los que el proceso se encuentra. (p. 79)

De acuerdo con lo anterior, un indicador es un elemento que sirve para controlar los datos de una determina actividad o proceso con el fin de generar metas o alertas. Es por esto que el proyecto se centrará en el análisis de estos elementos, pues son un punto que proporciona valor

agregado a la empresa MediTech. Además, son los principales responsables en analizar el rendimiento de una operación o del colaborador que la desempeña.

2.1.7. Eficiencia

La eficiencia es definida por Meza (2016) en los siguientes términos.

Como la mayor y mejor utilización de los recursos disponibles, de acuerdo con esto la propuesta de Taylor (orientaba a determinar la única manera correcta de ejecutar un trabajo), lo cual supone el logro de la mayor eficiencia según los resultados obtenidos. (p. 23)

Para alcanzar dicha eficiencia en las actividades de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), se requiere implementar un sistema de monitoreo que permita administrar de forma correcta cada uno de los indicadores del área en estudio, y permitir que los colaboradores que manipulen este sistema lleven un seguimiento de los resultados de cada uno de los procesos, lo cual aumentará la eficiencia en la toma de decisiones de los altos mandos. Esto se logrará con el rediseño del sistema de monitoreo y la implementación de las propuestas de mejora.

2.1.8. Productividad

Para interpretar mejor el concepto de la productividad, se recurrirá a la definición de Carro et al. (s.f.), a saber, “una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema y los recursos utilizados para generarlo” (p.1). Es decir, es indispensable que una empresa labore de forma correcta bajo un adecuado índice de productividad, ya que esto

indica que están obteniendo buenos resultados de acuerdo con los servicios y materia prima que utilizan.

Este concepto se enlaza con la investigación, pues al controlar e implementar un sistema de monitoreo que permita dar un seguimiento constante de los resultados de los indicadores que cuantifiquen el rendimiento en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), se podría medir los cambios en la productividad de la empresa.

2.1.9. Reprocesos

Este término se asocia con realizar nuevamente un trabajo u operación en un proceso, porque el primer intento no cumple con las especificaciones establecidas y se ejecuta de nuevo para satisfacer las características deseadas. Sin embargo, los reprocesos se consideran no productivos, ya que se debe invertir más recursos de lo habitual. Por ello, las empresas siempre buscan reducir la cantidad de reprocesos al máximo. No obstante, esto se puede apreciar en la definición de Porras (2018): “Actualmente se proyecta un plan de mejoramiento para la gestión administrativa y poder mejorar su productividad, disminuyendo los reprocesos en el área, los cuales se siguen manteniendo en un alto porcentaje”. (p. 10)

Según la cita anterior, mantener un alto porcentaje de reprocesos provoca una baja productividad, por lo que este proyecto busca aumentar la productividad de los colaboradores y, por ende, buscar acciones correctivas que se puedan implementar para reducir la cantidad de reprocesos.

2.1.10. Rediseño

Rediseño es similar a una modificación o cambio que se realice a algún tema en estudio. Generalmente, un rediseño se realiza para mejorar y tener un mejor resultado del objeto bajo estudio. En el caso de la investigación, se pretende rediseñar los indicadores que utilice la compañía para tener una mejor comprensión que facilite la toma de decisiones, como lo menciona Luján (2008): “En los últimos años se ha venido tomando conciencia de la necesidad objetiva de efectuar cambios directivos, organizativos y tecnológicos en las empresas a escala mundial, en respuesta a las transformaciones que han tenido lugar en el entorno”. (p. 25)

De acuerdo con lo anterior, es importante que las empresas se mantengan en constante cambio para adaptarse a las nuevas tecnologías que surgen día con día y así poderse mantener actualizadas y poder competir con otras industrias, ya que en ocasiones se debe realizar rediseño de los procesos para mantener los estándares de productividad altos o abaratar los costos. Por esto, la propuesta de rediseño del sistema de monitoreo de MediTech es crucial para mantener los estándares de productividad acorde con las metas de la empresa.

2.1.11. Tiempo estándar

En las industrias, cualquier actividad o proceso que se realice requerirá de una determinada cantidad de tiempo para ejecutarse o para completarse, lo cual se viene a conocer como tiempo estándar, y según lo que establece la UNAM (2001) en la cita de los autores Soto y Montiel (2017) “es el tiempo en que se lleva a cabo una operación, actividad o proceso desarrollados, por un trabajador, máquina u otro según una norma o método establecido”.

Es indispensable mencionar que el tiempo estándar siempre va a estar presente en las industrias, ya que, mientras se ejecuta una tarea u operación, va a existir para registrar cuánto dura

esta de principio a fin. Además, este término es muy importante, porque con él se ejecutan los cálculos respectivos de una producción, se pueden calcular diferentes apartados, como es el caso de la cantidad de clientes –tanto externos como internos y sus respectivos plazos de envío o de entrega de un producto–, se puede calcular el costo que tendrá la mano de obra requerida, y dar seguimiento y control a las KPI de productividad, para medir qué tan eficientes han sido los colaboradores de una empresa. Por ello, este término va a ser mencionado en capítulos posteriores, pues se utilizará para poder desarrollar y medir las propuestas de mejora que se quieren implementar en este proyecto.

3.1.12. Propuesta de mejora

Como la palabra lo dice, la propuesta de mejora hace referencia a modificar alguna situación de manera que los resultados sean positivos y se obtenga un mayor beneficio. Para saber si una situación tiene un cambio positivo ante una modificación, es necesario medir las condiciones en que se encuentra inicialmente para luego contrastarla con los resultados obtenidos después de realizar los cambios, y así determinar el grado de mejora.

No obstante, Fernández et al. (2019) definen propuesta de mejora como “la manera en que pueda pasarse de la situación sobre la que previamente se ha definido un diagnóstico a una situación mejorada”. Es decir, una propuesta de mejora cambia una situación ya analizada y la perfecciona. Esto se relaciona con el proyecto por realizar, pues lo que se pretende es monitorear la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), para mantener los altos estándares de productividad que maneja la empresa MediTech, mejorando el sistema de monitoreo, y, por ende, en la correcta toma de decisiones en esta área de la empresa.

2.1.13. Optimizar

La optimización es un proceso fundamental en diversos ámbitos de la vida y de la ciencia, la cual se relaciona con hacer las cosas de una forma más eficaz, y, por ende, producir más cantidad en el mismo tiempo, o producir lo mismo con menos utilización de recursos. Este es el objetivo principal de casi todas las industrias de manufactura ya que les genera mayores utilidades.

Sin embargo, una definición más detallada de este concepto la proporciona Valdez (2014), cuando lo define como “buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea” (p.1). Con el diseño y puesta en marcha del sistema de monitoreo, se desea establecer un correcto control de los resultados que arrojan los indicadores de cada uno de los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), donde se dé el correcto seguimiento de los resultados de los diferentes KPI para la adecuada toma de decisiones.

2.1.14. Mejora continua

La mejora continua se fundamenta en el análisis de los procesos existentes, identificando áreas de oportunidad y aquellas que pueden ser mejoradas. A través de la aplicación de herramientas específicas, se implementan cambios y se realizan ajustes para lograr mejoras; evidenciándose en la teoría científica del trabajo que cita Dueñas “conseguir una organización que lograra producir de forma muy eficiente y que, al mismo tiempo, permitiera un mayor nivel de bienestar para sus trabajadores y grupos de interés”. (1970)

Es evidente que la implementación de herramientas con mejora continua afectará positivamente a la empresa donde se esté aplicando. Tal motivo es la búsqueda de un equilibrio entre la eficiencia operativa y el bienestar de los trabajadores y demás grupos de interés. Además, la implementación de estas herramientas implica analizar y evaluar detalladamente los procesos

existentes, identificando áreas de oportunidad para eliminar desperdicios, reducir tiempos y costos, y mejorar la calidad de los productos o servicios, lo cual se quiere lograr con el diseño y la puesta en marcha del sistema de monitoreo.

3.1.15. Evaluación económica

Una de las etapas finales y de las más importantes de los proyectos es la evaluación económica. En esta etapa se debe calcular en términos monetarios cuánto cuesta realizar los cambios o mejoras propuestas; y en cuánto tiempo se puede recuperar esas inversiones. En esta etapa se define si el proyecto es rentable o no, es por ello por lo que se considera uno de los factores claves.

Fernández et al. (2019) definen la evaluación económica como “una estimación del costo de cada actividad. Esta se basa en los tipos y cantidades de recursos que se requieren para cada actividad” (p. 123). Es decir, realizar un análisis económico será indispensable para analizar si los cambios propuestos en cada uno de los indicadores seleccionados tienen un impacto monetario en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

2.1.16. Costos de mano de obra

Al momento de realizar un análisis económico, es imprescindible realizar un análisis de los costos de todos los elementos que generen un gasto, y uno de estos es el costo de la mano de obra, que en cualquier proceso productivo va a estar presente. Por esto, Arias et al. (2010) definen este término de la siguiente manera.

Es la remuneración (salario, prestaciones sociales y aportes patronales) a que se hacen acreedores los trabajadores que intervienen directamente en la fabricación de los productos,

por el tiempo realmente trabajado ya sea manualmente o mediante el accionamiento de máquinas encargadas de la transformación de materias primas y demás materiales en producto terminado (p. 80).

Es decir, se debe conocer cuánto es el costo o remuneración por cada colaborador en la realización de cada componente en el CER, para determinar qué tanto se mejorará después de comparar el antes y después de las mejoras que se van a proponer en el proyecto.

2.1.17. Costos indirectos

En los procesos de producción, siempre van a existir costos de servicios que están relacionados con el proceso; sin embargo, según lo que mencionan Arias et al. (2010), estos costos tienen la siguiente constitución.

Constituidos por los materiales indirectos, la mano de obra indirecta, y aquellas erogaciones o desembolso de valores indispensables para suplir algunos requerimientos propios del proceso productivo, tales como servicios públicos, alquiler de planta, arrendamiento de oficinas de producción, seguros de planta, entre otros. (p. 80)

En otras palabras, son todos aquellos costos que forman parte de cada uno de los procesos productivos de cada pieza en el CER, y que son indispensables para su correcta realización. Además, estos costos claramente serán tomados en cuenta al momento de realizar el análisis económico, pues se debe hacer un estudio del costo total previo y después de las modificaciones en los procesos para poder analizar si el impacto es positivo o negativo económicamente.

2.1.18. Rentabilidad

Se puede entender rentabilidad como un concepto económico, el cual hace referencia a si un negocio o empresa tiene utilidades al final de cada mes, es decir si deja ganancias económicas al realizar dichas actividades. Como menciona Lizcano (2014), “La rentabilidad puede considerarse, a nivel general, como la capacidad o aptitud de la empresa de generar un excedente a partir de un conjunto de inversiones efectuadas”. (p.10)

Este concepto se enlaza con el proyecto, debido a que al aumentar la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech y realizar los procesos –con un control y seguimiento adecuado de cada uno de los indicadores del sistema de monitoreo, implementando a su vez, las posibles acciones correctivas que eviten desperdicios y actividades innecesarias–, se podrá evitar las pérdidas de materiales, y, por ende, la parte económica del área de estudio se verá beneficiada.

Capítulo III: Marco metodológico

3.1. Marco metodológico

En este apartado, se presentarán diferentes contenidos que se consideran fundamentales en la investigación, ya que establecen diferentes elementos como son: el paradigma, enfoque, tipo de estudio, técnicas o herramientas por utilizar para recopilar o realizar el desarrollo del proyecto, el diagnóstico situacional, propuesta de mejora y la evaluación económica.

No obstante, es importante mencionar que según lo que establecen Salvatierra et al. (2018), el marco metodológico es el que “presenta la propuesta para describir las técnicas y procedimientos involucrados en los procesos de un ciclo de vida de un proyecto” (p. 353). Es decir, es un componente crucial de cualquier investigación, ya que describe el enfoque y los métodos utilizados para abordar el problema de investigación. Este marco proporciona una guía para la recopilación, análisis e interpretación de datos, lo cual ayuda a asegurar que los resultados de la investigación sean precisos y confiables.

Para la investigación, se desglosan varios apartados que son cruciales para definir de forma completa cómo se llevará a cabo la metodología de investigación que se aplicará en el TFG.

3.1.2. Paradigma pragmático

Este término se ve presente en las investigaciones, ya que es considerando fundamental contemplarlo. Así, según Barrantes (2014):

El paradigma es un conjunto de creencias, supuestos y patrones de pensamiento que enmarcan la forma en que se entiende y aborda un determinado fenómeno o disciplina. Además, este concepto se caracteriza por su enfoque en la utilidad práctica y la aplicación de los hallazgos de la investigación, buscando comprender la realidad desde múltiples

perspectivas y utiliza tanto métodos cuantitativos como cualitativos según la naturaleza del problema de investigación. (p. 32).

El paradigma pragmático tiene una relación directa con el proyecto por desarrollar, ya que, para cumplir con los objetivos, se debe primero obtener información tanto cuantitativa como cualitativa de distintas fuentes para luego ser analizada, interpretada, y posteriormente aplicar las metodologías correctas con el fin de solventar los problemas que se presenten con el área de investigación.

3.1.3. *Enfoque*

El enfoque que se usará en el proyecto es el mixto, debido al propósito y naturaleza de la investigación. Es importante mencionar que se seleccionó este enfoque ya que a lo largo del desarrollo del trabajo se usarán datos tanto cuantitativos como también de carácter cualitativos. Para ampliar más la definición del enfoque mixto que se usará, Cedeño (2012) menciona que este término se refiere a “contrastar datos Cuan y Cual para corroborar/confirmar o no los resultados y descubrimientos en aras de una mayor validez interna y externa del estudio”. (p. 23)

Como se mencionó en la cita anterior, en este tipo de enfoque mixto se utiliza tanto la información cualitativa como cuantitativa para llevar a cabo la investigación, analizando ambos datos recolectados y obteniendo resultados más certeros.

3.1.4. *Tipo de estudio*

El tipo de estudio que se utilizará es el descriptivo, debido a que en el estudio se recopilan datos sobre una determinada situación, para ser analizados estadísticamente o de alguna otra forma,

y posteriormente describir cuáles son las causas que afectan la situación que se esté analizando, así como mencionar las posibles soluciones.

Para comprender de forma correcta las relaciones causales de las variables de estudio, Albán et al. (2020) las definen como “aquellas pautas que sirven para puntualizar las características de la población que está estudiando” (p. 166). Esta metodología de investigación está relacionada con el proyecto, pues comienza desde un concepto general poco conocido y a medida que se avanza en el trabajo se adquiere un conocimiento detallado de cada una de las variables que puedan estar involucradas, describiéndolas exhaustivamente. En este caso, mientras más análisis se apliquen a los diferentes indicadores, se podrán las diferentes variables y factores que están ligados con los KPI y, con esto, poder atender las oportunidades de mejora que presenten.

3.1.5. Técnicas

En esta sección se expondrán todas las herramientas que serán utilizadas a lo largo de la investigación, junto con su respectiva definición y por qué fue importante usarlas en el proyecto.

3.1.5.1. Diagnóstico situacional.

En una investigación, antes de recolectar los datos es necesario realizar un diagnóstico de la situación, es decir, realizar un análisis previo para conocer el estado en el que se encuentra la situación por estudiar y a qué conclusiones se desea llegar. Una vez definido esto, se puede pasar a la siguiente etapa, que es recolectar los datos.

Ramírez (1964) define diagnóstico situacional como “un diagnóstico, por su propia naturaleza, que hace referencia a un punto en el tiempo, al momento o periodo en que se recolectaron los datos; es decir, no es una determinación para siempre”. (p. 96)

Como se mencionó en la cita anterior, un diagnóstico de la situación tiene un punto en el tiempo, esto quiere decir que las condiciones pueden cambiar con el pasar del tiempo. Además, se puede mencionar que lo expresado en los párrafos anteriores se relaciona con el proyecto que se desea desarrollar, debido a que en este se van a recopilar diferentes datos con respecto a una situación. Por lo tanto, se debe de realizar previo a esto un diagnóstico de la situación para determinar las condiciones propias de cada caso y a partir de estas definir cuáles son los datos requeridos.

3.1.5.2. Evaluación de históricos.

En la investigación, se van a analizar diferentes indicadores que están implementados en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), y por lo general, todos estos usan base de datos o históricos para medir de forma correcta el desempeño de la variable que estén midiendo. Esto se puede ver más detallado en lo que menciona Villareal (2016), quien establece que esta evaluación es “una estimación numérica o de calidad de uno o más elementos (variables) involucrados en un evento futuro, fundamentada en datos actuales o históricos (p. 3).

Usar la evaluación de históricos en el proyecto permitirá tener más facilidad al analizar los diferentes indicadores del área de estudio, ya que muchos de estos tienen su información en base de datos históricos para poder realizar una evaluación del rendimiento pasado. Esto es indispensable en cualquier KPI, por lo cual la mayoría o todos los que desean implementar el sistema de monitoreo debe tener esta técnica, para poder medir de forma correcta la variable de estudio.

3.1.5.3. Evaluación de variabilidad de datos.

Para realizar un correcto análisis de cada uno de los indicadores que se quiere integrar en el sistema de monitoreo, es indispensable realizar una evaluación de cuánto varían los datos que se utilizan o se vayan a usar en los KPI, ya que esta información puede abarcar diferentes áreas, como es el apartado económico, a nivel de producción (unidades elaboradas), cualquier unidad de tiempo o hasta la cantidad de actividades que tiene que hacer un colaborador para completar un proceso. Marqués (2009) propone lo siguiente.

Para evaluar toda esa información necesaria, se requiere tener una buena base de datos, la cual menciona que es una compilación de información almacenada, que se encuentra estructurada utilizando un sistema de organización de datos específico. Cada base de datos ha sido diseñada con el propósito de cumplir con las necesidades de información de una empresa u otra entidad organizativa. (p. 17)

Lo que expresa Marqués en la idea anterior es muy importante, pues esta base de datos que debe integrar toda esta información se quiere establecer en el sistema de monitoreo, para crear un mecanismo integral que alimente a los indicadores que están en él y pueda monitorear de forma actualizada cada factor o elemento de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

3.1.5.4. Matriz de priorización.

Es una herramienta esencial si se desea seleccionar y aplicar por relevancia puntos específicos en una determinada situación. Al igual que otras herramientas de clasificar por orden de relevancia o priorización, esta es muy eficaz, y esto se evidencia en lo que proponen González et al. (2021) ya que mencionan lo siguiente.

Existen diversos estudios donde se utilizan distintos métodos y técnicas para detectar focos de atención y establecer prioridades, con la finalidad de conformar una lista jerárquica que permita organizar las actividades a realizar en la resolución de carencias y no conformidades detectadas. Estos métodos van desde el enfoque basado en riesgos (Matriz de Riesgo, Análisis de Modo Efecto Falla), hasta el impacto a nivel salud pública (Método Hanlon). El presente trabajo propone utilizar una Matriz de Priorización como herramienta en la determinación de puntos importantes para la resolución de no conformidades normativas. (p. 1)

De acuerdo con la información que nos brindan los autores, esta herramienta es capaz de brindar un marco estructurado que permita clasificar y jerarquizar elementos, lo cual facilita organizar de forma adecuada y, por ende, seleccionar los criterios de evaluación de KPI. Además, favorece la selección de aquellos criterios que de acuerdo con el puntaje que han obtenido sean aplicados para analizar cada indicador de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). Es decir, esta herramienta facilitará dirigir los esfuerzos hacia los aspectos más relevantes, lo cual permite una resolución efectiva de los elementos por evaluar en capítulos posteriores, seleccionando y descartando los indicadores que serán analizados en la investigación.

3.1.5.5. Diagrama de procesos.

El diagrama de procesos es una herramienta esencial en la gestión de estos, lo que permite una comprensión clara y visual de las etapas, interacciones e ineficiencias de un proceso. Además, de acuerdo con lo que establece Damelio (2000), “esta herramienta explica la importancia del flujo de trabajo, que es la base para mejoras apropiadas. Proporciona instrucciones detalladas para la creación e interpretación de cada una de las actividades de un proceso”. (p. 8)

Es decir, esta herramienta proporciona una comprensión clara y visual, ayuda a identificar ineficiencias, destaca la importancia del flujo de trabajo y proporciona instrucciones detalladas para la creación e interpretación de cada actividad. Estos aspectos hacen del diagrama de procesos una herramienta valiosa para la mejora y optimización de los procesos en una organización. Así, permitirá ver un panorama general de los diferentes elementos que componen los procesos en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), lo cual es de suma importancia para buscar y analizar las oportunidades de mejora.

3.1.5.6. Diagramas de flujo.

Esta herramienta es de gran valor si se desea tener un panorama general de todas las actividades de un proceso en específico, lo que permite observar de forma integral cada uno de los procesos industriales de interés e identificar cualquier inconsistencia en ellos. Además, un diagrama de flujo, según lo que plantean los autores Torres et al. (2021), se puede definir como “Detallar minuciosamente las acciones llevadas a cabo en los departamentos de administración, ventas y producción de la empresa, y señalar cómo estas acciones se entrelazan y afectan mutuamente entre las tres áreas” (p. 10).

Esta herramienta representa gran utilidad al momento de realizar el trabajo de campo del proyecto, ya que va a permitir tener de forma visual un panorama general de los diferentes elementos que componen cada proceso en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

3.1.5.7. Cursograma analítico

Los cursogramas analíticos son herramientas muy útiles si se quiere visualizar un proceso en detalle, pues en él se pueden ver diferentes elementos que permitirán profundizar sobre cada

actividad y según lo que plantea Sanchis (2020), el cursograma analítico es aquel que posee las siguientes características:

Diagrama que representa todas las acciones (operación, transporte, inspección, espera y almacenaje) que tienen lugar en el desarrollo de un trabajo, mostrando, de este modo, la trayectoria de un producto e incluyendo los tiempos requeridos para cada acción y las distancias recorridas. Este diagrama presenta un nivel de detalle superior al sinóptico ya que registra mayor cantidad de información, que luego podrá ser utilizada para mejorar el proceso (p. 3).

Es decir, es una herramienta muy útil si se quiere mostrar todos los detalles que están involucrados en cada una de las actividades de un proceso. Por ello, se va a utilizar para representar todos los procesos que están ligados con los KPI que estarán integrados en los sistemas de monitoreo, pues se pueden utilizar para mostrar los posibles cambios que se desean implementar, ya sea en tiempo o en actividades.

3.1.5.8. Forecast (Proyección).

El *forecasting* es uno de los métodos más comunes para realizar una proyección de la demanda. Permite pronosticar el comportamiento a futuro de los requerimientos que tenga la empresa con respecto a los datos históricos con los que se cuente. Además, es de suma importancia, ya que permite tener una idea del comportamiento de la demanda. Esto se confirma según lo que menciona Mejía (2023).

El proceso de *forecasting*, o pronóstico, desempeña un papel fundamental en la gestión logística al permitir a las empresas anticipar y prepararse para la demanda futura de sus

productos o servicios. Esta anticipación es esencial para la toma de decisiones informadas en diversas áreas, como la producción, el inventario y la asignación de recursos. (p. 9)

Realizar una proyección en este trabajo es importante, pues permitirá conocer el comportamiento que tendrán las piezas elaboradas de cada número de parte después de los cambios que se desean aplicar, lo cual permite estimar cómo se comportará en los próximos años si se llegaran a aplicar los cambios propuestos.

3.1.5.9. Modelo de pronóstico suavizado exponencial.

El modelo de suavizado exponencial es una herramienta que permite realizar un pronóstico de ventas, a partir de datos históricos y es útil cuando el comportamiento de los datos no presenta una tendencia lineal, es decir, su comportamiento fluctúa a través del tiempo. Por lo tanto, este modelo busca reducir esas fluctuaciones y conseguir una tendencia que se ajuste a los datos. Moreno (2023) lo describe así: “los datos observados históricamente pueden presentar grandes saltos, eliminarlos se denomina suavizamiento. El método concede importancia al último dato obtenido y al último pronóstico”. (p 97)

Como se menciona en la cita anterior, el modelo de suavizado exponencial se utiliza cuando la demanda presenta saltos. Por lo tanto, en el presente proyecto se utilizó para estudiar el comportamiento que tienen las ventas en ambos números de parte y, de esta manera, realizar un pronóstico de ventas que se ajustará al comportamiento de los datos y permitirá estimar con una mejor exactitud las ventas de los próximos meses.

<p>¿Cuáles son aquellos indicadores de la empresa MediTech que pueden ser analizados e implementados en el sistema de monitoreo para detectar las oportunidades de mejora que ayudarán a</p>	<p>Diseñar un sistema de monitoreo de los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) en la empresa MediTech, con un enfoque en la medición de la productividad mediante indicadores reestructurados.</p>	<p>Evaluar los indicadores actuales del departamento que mejor se adaptan a la meta de la productividad del CER, identificando oportunidades de mejora en cada uno de los KPI.</p>	<p>Análisis de indicadores del CER.</p>	<p>El análisis de indicadores es una acción que se debe realizar a los KPI actuales del CER. Se debe verificar cuáles son los que proporcionan la información más importante para la toma de decisiones.</p>	<p>Identificar con una matriz de priorización y análisis de históricos los indicadores que presentan oportunidades de mejora para ser rediseñados.</p>	<p>1.Eficiencia. 2.Reprocesos. 3.Productividad. 4.Consumibles. 5.Producción neta.</p>	<p>1. Aplicar matriz de priorización para analizar cuáles son los KPI a los que se les aplicarán los cambios. 2. Aplicar el análisis de históricos en cada uno de los indicadores para estudiar el comportamiento que ha tenido a lo largo del</p>
--	--	--	---	--	--	---	--

<p>aumentar la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER)?</p>							<p>tiempo.</p>
		<p>Elaborar alternativas de mejoras en los indicadores seleccionados, proporcionando la infor-</p>	<p>Análisis de alternativas de mejoras en los indicadores seleccionados.</p>	<p>Analizar cuáles de los KPI presentan oportunidades de mejora, y de acuerdo con estas proponer los cambios correspondientes.</p>	<p>Proponer mejoras de acuerdo con los indicadores seleccionados.</p>	<p>1.Cambios según requerimientos.</p>	<p>1.Aplicación de diagramas de procesos para comprender todo el proceso de los KPI seleccionados. 2.Se realiza</p>

		<p>mación necesaria para la correcta toma de decisiones mediante un <i>dashboard</i> rediseñado que permita el control y la visualización de sus resultados.</p>					<p>un estudio de tiempos en aquellas áreas de mejora usando curso-gramas analíticos, para valorar cuáles son las actividades a las que se le pueden aplicar acciones ya sean preventivas o correctivas que vayan acordes con el proceso.</p>
		<p>Analizar el impacto de los costos asociados a las mejoras pro-</p>	<p>Análisis económico de los indicadores seleccionados.</p>	<p>Proceso de evaluación y estudio de los aspectos económicos de los cambios propuestos en los indicadores</p>	<p>1. Análisis económico de los costos de producción de los procesos de los KPI selecciona-</p>	<p>1. Análisis económico actual. 2. Comparación económica de produc-</p>	<p>Hacer un estudio tanto económico como de produc-</p>

		puestas en los procesos, estableciendo una alternativa económica para la organización de acuerdo con los cambios realizados.		seleccionados, para verificar si son factibles dichos cambios propuestos.	dos. 2.Comparación de los costos con y sin los cambios propuestos. 3.Análisis costo beneficio, es decir, estudio de si son factibles los cambios propuestos en los KPI.	ción. 3.Análisis económico de cambios propuestos.	tividad de aquellas actividades de los KPI bajo estudio que pueden ser unificadas o eliminadas, para ahorrar dinero, y por ende reducir los costos de producción y a su vez mejorar la productividad.
--	--	--	--	---	---	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los criterios propuestos en la tabla anterior son para abordar los objetivos, los cuales serán implementados para poder analizar los puntos que se desean estudiar en los KPI de

los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) y, por ende, proponer cambios que ayuden a mejorar las oportunidades de mejora que presenta cada uno de estos indicadores.

Sin embargo, por otro lado, es imprescindible tener claros los términos de todas las herramientas y conceptos que serán aplicados a lo largo del proyecto. Así, el proceso de validar la información es imprescindible, lo cual es de suma importancia para analizar información y resultados.

3.1.7. Validación de la información

Validar la información utilizada a lo largo del proyecto es de suma importancia, ya que establece la fiabilidad, y, por ende, la precisión de los resultados obtenidos. Esto también va directamente relacionado con la triangulación que se maneja en el estudio y esto se evidencia en lo que menciona Barrantes (2013).

El investigador lo usa, especialmente, cuando pretende confirmar o verificar resultados y hacer validaciones de cruzadas entre datos cuantitativos y cualitativos, aprovechando ventajas y minimizando debilidades. Se recolectan los datos de manera simultánea y se analizan los dos a la vez. (p. 249)

En el proyecto, se validó la información a través de la triangulación de diferentes fuentes bibliográficas, como fue la biblioteca de la Universidad Técnica Nacional, usando bases de datos como EBSCO, Dialnet, DOAJ y otras más. Esta revisión permitió acceder a documentos que se vinculan con el proyecto en diferentes regiones del mundo. Además, la información obtenida de estas fuentes fue utilizada para fundamentar cada uno de los objetivos del proyecto, así como para comprender mejor el tema abordado.

3.1.8. Validación de instrumentos

Al igual que la información recopilada, los instrumentos también deben ser validados, para procurar utilizar los que mejor se adapten al tema de investigación, y, por ende, obtener los datos deseados. Es por esto que validar los instrumentos que se usarán es de suma importancia, pues se relacionan profundamente con la forma como se va a operar a lo largo de la investigación. Esto queda evidenciado con lo que establece Barrantes (2013) cuando menciona que “busca un ahorro de tiempo, esfuerzo y claridad para la confección de los instrumentos con que recolectará la información y su posterior análisis”. (p. 125)

Con lo anterior, se puede establecer que los instrumentos propuestos en el proyecto para la recolección de datos brindan la precisión y relevancia de los datos recopilados, al ser los que mejor se adaptan a los objetivos propuestos en la investigación.

Capítulo IV: Diagnóstico de la situación actual

4.1. Diagnóstico de la situación actual

En este capítulo y el siguiente se aborda el primer objetivo específico en su totalidad. Se llevará a cabo el análisis de la situación actual de los indicadores que actualmente emplea MediTech en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) y que son tres (Penumbra, Workhorse y B1). Se analizarán en detalle todos los indicadores utilizados en esta sección de estudio, que consisten en un total de cinco KPI: reprocesos, productividad, eficiencia, consumibles y producción neta (*yield*). En este apartado se tiene como objetivo definir qué representa cada indicador y su funcionamiento, es decir, proporcionar una explicación detallada de cada uno y definir su estructura de medición.

4.1.1. Definición de los KPI actuales

En la empresa MediTech, específicamente en el Cuartos de Ambiente Controlado (CER), se implementa una serie de indicadores, los cuales permiten obtener información importante del estado en el que se encuentra cada uno de los procesos, y con base en esto poder tomar decisiones basadas en estos datos. Además, es importante mencionar que en este apartado se evaluará cada indicador para poder establecer el propósito y su estructura de medición.

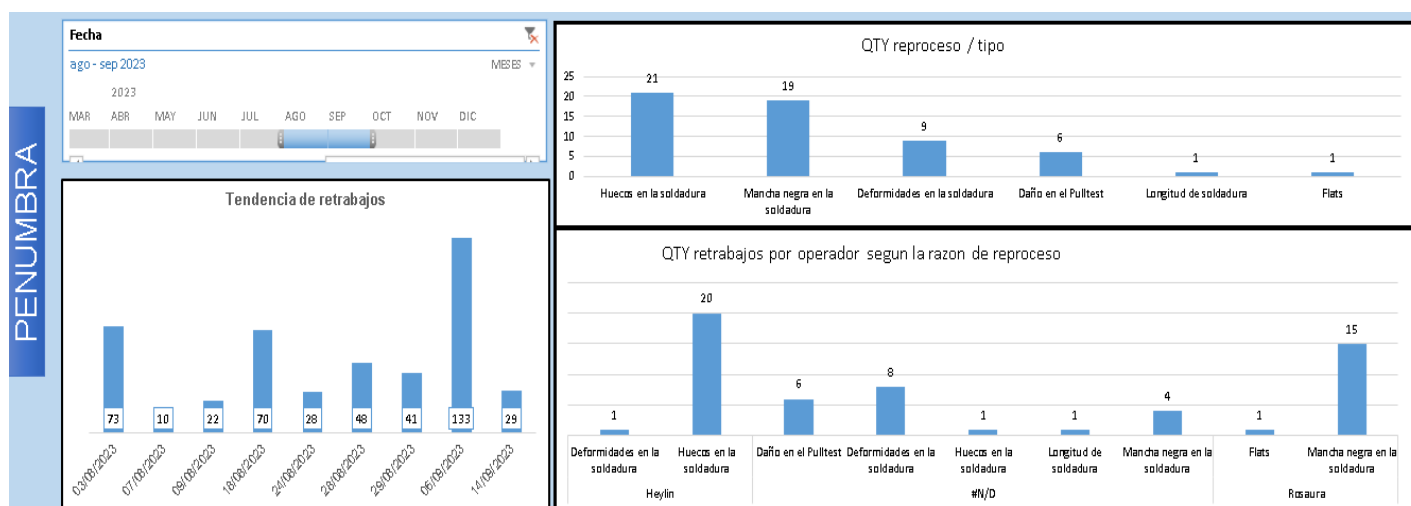
4.1.1.1. Indicador de reprocesos.

4.1.1.1.1. Para qué sirve.

Uno de los indicadores con más relevancia es el de reprocesos. Este indicador muestra, según el formato de fecha que se desea (día, semana, mes o año), cuáles fueron los reprocesos que se tuvieron en cada uno de los tres cuartos del CER (Penumbra, Workhorse y B1), de manera que se logra determinar cuál de ellos representa la mayor cantidad de retrabajos por operación, o cuáles son los que están dentro o fuera del rango establecido, el cual es de un 10%. Además, indica el operador que realizó esos reprocesos, de forma que se pueda realizar un estudio con mayor profundidad en el momento en que un indicador sobrepase el límite establecido.

Cabe destacar que para cada cuarto hay un *dashboard* que controla sus respectivos datos. Por lo tanto, a continuación, se muestran todos los componentes con los que cuenta actualmente este indicador en su respectivo cuadro de mandos.

Figura 2. *Reprocesos para la familia de Penumbra*

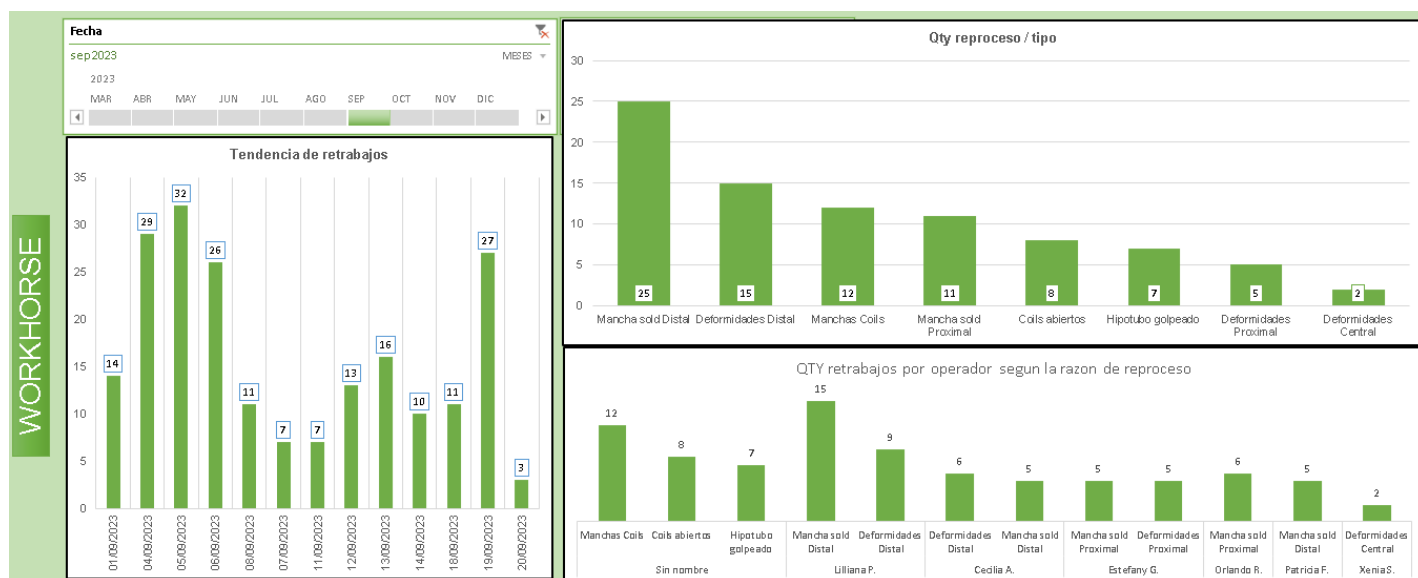


Fuente: Tomado de la base de datos del CER Penumbra de MediTech.

En este *dashboard*, para la familia de Penumbra, se evidencian los reprocesos según el defecto, el cual va acompañado de la fecha y del colaborador que lo cometió.

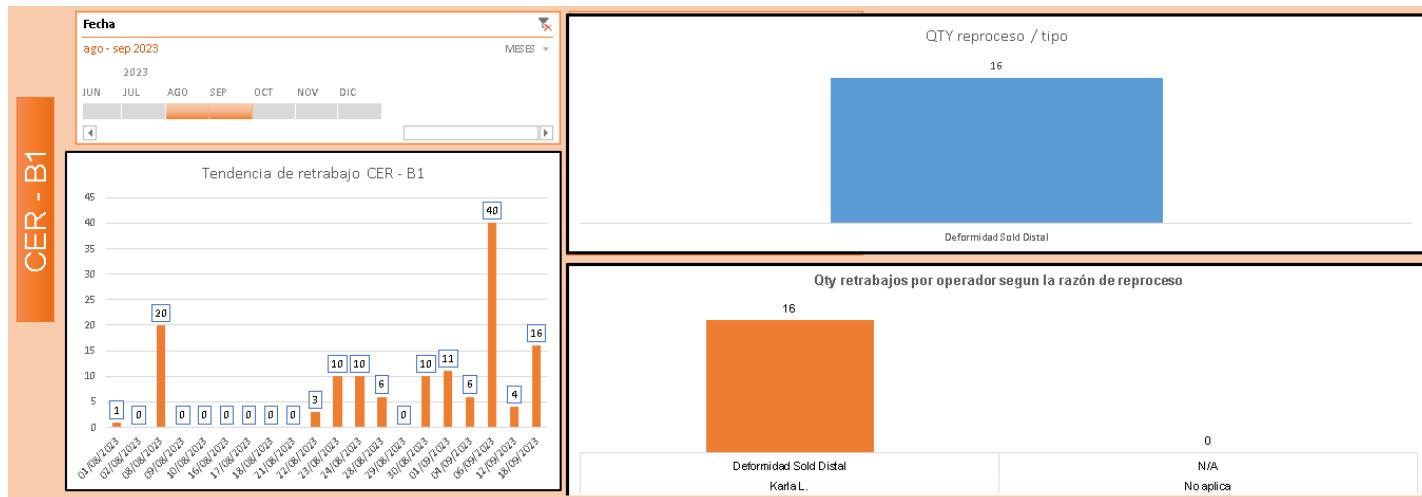
Figura 3

Reprocesos para la familia de Workhorse



Fuente: Tomado de la base de datos del CER Workhorse de MediTech.

El *dashboard* de Workhorse, al igual que el de Penumbra, poseen los mismos elementos visuales, donde representan cada uno de los datos registrados en el sistema de MediTech. No obstante, se procede a mostrar el respectivo *dashboard* del cuarto B1, el cual también es el medio donde se visualizan los datos de esta área de la empresa.

Figura 4*Reprocesos para la familia de B1*

Fuente: Tomado de la base de datos del CER B1 de MediTech.

Los anteriores *dashboards* representan cómo están antes de aplicar las mejoras que se detecten en puntos posteriores. Además, con este KPI se puede ver de forma gráfica (tres representaciones) que muestran información indispensable para la toma de decisiones, como son las que se brindan seguidamente:

- **Tendencia de retrabajos.** En este gráfico, se visualiza la cantidad de retrabajos que se realizaron de forma diaria en un rango de tiempo, como por ejemplo: en la Figura 2, se puede apreciar que la tendencia disminuyó de forma considerable en el último día del mes de septiembre.
- **Cantidad de reprocesos.** Este es uno de los gráficos más relevantes del *dashboard*, ya que muestra el total de los reprocesos por cada uno de los tipos, es decir, cuál fue el defecto que más se repitió en un día, de manera que el departamento determine cuál es el reproceso

que más está generando pérdidas en la línea de producción y tome decisiones para mitigarlo.

- Retrabajos por operador. En este apartado se logra visualizar la cantidad de retrabajos por persona de manera diaria, permitiendo así conocer si existe alguna condición en particular de algún operador que realice una alta cantidad de reprocesos de forma diaria o bien determinar quién es el que presentó menor cantidad. Con esto se puede tomar decisiones importantes en la compañía, como por ejemplo brindar algún tipo de reconocimiento al operador con menor cantidad de reprocesos, como motivación por el buen trabajo; o, por otro lado, dar un seguimiento a los que presentan altos números de reprocesos.

Cada uno de estos apartados que registra este KPIS hacen un monitoreo completo, mas no perfecto, de los retrabajos que se presentan en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), ya que hay oportunidades de mejora en los puntos mencionados anteriormente, los cuales se quieren proponer como cambios en el rediseño de los indicadores que serán seleccionados, es decir, en su respectivo sistema de monitoreo, y serán abarcados en capítulos posteriores.

4.1.1.1.2. Estructura de medición.

Con respecto a su estructura de medición, es importante mencionar que es alimentada con una amplia base de datos, donde diariamente se introduce gran cantidad de datos que son vitales para el análisis y la correcta toma de decisiones, para cada uno de los tres cuartos, por lo cual, a continuación, se muestra un ejemplo de la base de datos de Workhorse, ya que las restantes habitaciones siguen esta misma estructura.

Tabla 4

Base de datos de la familia de Workhorse

Fecha	Familia	Semana	Job	Part Number	Operación retrabajo	Iniciales operador	Nombre del operador	Razón del Retrabajo	Tipo	Qty Total Inspeccionado	Qty retrabajo	% retrabajo
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Distal	JS3214	Joselyn S.	Deformidades Distal	Menor	243	2	0.01
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Central	GA1564	Grettel A.	Huecos en la soldadura	#N/D	243	2	0.01
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Central	RM2285	Reinaldo M.	Huecos en la soldadura	#N/D	243	1	0.00
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Proximal	YC3422	Yessenia C.	Mancha sold Proximal	Menor	243	9	0.04
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Proximal	MA2315	Cecilia A.	Mancha sold Proximal	Menor	243	16	0.07
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Proximal	ES2577	Elizabeth S.	Mancha sold Proximal	Menor	243	16	0.07
10/01/2023	Workhorse	15	C264064	PC2098011	Sold Proximal	EG3301	Estefany G.	Mancha sold Proximal	Menor	243	66	0.27
11/01/2023	Workhorse	15	C264065	PC2098011	Sold Distal	MB2359	Maria B.	Mancha sold Distal	Menor	276	12	0.04

Fuente: Tomado de la base de datos de reprocesos de la familia Workhorse CER de MediTech.

Como se puede apreciar en la Tabla 4, se muestran diferentes apartados que alimentan el *dashboard* de este KPI. Sin embargo, el único que cuenta con una fórmula en específico es el “% de retrabajos”. Todos estos apartados, excepto el mencionado, son digitados manualmente por un colaborador. Para determinar este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ retrabajos} = \left(\frac{\text{Qty Retrabajo}}{\text{Qty Total Inspeccionado}} \right) * 100$$

Esta fórmula da como resultado la totalidad del porcentaje de retrabajos por una unidad de tiempo en específico, ya que se puede obtener de forma diaria, semanal, mensual, trimestral o anual, dependiendo de cómo se quieran presentar los resultados a los altos mandos.

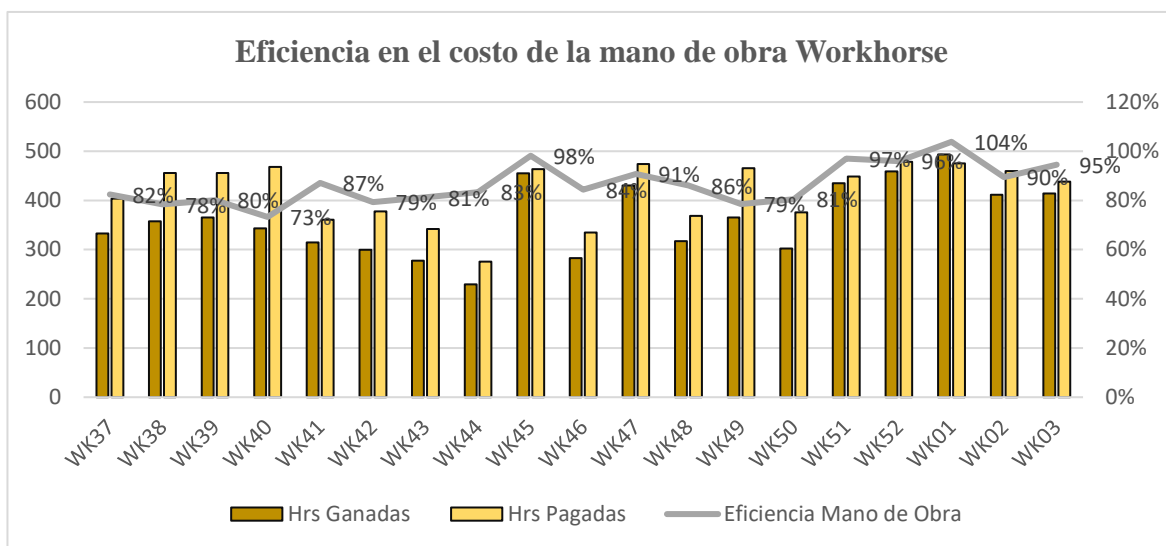
4.1.1.2. Indicador de productividad.

Previo a realizar el análisis de este KPI, resulta indispensable establecer la definición a detalle de cada una de las variables que mide este indicador de productividad para los Cuartos de Ambiente Controlado (CER):

- **Horas ganadas:** El concepto de horas ganadas se refiere a cuando el operador cumple con el tiempo estándar establecido para la operación por realizar. Cuando esto sucede, la persona gana horas. De lo contrario, si no cumple con el tiempo estándar (se conoce como Run Rate en el CER), la productividad se va a ver afectada negativamente.
- **Horas pagadas:** Es el tiempo por el cual un colaborador o máquina ha sido compensado de forma económica independientemente de si el tiempo se utilizó de forma efectiva para acciones o tareas productivas o si ha sido perdido en procesos no productivos, como pueden llegar a ser interrupciones y descansos que no han sido autorizados.
- **Tendencia porcentual:** Esta variable se refiere a la línea de tendencia que muestra el porcentaje alcanzado entre la relación de las horas ganadas y las pagadas. Permite tener un panorama de si ha cumplido con respecto a las metas que se tengan en el área de cuartos limpios.

4.1.1.2.1. Para qué sirve.

Medir la productividad es crucial en cualquier empresa, sin importar si se dedica a la manufactura o no. En este indicador, se puede visualizar la relación entre las horas pagadas y las horas ganadas, a lo largo de las semanas laboradas. Este KPI ofrece una visión precisa de cómo se está utilizando el tiempo en estas áreas críticas, permitiendo a los gestores evaluar el desempeño y tomar decisiones informadas.

Figura 5*Eficiencia laboral en Workhorse*

Fuente: Tomado de la base de datos del indicador consumibles de la familia Workhorse CER de MediTech.

Este indicador permite visualizar la relación que existe entre diferentes variables como lo es las horas ganadas y las pagadas; de forma semanal se puede apreciar su interacción. Además de reflejar cuáles de los dos tipos de horas que mide, brinda la tendencia porcentual que siguen cada semana del año, viéndose en la Figura 6. Para la semana 37 a la 45 se puede observar que hay una ineficiencia en el uso de los recursos del tiempo, lo que demuestra que no se estaba aprovechando de manera correcta las horas por las que la organización está pagando. Esto llega a generar bajones de productividad y hasta sobrecostos. Sin embargo, esta situación cambia un poco en las últimas semanas del año, donde se refleja una mejora en la utilización de los recursos, llegándose a ajustar las horas ganadas por las pagadas.

4.1.1.2.2. Estructura de medición.

Este KPI es de suma importancia, porque establece la medición de la productividad, la cual es una métrica esencial para evaluar la eficiencia operativa de un equipo o una organización. Para su cálculo, se debe efectuar la siguiente ecuación para poder obtenerla.

$$\mathbf{Labor\ efficiency} = \left(\frac{\mathbf{Horas\ ganadas}}{\mathbf{Horas\ pagadas}} \right) * 100$$

Con esto, la organización puede detectar si hay una ineficiencia en la gestión del tiempo y los recursos. La presencia de disparidad puede tener repercusiones financieras negativas, sobrecostos y pérdida de productividad. Es importante mencionar que este indicador es indispensable en el sistema de monitoreo, ya que puede identificar y abordar las áreas de mejora, optimizar los procesos y aumentar la productividad. Al tratar las oportunidades de mejora sobre este KPI, se puede llegar a mejorar el rendimiento y competitividad del entorno empresarial.

4.1.1.3. Indicador de eficiencia.

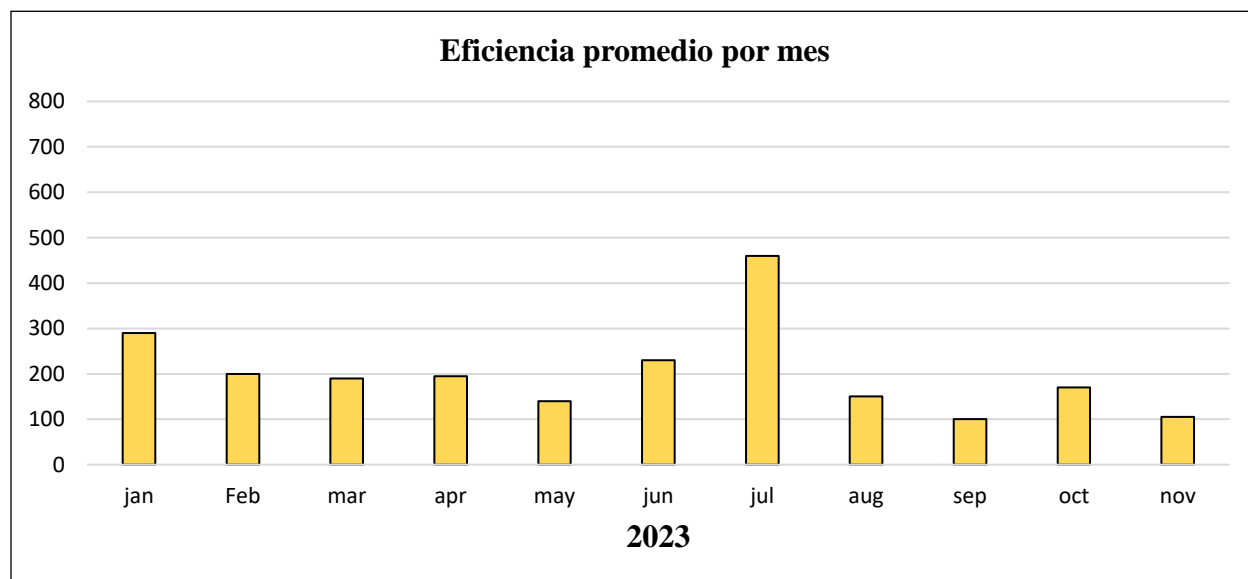
4.1.1.3.1. Para qué sirve.

La eficiencia como KPI es una herramienta fundamental en la gestión de una empresa médica como MediTech, especializada en la fabricación de componentes médicos. Este KPI tiene como objetivo medir y evaluar la eficiencia de los procesos realizados por cada colaborador en la organización. La eficiencia en la producción y operaciones es de vital importancia en el sector médico, ya que puede impactar directamente en la calidad de los productos y en la capacidad de la empresa para cumplir con los estándares regulatorios y satisfacer las necesidades de los clientes.

Este KPI ayuda a la empresa a identificar áreas de mejora, optimizar procesos y mantener altos estándares de eficiencia en su operación.

Figura 6

Eficiencia mensual promedio 2023



Fuente: Tomado de la base de datos de eficiencia CER de MediTech.

MediTech evalúa la eficiencia de sus colaboradores midiendo el desempeño de cada actividad y calculando un promedio para obtener una eficiencia general por trabajador. Como se puede observar en la Figura 6, la eficiencia se mantuvo constante en su mayor parte, con notables excepciones en los meses de enero y julio, que destacaron por su excelente desempeño.

4.1.1.3.2. Estructura de medición.

La eficiencia es calculada de forma automática por el sistema Epicor de la empresa, el cual es el *software* que sirve de base de datos para MediTech donde se manejan todos los históricos de

la organización, y se encarga de suministrar la data requerida para cualquier proceso, como es el caso de registrar y calcular de forma automática la eficiencia para cada operador. Cabe destacar que este sistema no se puede alterar, es decir, solo permite el ingreso de datos, ya que los cálculos son automatizados.

4.1.1.4. Indicador de consumibles.

4.1.1.4.1. Para qué sirve.

La correcta gestión de los consumibles es fundamental en cada una de las familias de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), donde características como la precisión y la higiene son críticas. Para analizar efectivamente el uso de estos insumos, se ha desarrollado este KPI, el cual está centrado en dar un seguimiento del gasto económico que requieren las actividades cada semana. Por ello, este indicador ofrece un panorama general, del costo que conlleva completar cada una de las actividades de cada familia de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Figura 7

Gasto semanal asociado a la realización de las actividades



Fuente: Tomado del *dashboard* de la base de datos de consumibles de la familia Workhorse CER de MediTech.

Este KPI y su representación gráfica muestra los gastos asociados en el eje "y" en función de las semanas laboradas en el eje "x". Los datos abarcan un rango financiero que oscila entre los dos mil y los ocho mil dólares para este caso, lo que proporciona un panorama de los costos asociados para la fabricación de los componentes médicos, específicamente en el área de cuartos limpios para este año. Este KPI se convierte en una herramienta esencial para gestionar eficazmente los recursos y controlar los costos en un entorno donde la precisión y la economía son cruciales para el éxito operativo.

4.1.1.4.2. Estructura de medición.

Con respecto a la forma en que se calculan los gastos totales consumidos en una unidad de tiempo (en este caso semanas), nada más se suman los gastos asociados con todo lo consumido por parte de la empresa, en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), como puede ser toda la materia prima adquirida, y los diversos gastos que ha tenido la organización para realizar cada proceso (sin embargo, tomando en cuenta que los salarios no son tomados en cuenta como un total, sino como un gasto por colaborador).

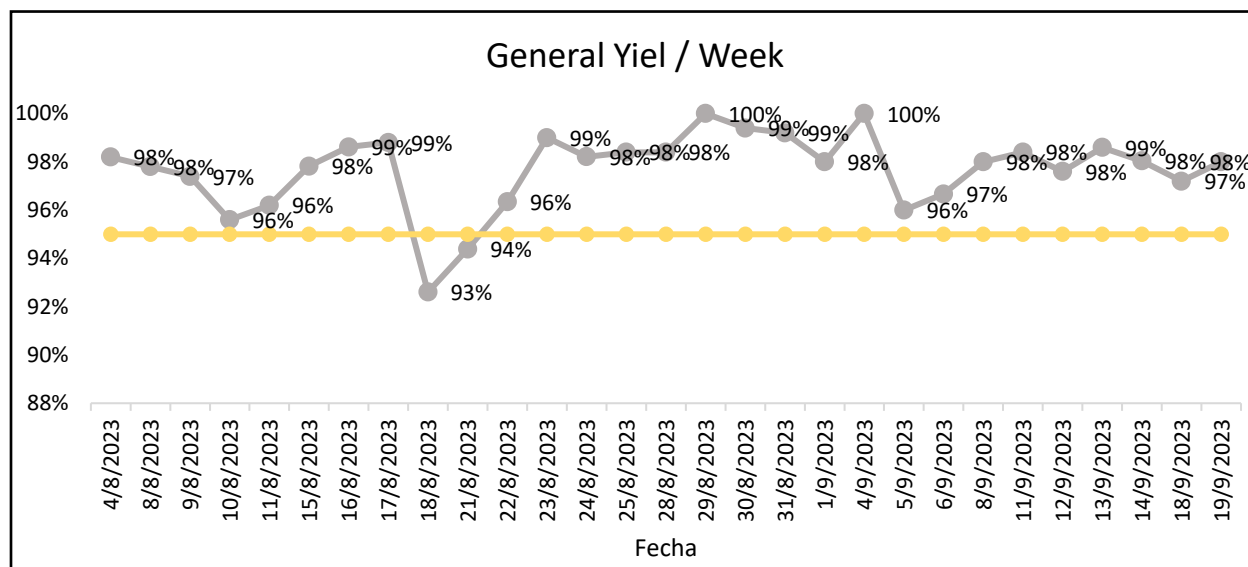
4.1.1.5. Indicador de producción neta (yield).

4.1.1.5.1. Para qué sirve.

Este indicador permite visualizar de forma porcentual la cantidad de piezas que cumplen con los estándares de calidad y que son consideradas como aceptables para el cliente. Esto permite a la organización controlar a través del tiempo si se cumple con la meta establecida para el indicador o si se deben de tomar acciones para aumentar el porcentaje y mantenerse en la meta. En el siguiente gráfico se muestra el cumplimiento de la producción neta durante el año 2023 para la familia de Workhorse.

Figura 8

Producción neta general durante los meses de agosto-noviembre para Workhorse

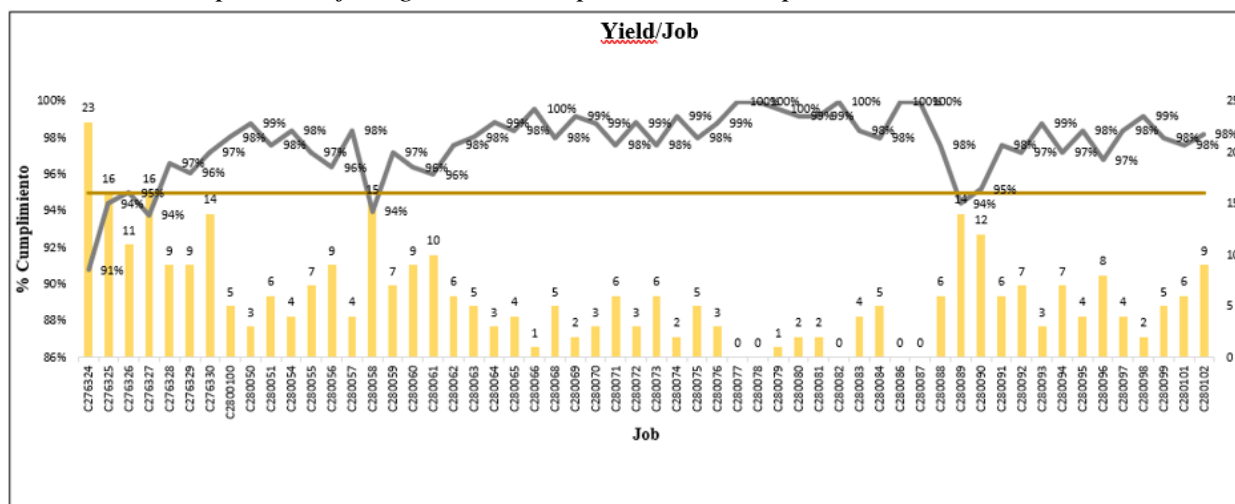


Fuente: Tomado del *dashboard* de la base de datos de Producción neta CER de MediTech.

Este KPI se materializa en una gráfica que presenta en el eje "y" el porcentaje de cumplimiento, con una meta del 95%, y en el eje "x", el respectivo cumplimiento registrado en una fecha en específico. Como se puede apreciar en los datos, la mayoría de los casos en este KPI arroja un promedio del 98% de cumplimiento, lo que demuestra que en la mayoría de los días de agosto a noviembre de 2023 se cumple con la cantidad de piezas buenas.

Figura 9

Producción neta por trabajo registrado de sept-Nov de 2023 para Workhorse



Fuente: Tomado del *dashboard* de la base de datos de Producción neta CER de MediTech.

Además, este KPI permite evaluar la producción neta (*yield*) por cada trabajo, mostrando de forma porcentual la cantidad de piezas buenas por trabajo a través del tiempo (tomando en cuenta que siempre se maneja la meta del 95%), lo cual recalca la excepcional consistencia en el cumplimiento de los estándares de calidad. Este indicador se convierte en una herramienta valiosa para evaluar el rendimiento en cada una de las familias presentes en el sector de cuartos limpios, demostrando su capacidad para superar con creces las metas de cumplimiento establecidas, pues se mantiene constante en la meta establecida. El compromiso con la calidad y la excelencia operativa se refleja en este KPI, brindando un claro indicio del alto rendimiento de los trabajadores en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

4.1.1.5.2. Estructura de medición.

La forma en que calculan el % de cumplimiento de la producción neta es usando una serie de datos como los que muestra la siguiente figura.

Tabla 5

Base de datos del KPI producción neta

Fecha	Week	Job	Familia	Part Number	Qty Job Inicial	QTY job final	Scrap	Yield	Goal
06/01/2023	Ww 14	C253228	Penumbra	9534	245	244	1	100%	95%
06/01/2023	Ww 14	C253229	Penumbra	9534	367	367	0	100%	95%
06/01/2023	Ww 14	C261373	Penumbra	1978	110	101	9	92%	95%
13/01/2023	Ww 14	C247237	Penumbra	3850	300	296	4	99%	95%
13/01/2023	Ww 14	C253556	Penumbra	9534	360	359	1	100%	95%

Nota. Tomado de la base de datos de producción neta CER de MediTech.

La tabla anterior solo muestra un extracto de los históricos con los que se alimenta este KPI, donde para comprender cómo se calcula el % de cumplimiento (mostrado en la Figura 10), se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cumplimiento} = \left(\frac{\text{Qty Job Final}}{\text{Qty Job Inicial}} \right) * 100$$

Con esta ecuación, se puede obtener el porcentaje de cumplimiento para cada día laborado. Es decir, da una medida cuantitativa que proporciona una ayuda para evaluar y determinar si se está cumpliendo con el porcentaje de piezas que cumplen con los estándares de calidad, y que, por otro lado, la cantidad de piezas identificadas como *scrap* no supere el límite para que no se refleje en pérdidas económicas.

Ahora, para calcular la cantidad total de piezas netas elaboradas en un lote (*yield*), se necesita la misma base de datos mostrada en la Tabla 5, para efectuar la siguiente fórmula.

$$\text{Piezas netas por lote} = Qty Job Inicial - Qty Job Final$$

Son netas, porque la operación resta la cantidad inicial por la final, para determinar la cantidad final de piezas elaboradas por lote (*yield*).

4.1.2. Revisión del historial de datos de cada KPI

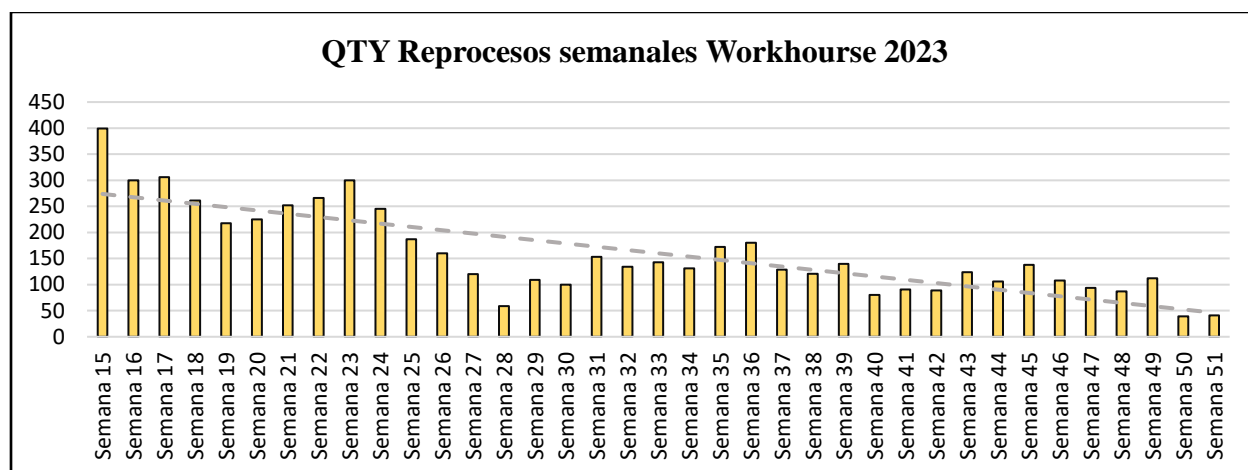
En este apartado, se procederá a examinar cada uno del historial de datos de todos los KPI analizados (en el punto 4.1.1. Definición de los KPI actuales), con el principal objetivo de identificar tendencias a lo largo del tiempo, permitiendo comprender el comportamiento y si ha habido fluctuaciones significativas. Además, permitirá comparar el desempeño actual del KPI con las metas establecidas (cada indicador tiene una meta en específico). Esto proporcionará una referencia clara para determinar si se necesita implementar mejoras en los capítulos posteriores.

4.1.2.1. Histórico del KPI de reprocesos.

Este KPI mide la respectiva eficiencia de cada uno de los procesos de producción y la calidad de los productos dentro de los generados por MediTech. En esta evaluación de históricos, se busca identificar patrones y factores que puedan haber contribuido a las variaciones que presenta la data recopilada. Este indicador, además, proporciona la información pertinente para la correcta toma de decisiones con respecto a los reprocesos que se presenten, tomando en cuenta siempre el objetivo de este KPI, el cual es mejorar la calidad y, además, reducir los reprocesos. Dichos aspectos son cruciales en la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Figura 10

Cantidad de retrabajos en el año 2023



Fuente: Elaboración propia, con base en la data de históricos de reprocesos de la familia Workhorse de MediTech.

La Figura 11 muestra los datos de reprocesos registrados a lo largo de un año de la familia Workhorse. De forma general, se puede observar que siguen una tendencia decreciente de la semana 15 a la 06 de 2023. Este resultado es positivo para la organización, pues demuestra que los reprocesos van disminuyendo conforme el tiempo.

Por otra parte, se puede apreciar que hay semanas que alcanzaron picos de aproximadamente 300 hasta 400 reprocesos por semana en casos muy específicos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que se presentó un registro atípico en la semana 15 de 2023, pues los reprocesos registrados en esa semana son superiores a las demás semanas de 2023.

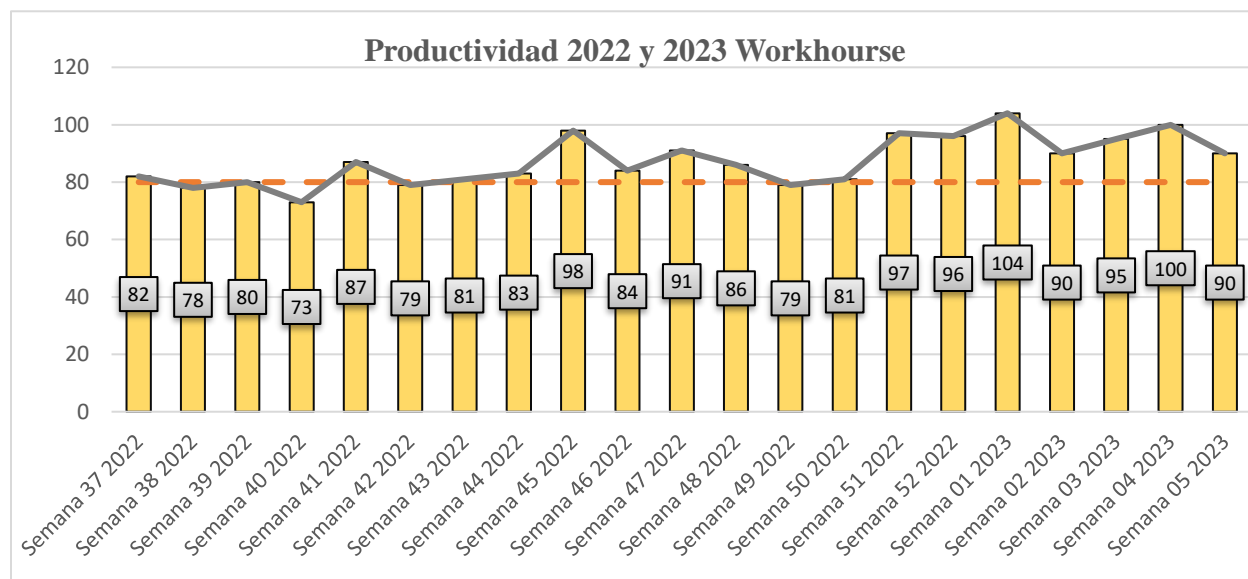
Este tipo de problemas son los que serán evaluados en el capítulo posterior, para identificar cuáles factores han generado dicho problema y poder implementar una acción correctiva.

4.1.2.2. Histórico del KPI de productividad.

Los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) requieren del correcto registro de este indicador al igual que los demás, ya que en él se puede evidenciar que MediTech demuestra que está utilizando de forma eficiente los recursos, tratando de no desperdiciar elementos como el tiempo y dinero. Sin embargo, hay puntos de mejora que se pueden implementar en varios apartados de este KPI, en los cuales se entrará en detalle después del proceso de selección y descarte de indicadores. Por otro lado, se muestra el histórico anual de los datos registrados para el KPI de productividad.

Figura 11

Productividad anual 2022 y 2023



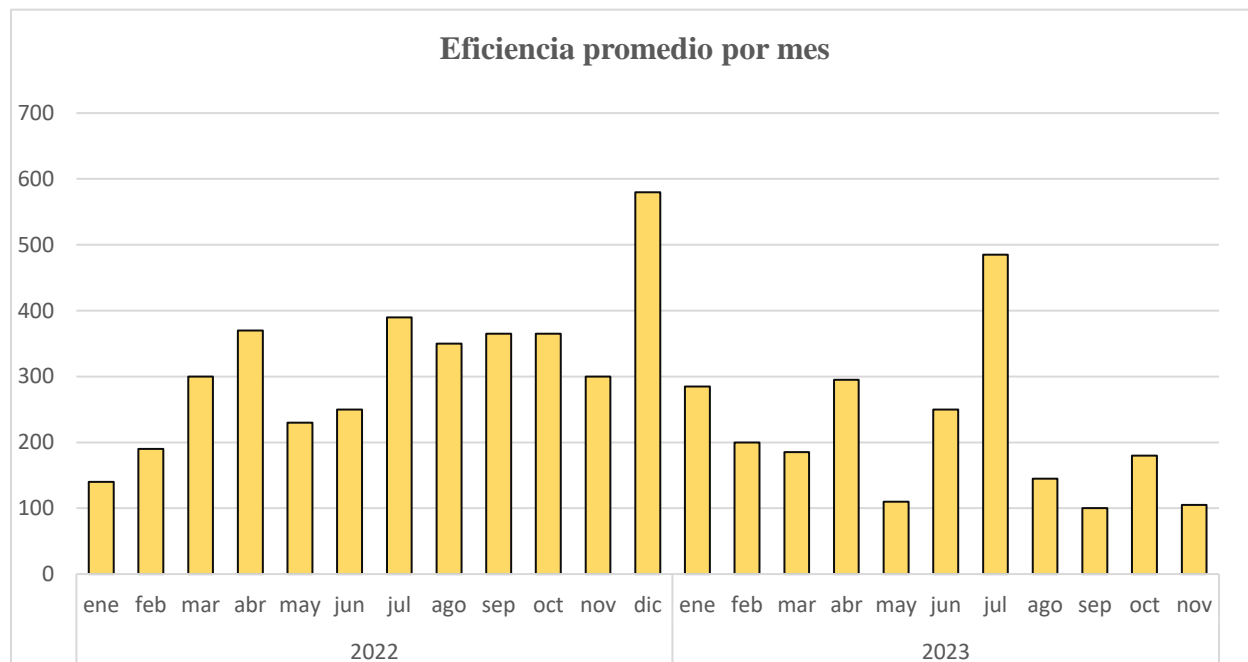
Fuente: Elaboración propia, con base en la data de históricos de productividad de la familia Workhorse de MediTech.

A lo largo de las semanas anuales, las cuales abarca desde la 37 de 2022 hasta la semana 5 de 2023, se revela que, en varias semanas, específicamente en las 41, 45, 47, 48, 51, 52 de 2022 y

las 2, 3, 4 y 5 de 2023 se ha superado la meta del 80% (meta que tiene establecido este KPI). Esto es un indicativo positivo de un rendimiento sobresaliente en ciertos períodos. Sin embargo, el resto de semana se puede ver un comportamiento constante con respecto a la línea de meta indicada, estableciendo un trabajo aceptable con indicios de mejora.

4.1.2.3. Histórico del KPI de eficiencia.

En cualquier industria, se requiere de la implementación de este indicador, y más aún, si se trata de una empresa que se enfoca en la producción de dispositivos médicos. La correcta medida de la eficiencia y registro de sus datos son vitales, ya que asegura que los productos se fabriquen de manera consistente y con precisión, lo cual disminuye en gran medida el riesgo de presentar defectos que podrían poner en peligro la salud de los clientes. La eficiencia anual registrada en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) se puede ver reflejada en el gráfico que se presenta a continuación.

Figura 12*Eficiencia promedio del año 2022 a 2023*

Fuente: Elaboración propia, con base en la data de históricos de eficiencia de la familia Workhorse de MediTech.

En resumen, al comparar los datos de eficiencia entre los años 2022 y 2023, se observa una ligera disminución en la eficiencia durante el año 2023. Mientras que el año anterior mostró un comportamiento relativamente constante el 2023 exhibió un patrón decreciente, con fluctuaciones notables en ciertos meses. Esto sugiere la necesidad de una evaluación más detallada y de posibles acciones correctivas para mejorar la eficiencia en el año 2023 y mantenerla en línea con los objetivos organizacionales.

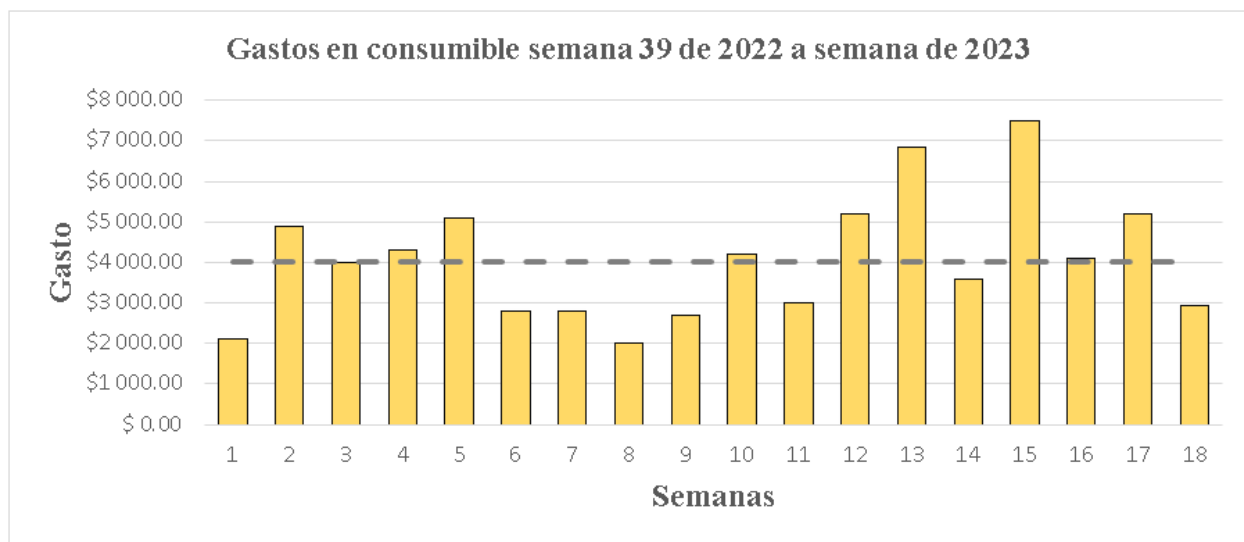
}

4.1.2.4. Histórico del KPI de consumibles.

Como industria médica es indispensable el control adecuado de los gastos que tenga la empresa, lo cual resulta crítico en la fabricación de dispositivos médicos, ya que los costos pueden afectar considerablemente la rentabilidad de la organización. Es por esto que el seguimiento y registro adecuado de los elementos que se están consumiendo en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) es indispensable para la gestión adecuada de los costos de producción. Por otro lado, es fundamental que el límite (meta) que tiene este KPI es de \$ 4000 en lo que respecta a gastos, es decir, si sobrepasa esta brecha, puede reducir la cantidad de egresos que tendrá la empresa.

Figura 13

Gasto en consumibles en los años 2022 y 2023

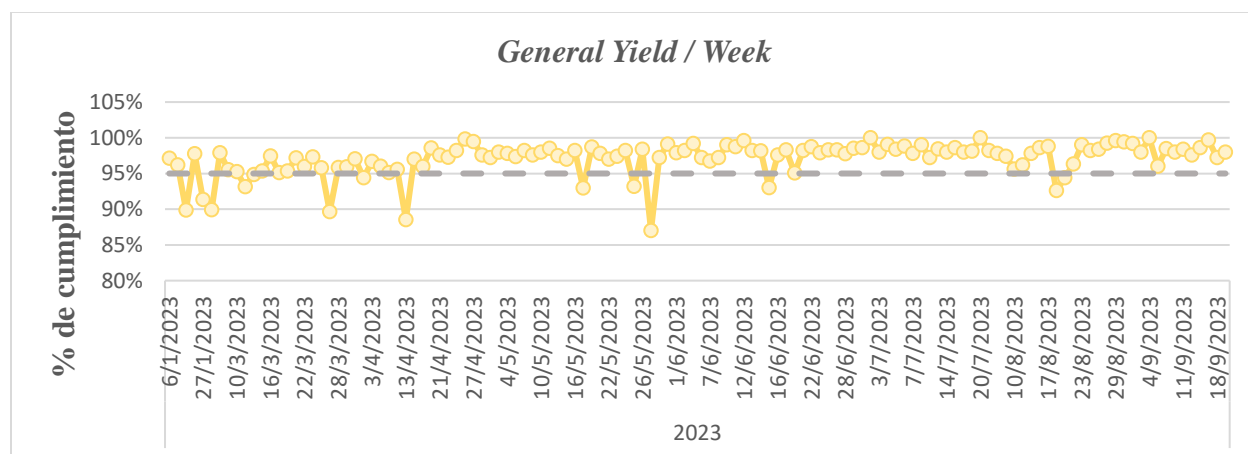


Fuente: Elaboración propia, con base en la data de históricos de consumibles de la familia Workhorse de MediTech.

Analizando la gráfica anterior, se puede determinar que en la gran mayoría de las semanas que van desde 2022 y parte de 2023 el gasto en consumibles supera el límite establecido por la empresa que es de \$4 000 dólares semanales. Esto se debe en gran medida a la metodología de demanda que utilizan en MediTech, trabajando por demanda *pull*, es decir, van a ver periodos que el cliente va a solicitar más piezas y otros que no, por lo tanto, el aumento de materia prima y los costos de fabricación aumentarán.

4.1.2.5. Histórico del KPI de producción neta (*yield*).

La producción neta en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) es de suma importancia, ya que muestra el cumplimiento que se ha logrado en un tiempo determinado con respecto a las piezas netas elaboradas. Para este KPI, se tiene establecido desde un inicio que su meta es estar por encima del 95% de cumplimiento. A continuación, se muestran los datos recopilados a lo largo del año 2023 de forma diaria para medir la producción neta en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Figura 14*Producción neta diaria para Workhorse en 2023*

Fuente. Elaboración propia, con base en la data de históricos de producción neta de la familia Workhorse de MediTech.

Cada uno de los porcentajes de cumplimiento representados en cada día del año 2023 evidencia las diferentes variaciones que se obtuvieron en la familia Workhorse, ya que se puede apreciar que algunos de los días de enero, marzo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre estaban por debajo de la meta (95% de cumplimiento), mientras que los días de abril, mayo, junio, julio y agosto se encontraban por encima de esta meta. Dicha variabilidad mensual en el rendimiento subraya la importancia de la vigilancia constante y la adaptación a las condiciones cambiantes que pueden surgir diariamente. Al abordar las causas subyacentes de las fluctuaciones, se puede optar por un rendimiento más constante y satisfacer de manera consistente la meta del 95% de cumplimiento, lo que reforzará la calidad de los productos y la satisfacción del cliente.

Capítulo V: Criterios para analizar los KPI

5.1. Criterios para analizar los KPI

Para determinar y definir en cuál de las tres categorías (descarte, rediseño y aquellos que están en conformidad) estará ubicado el KPI analizado, se establecen primero los criterios mediante los cuales se evaluará cada indicador. Al finalizar este capítulo, se presentará una breve conclusión respecto a la adecuada categorización de cada indicador y se evaluarán, al mismo tiempo, aquellos que se ajusten a la variable que el sistema de monitoreo pretende medir, es decir, el control, seguimiento mediante la aplicación de las acciones propuestas de prevención y corrección de reprocesos y la toma de decisiones para mantener los estándares de la productividad, así como la exclusión de aquellos considerados menos adecuados para esta tarea. Es importante destacar que, para llevar a cabo este análisis, es fundamental aplicar los criterios apropiados con el fin de determinar de manera precisa las variables de interés y cumplir así con el primer objetivo específico del proyecto. Dichos criterios se detallarán a lo largo de este capítulo.

5.1.1. Propuesta de criterios para evaluar los KPI

En este segmento, se expondrá una serie de criterios propuestos, los cuales han sido seleccionados a opinión de los miembros del *Core team* (expertos en el área de los Cuartos de Ambiente Controlado CER) con el objetivo de evaluar los KPI utilizados en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). La elección de estos criterios se basa en la premisa de asegurar que los KPI no solo sean estadísticamente precisos y confiables, sino también prácticos y capaces de proporcionar una visión holística de la situación. La combinación de estos criterios contribuye significativamente a la formulación y evaluación de KPI sólidos y efectivos en un entorno empresarial. En la siguiente tabla se detalla cada uno de estos criterios, acompañados de una breve descripción.

Tabla 6*Propuesta de criterios para evaluar cada indicador*

Criterio	Descripción
Participación del colaborador	Establece el grado de involucramiento y aceptación de los colaboradores con respecto al KPI.
Relevancia	Se refiere a qué tan importante es el KPI en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), y si sus resultados representan un impacto en la empresa.
Beneficios	Además de proporcionar un control y seguimiento de una variable en específico, este apartado se refiere a si el KPI aporta aspectos positivos para los colaboradores o para la organización.
Facilidad de interpretación	Capacidad de entender de forma rápida y concisa la información brindada por cada KPI.
Impacto económico	Este criterio hace referencia al efecto monetario o económico que puede generar los resultados medidos por cada uno de los KPI.
Facilidad de recopilación de datos	El grado de dificultad que representa la actividad de tomar los datos respectivos para cada KPI.
Facultad para motivar	Se refiere a la capacidad que tiene el indicador para motivar a los usuarios en su rendimiento.
Confiabilidad de los datos	Este criterio asegura la precisión y la confiabilidad de toda la información recopilada, y, por ende, utilizada para medir el rendimiento y los resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios mencionados constituyen una propuesta de carácter general, elegidos por opinión de los miembros del *Core team*, debido a su relevancia, algunos más destacados que otros. No obstante, para la elección de aquellos que serán empleados en la evaluación de cada KPI en el presente capítulo, se llevará a cabo una tabla de ponderación (matriz de priorización). Este proceso permitirá evaluar cuáles son criterios más significativos entre los mencionados anteriormente, de acuerdo con el puntaje obtenido.

5.1.2. Evaluación de criterios en la matriz de priorización

En este apartado, se presentan los criterios propuestos por los investigadores para evaluar los indicadores clave de rendimiento (KPI) en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). La elección de estos criterios se sustenta no solo en la premisa de garantizar su confiabilidad, sino también su practicidad e integralidad de su medición. Por ello, en esta sección se aplicará una tabla de priorización para seleccionar los criterios con mejor puntaje, según los criterios evaluados, para usarlos en la evaluación de los KPI.

5.1.2.1. Estructura de la matriz de priorización.

Es importante detallar este apartado, pues la herramienta tiene diferentes elementos que son indispensables de aclarar para seleccionar los criterios que superen la nota de corte que se establecerá posteriormente. Además, es indispensable mencionar que la matriz que se utilizará es con puntuación cerrada, es decir, los criterios se puntuarán con números enteros (20, 40, 60, 80 y 100), donde cada una de estas notas representan, respectivamente, que es muy bajo, bajo, moderado alto y muy alto el impacto que tiene el criterio con respecto a la comparación por cada

KPI. Por otro lado, las partes con las que cuenta la matriz de priorización por utilizar son las siguientes.

- **Criterios de evaluación:** Son los criterios propuestos para evaluar a cada KPI. Sin embargo, es importante mencionar que después de la aplicación de la matriz, solo van a ser seleccionados aquellos criterios que superen la nota de corte o los que presenten la puntuación más alta.
- **Puntos por analizar:** En este caso son los KPI, que se van a relacionar directamente con los criterios propuestos y los cuales van a ser puntuados del 20 al 100, donde 20 es la nota más baja. Esto refleja que ese criterio en dichas características carece de importancia. Por otro lado, el 100 es la puntuación más alta, y esto significa que esa característica es muy importante, o representa un impacto considerable para los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) o para la empresa en general.
- **Puntuación:** Es la nota total después de haber sumado todas las puntuaciones de cada relación hecha del criterio con el KPI. Para este caso, se establecerá una nota que haga una división, donde la nota de aquellos criterios que estén por debajo de esta será descartada, mientras que, por otro lado, los que la superen son los que van a ser seleccionados para ser aplicados en la evaluación de cada KPI.

Continuando con la explicación de las partes que conforma la matriz de priorización utilizada, es indispensable destacar que otro apartado importante en dicha herramienta consiste en explicar cada puntaje que se le brindará a cada relación hecha del criterio y KPI, pues se debe definir por qué se le brindó dicho puntaje y qué impacto puede representar para los Cuartos de

Ambiente Controlados (CER) o la empresa en general. Por tal motivo, seguidamente se presenta una serie de tablas que brindan la definición detallada en la relación mencionada.

Tabla 7

Definición de los puntajes de la relación criterio-KPI

Definición de los puntajes de los criterios			
Núm.	Valor cualitativo	Puntaje	Definición
1	Muy bajo	20	El impacto no representa un problema para la organización. Es decir, no detiene la producción ni ninguna de las operaciones en caso de incumplimiento del KPI, tomando en cuenta los resultados de los indicadores.
2	Bajo	40	El impacto que causa la materialización del riesgo en la producción de la empresa es mínimo, ya que solo detiene una operación, máximo una línea de completa.
3	Moderado	60	La materialización del riesgo puede causar un paro momentáneo en el flujo de la producción, es decir, detenerla toda en los Cuartos de Ambientes Controlados (CER) durante un período de tiempo de máximo un día.
4	Alto	80	Generan retrasos importantes que afectan el cumplimiento de las exportaciones, llegando a influir hasta un 20% en la demanda del cliente.
5	Muy alto	100	Puede detener las operaciones de la empresa e incluso consecuencias como cierre definitivo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6, se puede apreciar el puntaje establecido para cada valor cualitativo con su respectiva definición, la cual establece el impacto que puede tener en el área de estudio o en la organización. Por ello, la puntuación brindada a cada relación hecha por criterio y KPI estará basada o justificada en esta tabla.

Por otro lado, es indispensable decir que como se relacionó cada criterio directamente con los indicadores de estudio, se creó una tabla que explique cada relación hecha por cada KPI, es decir, que además de la definición que representa el puntaje brindado en la Tabla 6, se establece una justificación por cada relación hecha que detalle aún más el puntaje brindado. Sin embargo, todas las descripciones para cada indicador se encuentran en el apartado de los Anexos (A, B, C, D y E).

Previo a aplicar la matriz de priorización, es indispensable explicar que los criterios van a ser seleccionados por las notas que superen una nota de corte establecida de un 40% (200 puntos). Establecer esta puntuación límite en la matriz de priorización se basa en asegurar que solo se consideren criterios que demuestren un desempeño significativo y relevante de acuerdo con los rangos de puntajes establecidos en la Tabla 6. Esta nota de corte se fijó considerando que un criterio debe alcanzar un mínimo aceptable de puntuación para ser considerado útil en el análisis, evitando así que criterios con un bajo impacto afecten la calidad de la tabla de priorización. Al definir este límite, se garantiza que los criterios que muestran un rendimiento adecuado, alineado con los objetivos y expectativas, sean incluidos para la evaluación de los respectivos KPI.

Además, es importante mencionar que se tomó en cuenta que la nota final mínima que podía obtener un criterio es de 100 puntos, si cada criterio por KPI recibía un 20 como nota. No obstante, la nota máxima es de 500, puntuándose cada criterio por indicador con un 100. También

se tomaron en cuenta diferentes apartados, como lo es evaluar el rendimiento operativo de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de forma mixta, además de considerar aspectos que conlleven a la aceptación y utilidad general de los indicadores.

Tabla 8

Matriz de ponderación de los criterios de evaluación

Matriz de priorización							
1. Empresa:		MediTech					
2. Proyecto:		Trabajo final de graduación					
3. Departamento:		Cuartos de Ambiente Controlado (CER)					
4. Proceso:		Evaluación de criterios para analizar kpi's.					
Criterios de evaluación	Puntos a analizar	Reprocesos	Producción neta (Yield)	Consumible	Productividad	Eficiencia	Puntuación
1	Participación del colaborador	80	60	20	40	20	220
4	Facilidad de Interpretación	20	20	20	40	20	120
3	Beneficios	60	20	60	40	40	220
2	Relevante	80	40	60	80	20	280
5	Impacto económico	80	60	80	40	40	300
6	Facilidad de Recopilación de Datos	40	40	20	20	20	140
7	Facultad para Motivar	20	20	20	80	40	180
8	Confiable	40	40	40	40	20	180
Puntuación		420	300	320	380	220	
Resumen final							
Opciones elegidas		Son aquellas que superen la nota de corte establecida.					
Justificación de la elección		Se seleccionaron dichos criterios, debido a que fueron los que obtuvieron el puntaje más alto en cada una de las categorías evaluadas, superando la nota de corte establecida.					
Próximos Pasos		Aplicar los criterios seleccionados para evaluar cada KPI.					

20: Muy bajo

40: Bajo

60: Moderado

80: Alto

100: Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de priorización, se calificó cada uno de los criterios propuestos para analizar cada KPI, y como se puede ver en la Tabla 7 en la columna de puntuación, los criterios con puntuación más alta están en un tono verde, los cuales son los considerados más relevantes para estudiar cada indicador en este apartado. No obstante, al relacionarlos directamente con cada uno de los KPI, se puede visualizar previamente los indicadores con más relevancia, según los criterios establecidos, que en este caso son el de productividad y el de reprocesos con respectivamente 420 y 380 puntos en la matriz de priorización.

Estos criterios no solo obtuvieron las puntuaciones más altas en la matriz de priorización, sino que también fueron considerados de suma importancia por diversas razones, como son las que se detallan a continuación.:

- Participación del colaborador: este aspecto es indispensable para el éxito en la empresa, si se establece una correcta ejecución en cada uno de los KPI. Además, es importante mencionar la medida en que los colaboradores están involucrados y aceptan los indicadores, pues puede llegar a influir significativamente en su utilidad y aceptación a nivel de trabajador como de empresa. En otras palabras, entre más comprometidos se sientan los trabajadores con lograr rendir adecuadamente para que esto se vea reflejado en las métricas, hará que los resultados se mantengan constantes y positivos.
- Beneficios: este apartado sobresale por su relevancia en la evaluación de cada uno de los indicadores, ya que los aspectos positivos derivados de cada KPI pueden tener un efecto directo en el progreso y éxito de MediTech. Es por esto que evaluar cómo cada indicador contribuye a las metas, objetivos y beneficios generales de la

organización resulta indispensable para la correcta toma de decisiones de manera estratégica.

- **Relevante:** la importancia de un indicador es decisivo para asegurar que esté acorde con los objetivos de la empresa. La correcta selección de los KPI garantiza que los datos y la información compilada sea aplicable y valiosa para cada una de las estrategias y necesidades de la empresa.
- **Impacto económico:** este criterio refleja lo crucial que es analizar y evaluar el efecto financiero de cada indicador. Implica comprender cómo los KPI tienen influencia en la situación económica de MediTech, al proporcionar datos e información fundamental para tomar las mejores decisiones financieras y brindar la potestad de realizar una correcta planificación estratégica a largo plazo.

Todos estos criterios proporcionan de forma general una perspectiva equilibrada y completa, lo cual está fundamentado por la objetividad analítica y estadística de la empresa. Ahora, es importante mencionar que los elementos para establecer una nota de corte del 40% (200 puntos para ser seleccionado el criterio) se basaron en lo siguiente:

- Que el análisis de los KPI no se vuelva muy complejo y extenso, es decir, encontrar aquellos indicadores que realmente muestren el rendimiento y los objetivos críticos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).
- Por criterio de los expertos del área (Core team , los cuales son los responsables del análisis de los datos de los KPI y la correcta toma de decisiones) los puntos a evaluar son suficientes para determinar si el KPI es importante. Ya que los puestos de los miembros entrevistados son los siguientes: Supervisor de producción,

Ingeniero de calidad, Técnico de calidad, 2 Técnicos de ingeniería, Planing, Materialista, 4 Líderes de producción.

- La información que se puede obtener de los 4 criterios seleccionados es suficiente para evaluar los diferentes KPI, ya que estos son capaces de ofrecer una visión completa del rendimiento de los KPIs que se van a analizar de acuerdo con las sugerencias brindadas por el Core team
- Además, como ya se había mencionado, la matriz a utilizar es de datos cerrados (rango de 20), es por esto por lo que el 40% (es decir puntaje de 200) se considera razonable, ya que solo sería seleccionados aquellos puntuados con una nota media alta en cada criterio, es decir, que cada criterio haya obtenido un promedio de nota de 40 a 60 o hasta superior.
- Otro elemento que se tomó en cuenta para la selección de una nota de corte de 40% (200 puntos) es para evitar que queden aquellos criterios puntuados en su mayoría con una nota muy baja (20) en cada comparación de cada KPI, es decir, esto evita que no se seleccionen aquellos con una nota final de 100, ya que si cada comparación es puntuada con una nota “muy baja” daría una sumatoria total de 100 puntos, lo cual demuestra que los indicadores presentan poca relevancia según los criterios con los que se compararon.

Por ello, se procede a realizar la aplicación de cada criterio a cada KPI, para generar el respectivo análisis a cada uno y con ello concluir al final de este capítulo si el indicador se descarta, se procede a rediseñar o está en conformidad (es decir, está bien).

5.1.3. Análisis de los KPI por criterio de evaluación.

5.1.3.1. KPI reprocesos.

5.1.3.1.1. Participación del colaborador.

Este criterio es indispensable, ya que integra múltiples niveles dentro de las actividades de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). Además, este indicador es revisado de forma diaria tanto por los ingenieros del área como por los líderes del cuarto, donde se les muestran a los operarios en las reuniones 1 todas las mañanas, para garantizar una supervisión constante de la información introducida. A su vez, todos los días los encargados del cuarto ingresan los datos, destacando la importancia estratégica del indicador con respecto a la toma de decisiones operativas del área. La inclusión diaria de diferentes roles certifica una comprensión en conjunto, promoviendo un sentido de responsabilidad mutua entre los colaboradores con respecto a seguir mejorando los reprocesos.

Una buena alternativa para mejorar la participación de los usuarios con respecto a este indicador puede ser la implementación de sesiones que capaciten periódicamente a los nuevos o aquellos que presentan inconsistencia con respecto al funcionamiento y estructura de medición de este KPI. Esto provoca que el entendimiento sea mejorado, y genere una mayor interpretación en la recopilación de los datos.

5.1.3.1.2. Beneficios.

Como se ha mencionado, el KPI de los reprocesos es uno de los más utilizados dentro de los cuartos de ambiente controlado, ya que con este se toman decisiones importantes cuando existe alguna situación en particular. Entre los principales beneficios que brinda están: la cantidad de

piezas que fueron reprocesadas en un Job o lote de producción, así como el total de piezas. Con esto, se puede determinar el porcentaje de reprocesos y dar a conocer si se supera el límite establecido por la empresa y, por lo tanto, buscar acciones correctivas que mitiguen ese porcentaje.

Además de esto, el indicador muestra la tendencia de los reprocesos a través del tiempo, de manera que se pueda visualizar si tiene un comportamiento creciente o decreciente y con ello tomar las acciones que lo amerite, esto genera un beneficio bastante importante para conocer si los esfuerzos que se realicen día con día están generando resultados o, por el contrario, si se debe establecerlos nuevamente.

Por último, este indicador también proporciona información sobre los operarios que realizaron los retrabajos, de manera que se puede conocer a lo largo del tiempo quién realizó más reprocesos, con el fin de buscar soluciones que le beneficien a la persona realizar la operación y brindar las condiciones necesarias para que baje el porcentaje de reprocesos.

Sin embargo, una mejora por implementar en este indicador con respecto al *dashboard* en el capítulo siguiente es agregar en la tendencia de reprocesos la línea de meta con la que cuenta el indicador, es decir, el 10% de retrabajos diarios; a su vez, implementar el conteo automático de trabajos inspeccionados y realizar un rediseño completo.

5.1.3.1.3. Relevante.

Este KPI tiene importancia dentro de los Cuartos de Ambiente Controlado, y es uno de los más monitoreados y revisados por los expertos del área. Lo principal que mide el KPI de reprocesos es el porcentaje de piezas que tuvieron que realizarse nuevamente en alguna o varias de las operaciones anteriores. Si el porcentaje supera el 10%, que es lo establecido para este

indicador, se debe buscar cuál es la causa que lo genera y hallar soluciones que minimicen esa cantidad, ya que esto tiene un impacto directo en la productividad y la rentabilidad del negocio.

Una de las mejoras que se pueden implementar en este indicador con respecto al criterio analizado es crear un *dashboard* que muestre la tendencia de reproceso de forma semanal, ya que actualmente el indicador no tiene incorporada una herramienta para visualizar esa tendencia y es requerida para mostrarla en las reuniones mensuales que se realizan con los operarios del área, por lo que se deben de extraer de forma manual.

5.1.3.1.4. Impacto económico.

Este indicador está directamente relacionado con el impacto económico y la rentabilidad de la empresa, ya que a las piezas que se deben de reprocesar se les invierte una mayor cantidad de recursos, como mano de obra y materiales. Esto provoca un aumento en el costo del producto y, por lo tanto, la rentabilidad se va a ver afectada por la disminución en la ganancia de las piezas.

Contrario a lo anterior, toda organización busca minimizar los costos del producto, manteniendo siempre el mismo costo de producción; por lo tanto, mantener un porcentaje de reprocesos bajos ayudará a que las ganancias sean mayores. Es por ello que el proyecto tiene como objetivo analizar los indicadores de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) para determinar cuáles son las principales causas que afectan el impacto económico y establecer acciones que se puedan implementar para generar un aumento en la rentabilidad de la empresa.

5.1.3.1.5. Clasificación del indicador.

En conclusión, para este indicador se puede establecer que, de acuerdo con los criterios aplicados a este KPI, resulta de gran importancia en el área de cuartos limpios para mantener controlado la cantidad de reprocesos que se realizan en un determinado tiempo, por lo tanto, se va

a integrar en el sistema de monitoreo de este proyecto para ser rediseñado y proponer las mejoras que se consideren necesarias para una mejor interpretación de los resultados.

Además, este KPI se considera uno de los más relevantes, debido a que a causa de los reprocesos se genera una cantidad importante de desperdicios, tanto materiales como mano de obra, que podrían ser reducidos manteniendo un porcentaje aceptable del indicador de reprocesos. Por lo anterior, en capítulos posteriores del proyecto se van a proponer acciones correctivas que se pueden implementar en caso de tener un porcentaje muy alto en algunos de los defectos más presentados en el cuarto (tanto acciones preventivas como correctivas), de manera que se puedan reducir y tener una mayor rentabilidad económica.

5.1.3.2. KPI productividad.

5.1.3.2.1. Participación del colaborador.

Al igual que el KPI de reprocesos, este es revisado de forma diaria por los ingenieros del área y presentado a los operarios. Este indicador se obtiene con las horas ganadas versus horas pagadas que se pueden obtener de los registros del sistema (Epicor) y además se compara con la información que manejan los líderes para determinar que no existan sesgos en la data, permitiendo asegurar una monitorización constante en la data. Además, es importante mencionar que, de acuerdo con la participación de los diferentes colaboradores del área, se puede lograr una continua transparencia e identificación rápida de discrepancias que pueda surgir en los procesos de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Por otro lado, una oportunidad de mejora en este apartado puede ser fomentar una participación más activa, a través de la creación de recompensas o incentivos para los colaboradores. Es una buena estrategia implementar esta serie de premios para los que presenten

un buen desempeño y participación en el correcto registro de los datos de productividad. Otra alternativa puede ser la implementación de sistemas que generen retroalimentación, destacando la relevancia de su contribución.

5.1.3.2.2. Beneficios.

El KPI de productividad tiene un beneficio bastante importante en los cuartos de ambiente controlado, ya que con él se determina a través del tiempo si la productividad se mantuvo dentro de lo establecido, o si por el contrario se encuentra por debajo. Este resultado es importante para la empresa debido a que si la productividad se encuentra baja significa que las horas pagadas están siendo mayores a las que se están trabajando; por lo tanto, la empresa no está obteniendo beneficios. En cambio, si el KPI se encuentra alto significa que se están ganando horas en las operaciones.

Este parámetro es bastante monitoreado por los expertos del área debido a los beneficios o los efectos que puede causar los resultados que se obtengan de este KPI, es por ello que se realiza una revisión constante y se compara con los datos reales que manejan los líderes del área para determinar que no existan variaciones en los datos arrojados por el sistema.

5.1.3.2.3. Relevante.

Este indicador es uno de los más importantes dentro del cuarto de ambiente controlado, porque los resultados obtenidos indican cómo se encuentra el área y si es necesario tomar decisiones importantes que impacten esos resultados. Además, con este indicador se logra determinar la productividad por cada una de las personas que trabajan en el cuarto de ambiente

controlado, de manera que se puede determinar si la persona está cumpliendo con los resultados o no, y con ello poder tomar acciones.

Por otra parte, este KPI no solo se limita a la observación de datos cuantificables, sino que también brinda un panorama de las oportunidades de mejora que se pueden realizar dentro del cuarto de ambiente controlado, para que los resultados obtenidos sean más positivos para la empresa.

5.1.3.2.4. Impacto económico.

Los resultados obtenidos de este KPI tienen una relación directa con el impacto económico de la empresa, ya que como se mencionó anteriormente este indicador se obtiene de la diferencia entre las horas ganadas y las horas pagadas. Por lo tanto, si la productividad es baja significa que se están pagando más horas a los operarios de la cantidad real que se está laborando. De tal modo, los beneficios económicos de la empresa se verán disminuidos.

Es importante mencionar que para que los datos obtenidos del indicador sean veraces es necesario que los operarios realicen un correcto uso del sistema, debido a que si no abren una operación en el momento en que comienzan a trabajar esas horas no se verán reflejadas en el sistema y por lo tanto van a generar variaciones desfavorables.

5.1.3.2.5. Clasificación del indicador.

Como conclusión, se puede establecer que este indicador resulta de suma importancia para la empresa, ya que los resultados obtenidos son utilizados para la toma de decisiones importantes sobre el área de cuartos limpios. Por lo tanto, se incluye dentro del sistema de monitoreo para su

rediseño e implementación de mejoras que faciliten al Core team mostrar e interpretar los resultados acá obtenidos.

Además, es importante mencionar que para este indicador no existe un *dashboard* como tal en el cual se pueda obtener la productividad de forma automática para diferentes días o semanas. Así, es crucial implementar un *dashboard* donde se pueda obtener esta información de forma rápida y efectiva, ya que actualmente se deben de extraer los datos del sistema y realizar el análisis de forma manual, por lo que implementar un *dashboard* facilitará este proceso y será de gran ayuda para obtener los resultados.

5.1.3.3. KPI consumibles.

5.1.3.3.1. Participación del colaborador.

En el caso del KPI de los consumibles no representa tanta participación por parte del personal, pues lo que se busca es determinar si el consumo en dólares semanales se mantuvo dentro del rango de lo aceptable, por lo que la información es recopilada de la base de datos de la compañía del consumo de materia prima que se utilizó en un determinado tiempo. Generalmente, este indicador es presentado semanalmente en las reuniones del Core team de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Las decisiones que se toman con respecto a este indicador son más como control financiero para determinar si el gasto que se tuvo es aceptable o, por el contrario, se deben buscar alternativas para bajar el consumo de materiales. Además, la formación continua también sería otra acción para que los colaboradores puedan mejorar la participación, ya que esto puede generar conciencia y comprensión de la importancia de este indicador.

5.1.3.3.2. Beneficios.

El principal aporte que brinda este KPI es que refleja el gasto total que tuvo el CER en un determinado tiempo, lo cual le da un seguimiento para controlar que los consumibles se mantengan dentro del rango establecido por la empresa. Además de brindar un análisis de los costos generados por la unidad de tiempo que la empresa requiera, esto es una ventaja para identificar oportunidades de mejora que requieran ser optimizadas.

En este apartado, la representación de los costos es importante para la empresa; sin embargo, se puede mejorar mediante un análisis más detallado si fuera el caso de que la empresa presentara picos altos en los consumibles, esto para promover una gestión más efectiva de los recursos que se utilizan.

5.1.3.3.3. Relevante.

Presenta una importancia singular e indispensable, ya que su principal objetivo es controlar y dar seguimiento al consumo económico que tiene la empresa. Cabe destacar que en este consumo se suma todo, incluyendo la materia prima e inversión monetaria, que es lo que representa el KPI. En otras palabras, este indicador actúa como una herramienta fundamental para llevar un correcto control de los gastos, estableciendo una visión general del manejo de materiales y de sus respectivos efectos económicos asociados. Además, para que este indicador siga con un buen control, se le deben aplicar evaluaciones periódicas para cerciorarse de que siga siendo adecuado a las necesidades de la organización, y, por ende, a las metas que poseen los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

5.1.3.3.4. Impacto económico.

Como se analizó en el criterio de relevancia, este KPI es sumamente importante, ya que brinda una visión detallada de la materia prima consumida en términos monetarios de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER). A pesar de que no muestra en detalle la materia prima utilizada, da una idea de la cantidad monetaria que gasta la empresa en los consumibles en general, lo cual permite una gestión y seguimiento más informado y estratégico de los recursos materiales y monetarios.

En estos términos, el impacto económico es crucial, por lo cual se debe dar un adecuado seguimiento al monitoreo de los costos que genera la empresa en cada uno de los materiales y recursos que utilizan.

5.1.3.3.5. Clasificación del indicador.

Se puede concluir que este KPI resulta importante para la empresa. Es un indicador que realiza su principal función sin ninguna complejidad, reflejando los datos que tiene que mostrar, es decir, brindar un panorama del gasto económico que ha tenido la empresa en el área de los consumibles en un periodo en específico de los Cuartos de Ambiente Controlado. No obstante, después de analizar cada criterio en él, se tomó la decisión de clasificarse en la categoría de conformidad (es decir, está bien), ya que el indicador cumple con el objetivo para el cual fue creado, ayudando a la empresa a visualizar y controlar los gastos consumidos. Con esto se hace una correcta toma de decisiones por parte del Core team, lo cual está dentro de las expectativas de la compañía.

5.1.3.4. KPI producción neta (*yield*).

5.1.3.4.1. Participación del colaborador.

La participación y constancia de cada uno de los colaboradores es fundamental para este indicador, pues al igual que en el caso del KPI de reprocesos, los responsables deben cargar la información en la base de datos correspondiente. Por ello, este criterio sí tiene mucha relevancia, ya que garantiza una recopilación precisa y oportuna de los datos necesarios para calcular de forma adecuada el rendimiento de producción que se está presentando en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

Para motivar a los diferentes colaboradores en la carga de datos, se pueden implementar medidas que proporcionen de forma fácil la participación del personal en realizar esta actividad. Esto se puede lograr capacitando de forma periódica a los usuarios que interactúen con la base de datos, esto para garantizar la consistencia y exactitud en los datos. Dicha medida establece una mayor seguridad y confianza en el rendimiento de la línea de producción.

5.1.3.4.2. Beneficios.

El principal aporte es que brinda información indispensable y valiosa al indicar la cantidad total de piezas producidas de manera correcta al final de la línea de producción. Es decir, representa las piezas finales que se obtienen después de eliminar los productos defectuosos o *scrap*s generados en el proceso de producción. Además de brindar este dato, ofrecen información clave que puede identificar oportunidades de mejora con respecto a la optimización de procesos en el CER.

5.1.3.4.3. Relevante.

Este KPI se controla con mucho menos frecuencia, ya que su importancia se intensifica cuando hay una presencia de manera constante de producto defectuoso. Por eso, en estas situaciones, resulta indispensable realizar chequeos que detallen más la situación para poder abordarla de la mejor manera y lograr una solución a cualquier inconveniente que se presente en la línea de producción. De tal modo, los chequeos paulatinos de este indicador ayudan a evaluar y detectar si hay problemas en la línea de producción que provoquen un incremento en las piezas defectuosas.

5.1.3.4.4. Impacto económico.

Este indicador sí presenta un impacto considerable en términos monetarios para la empresa, pues define la cantidad total de piezas defectuosas que fueron desechas, es decir, las unidades consideradas como *scrap* (desperdicio). Esto da a entender que la eliminación de estas unidades afecta de forma directa los costos relacionados con la producción de MediTech, por lo cual implica la necesidad de reemplazar todas aquellas piezas consideradas *scrap* y esto puede generar gastos extra para mantener la continuidad del proceso productivo.

En otras palabras, el apartado económico de este indicador es una situación que hay que mantener con un correcto seguimiento y control, ya que su situación financiera radica en cuantificar la magnitud de los desperdicios en términos monetarios, llegando a afectar de forma directa la rentabilidad y la eficiencia operativa de la organización. Sin embargo, por las revisiones y chequeos a la producción neta registrada se ha podido optimizar los recursos, y, por ende, reducir los costos relacionados con la generación de piezas defectuosas.

5.1.3.4.5. Clasificación del indicador.

En conclusión, el indicador de producción neta (*yield*) es crucial para evaluar la producción total y, a su vez, la cantidad de *scrap* o piezas consideradas como desperdicio en la línea de producción. Sin embargo, su relevancia puede variar en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), ya que cumple correctamente con su función principal, a saber, registrar y visualizar las piezas totales elaboradas y desperdiciadas. Cabe destacar que su información también se puede deducir u obtener de otros KPI, como el de productividad, que además de demostrar el rendimiento que tienen los colaboradores en un proceso, también muestra la cantidad de piezas elaboradas.

Por ello, se clasifica este indicador dentro de la categoría de conformidad, cumpliendo con su cometido de medir los *scraps* y la totalidad de la producción del CER. Esto demuestra que se registra de forma correcta esta información, por lo cual no se hallaron oportunidades de mejora en este caso.

5.1.3.5. KPI eficiencia.

5.1.3.5.1. Participación del usuario.

Con respecto a este KPI, la participación de cada uno de los colaboradores no es necesaria, ya que este indicador es el resultado de forma automática por Epicor. Por lo tanto, la información que requiere es obtenida sin la interacción de un trabajador de forma directa. Esto quiere decir que, gracias a la forma automática de Epicor, garantiza que el KPI refleje de manera confiable la eficiencia de cada una de las actividades y operaciones efectuadas en el CER. Además, permite, a su vez, realizar mediciones objetivas y consistentes de la eficiencia sin necesidad de la intervención del personal.

5.1.3.5.2. Beneficios.

Proporciona información específica al reflejar la eficiencia que consigue una persona en cada una de las actividades u operaciones efectuadas, proporcionando una medida directa del rendimiento laboral de los colaboradores del CER. Como ya se mencionó, al ser un resultado de forma directa por el sistema, resulta un beneficio potencial para proporcionar una evaluación directa del rendimiento por cada trabajador en términos de eficiencia, y con esto, hallar posibles oportunidades de mejora.

5.1.3.5.3. Relevante.

En el contexto de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), este KPI no se revisa de forma frecuente. Además, su relevancia se ve limitada, ya que otros KPI, por lo general, suelen recibir más atención y prioridad. Esto se debe más que todo por la jerarquización de prioridades y enfoques de evaluación del rendimiento que poseen otros indicadores, pues están relacionados con áreas consideradas como críticas, como es el caso de los KPI de reprocesos y productividad. Además, esta baja relevancia se debe también a que sugiere que su papel y contribución no son tan comentados o destacados en la toma de decisiones que se presentan en el Core team.

5.1.3.5.4. Impacto económico.

En este apartado, es prácticamente irrelevante, ya que al centrarse específicamente en la capacidad que tiene el colaborador en el uso adecuado de la maquinaria, no proporciona un impacto económico directo en términos de costos de producción o de los ingresos que tenga la empresa, por lo cual solo se enfoca en controlar la habilidad individual por cada trabajador y la efectividad que se tiene en la realización de todas las operaciones, distanciándose del aspecto financiero.

Por otro lado, es indispensable destacar que la importancia de este KPI no radica en el área económica, sino en la optimización de los recursos internos y la optimización de la ejecución adecuada de las actividades individuales por cada colaborador, lo que influye de manera indirecta en la eficiencia operativa y rentabilidad de MediTech.

5.1.3.5.1. Clasificación del indicador.

Como conclusión, se puede establecer que este indicador brinda de forma automática mediciones consistentes y objetivas por el sistema Epicor, sin requerir de la participación de los colaboradores. Sin embargo, su poca importancia en el aspecto de revisión periódica de KPI y limitado impacto económico sugieren que podrían brindar una toma de decisión sobre si el indicador presenta otros aspectos útiles para la toma de decisiones en el Core team.

Es por lo anterior que este indicador es clasificado en la categoría de descarte, ya que sus resultados son proporcionados automáticamente por el sistema de MediTech, Epicor, lo cual indica que hay muy pocas oportunidades de mejora o de rediseño en sus puntos de medición por la alta estandarización de la herramienta. Por otro lado, para términos del proyecto, resulta irrelevante en términos de medir la productividad.

5.1.4. Categorización de los KPI

A continuación, se presenta una tabla resumen, donde se pueden visualizar las categorías en que fueron clasificados los cinco KPI, de acuerdo con el análisis aplicado en cada criterio.

Tabla 9*Resumen de la clasificación de los cinco KPI*

Indicador clave de rendimiento (KPI)	Categoría
Reprocesos	Rediseño (se integra al sistema de monitoreo)
Productividad	Rediseño (se integra al sistema de monitoreo)
Consumibles	De conformidad
Producción neta (<i>yield</i>)	De conformidad
Eficiencia	Descarte

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 8 muestra en cuáles categorías se encuentra cada indicador, esto para señalar aquellos KPI que van a ser descartados, rediseñados para el sistema de monitoreo (analizados para la implementación de las propuestas de mejora en los próximos capítulos) o los que se encuentran en conformidad.

De acuerdo con el análisis realizado en cada KPI en la aplicación de los criterios, se concluyó que los KPI de reprocesos y productividad serán rediseñados para ser integrados en el sistema de monitoreo del proyecto, lo cual será ampliado en el siguiente capítulo. Por otro lado, se clasificaron los indicadores de producción neta (*yield*) y consumibles en conformidad, y, por último, descartando el KPI de eficiencia.

5.1.5. Encuesta sobre importancia de KPI

El propósito de este apartado es realizar una breve encuesta sobre la relevancia de los indicadores que se están analizando en el área de estudio: Cuartos de Ambiente Controlado. Esto con el principal objetivo de respaldar la decisión de seleccionar los indicadores de productividad y reprocesos. No obstante, dicho formulario será aplicado a aquellos colaboradores del Core team, que tienen un alto conocimiento con el uso de los KPI que se están analizando. El perfil que deben seguir estas personas es tener experiencia en la utilidad de cada uno de estos indicadores, conocer su función principal, y, además, estar involucrados en los resultados que generan estos, los cuales son utilizados para la correcta toma de decisiones.

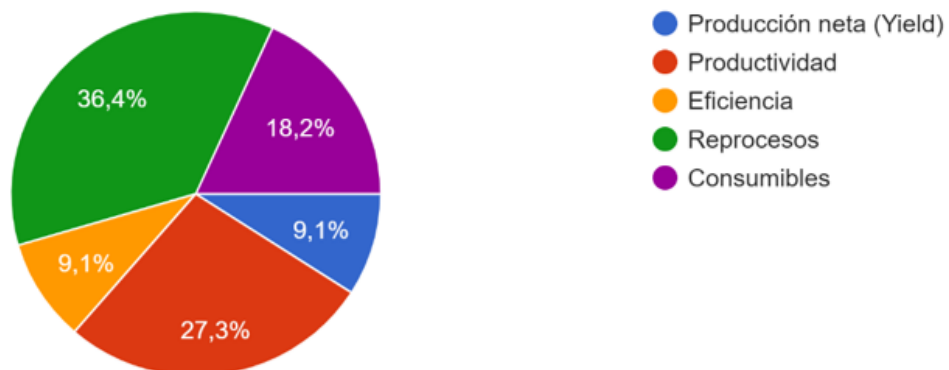
De acuerdo con el perfil descrito anteriormente, se concluyó que los colaboradores más aptos para responder la encuesta en relación con la relevancia de los KPI son los 11 miembros del Core team, ya que ellos se ven involucrados en el uso de cada uno de estos indicadores, por lo que se consideraron como los más aptos, y con amplio conocimiento para dar una respuesta concreta y acertada a la incógnita que se presenta a continuación.

Figura 15

KPI más importantes según el criterio de los miembros del Core team

De los indicadores utilizados en el cuarto de ambiente controlado (CER), ¿cuáles considera que son los más importantes para la toma de decisiones?

11 respuestas



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como se refleja en la Figura 16, en las respuestas obtenidas por parte de los miembros del Core team, se puede evidenciar la clara importancia que tienen los indicadores de reprocesos y productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER), lo cual justifica la elección realizada de estos dos KPI después del análisis elaborado, para ser integrados en el sistema de monitoreo que se presentará en el siguiente capítulo.

Capítulo VI: Implementación del sistema de monitoreo

6.1. Implementación del sistema de monitoreo

En este capítulo, se desarrollará la propuesta del proyecto que es el sistema de monitoreo con los dos KPI (reprocesos y productividad) que se seleccionaron en la etapa anterior. Este sistema consistirá en dos *dashboards*, los cuales en este proyecto integran diferentes apartados: un rediseño en general, el cual combina gráficos que muestren y faciliten la visualización de datos que son requeridos para la toma de decisiones diarias en la empresa, además de la integración de un semáforo de indicadores, que es una alternativa tipo poka-yoke, pues el resultado que este registre refuerza el resultado numeral. Esto permite un control adecuado de los datos obtenidos, vinculado a una serie de acciones que permitirán prevenir o corregir el reproceso que se presente dependiendo del color que contenga. Es decir, verde significa que los resultados están en los parámetros adecuados del KPI; amarillo indica que se está presentando un inconveniente en el proceso, por lo cual necesita una acción preventiva para solventarlo; y si es de color rojo, el sistema integrará las acciones correctivas correspondientes dependiendo del reproceso y el color que presente el indicador. Todo esto se va a hacer directamente para toda la información de cada KPI, con sus respectivos elementos visuales y base de datos para la correcta toma de decisiones, y, por ende, lograr aumentar la productividad de los Cuartos de Ambiente Controlado (CER).

6.1.1. Sistema de monitoreo KPI reprocesos

En este apartado, se presentará el paso a paso de la creación del sistema de monitoreo para el indicador de reprocesos, el cual consistirá en un *dashboard* que contenga diferentes elementos visuales, los cuales estarán alimentados con su respectiva base de datos actualizada. En este sistema, se aplicará cada uno de los puntos de mejora detectados, así como incluir elementos que

permitan un control y seguimiento adecuado, como es el semáforo de indicadores con las acciones correspondientes a los reprocesos y demás elementos visuales que permitan una mejor gestión de los datos, esto para que los colaboradores tengan una guía para la correcta toma de decisiones en el día a día.

6.1.1.1. Implementación de mejoras KPI de reprocesos.

De acuerdo con el análisis realizado en capítulos previos, se evidenció que este KPI exponía diversas deficiencias. En consecuencia, se llegó a la conclusión, tras considerar todos los aspectos estudiados, de la necesidad de llevar a cabo una reestructuración de este. Este proceso implica la implementación de mejoras específicas detectadas, que abarcan desde la inclusión de elementos visuales que faciliten visualizar información indispensable de manera automatizada y ágil en el panel de control, hasta la integración de medidas tanto preventivas como correctivas en función del porcentaje y el color indicado por el semáforo implementado. Como resultado, se logra un rediseño total del indicador, el cual se muestra a continuación; los *dashboards* de cada cuarto (Penumbra, Workhorse y B1) y posteriormente se explicarán las mejoras implementadas.

Es importante mencionar que las partes que se integraron en estos *dashboards* son diferentes elementos visuales que se requerían para la correcta toma de decisiones, ya que no se podían visualizar a simple vista. Sin embargo, con estas propuestas se podrá agilizar que los altos mandos puedan tomar las respectivas decisiones de forma rápida y con esto lograr un impacto positivo en la productividad de cada KPI. Dichas mejoras propuestas son las siguientes:

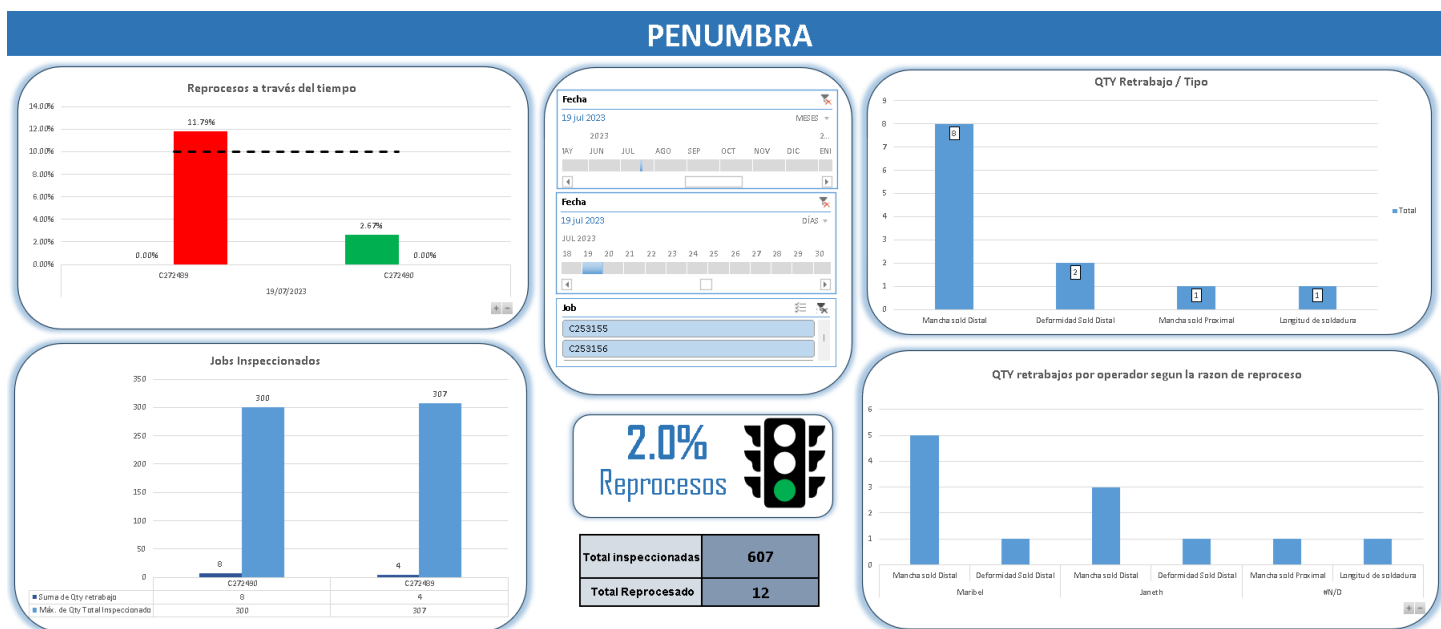
- Reprocesos a través del tiempo: se integró un gráfico que proporcione en todo momento la meta de reprocesos que deben tomar en cuenta para que la productividad no se vea afectada.

Cabe destacar que para los tres cuartos tiene la misma meta de reprocesos de 10%.

- QTY retrabajo/tipo: este apartado visual mostrará la cantidad de reprocesos según su tipo, es decir, cuántos reprocesos ocurrieron para cada tipo específico.
- *Jobs* inspeccionados: este grafico permite visualizar y, a su vez, contabilizar de forma automática la cantidad de *jobs* inspeccionados y los reprocesados.
- QTY retrabajos por operador según la razón de reprocesos: este apartado permite mostrar la cantidad de reprocesos cometidos por cada colaborador según el tipo específico del reproceso.
- El semáforo de reprocesos: este apartado contabiliza el porcentaje de forma automática de reprocesos en un tiempo específico. Este semáforo va ligado directamente con la meta del 10% de los CER, ya que como se explicó en la introducción de este capítulo dependiendo de los tres colores con los que cuenta (amarillo, rojo y verde) se estableció una acción preventiva y correctiva para solventar el problema de los reprocesos que está provocando el incremento con respecto a la meta establecida, y por ende, mantener el semáforo con el color verde, es decir que el proceso se encuentra de los estándares adecuados establecidos por la empresa.

Figura 16

Dashboard reestructurado del cuarto de Penumbra

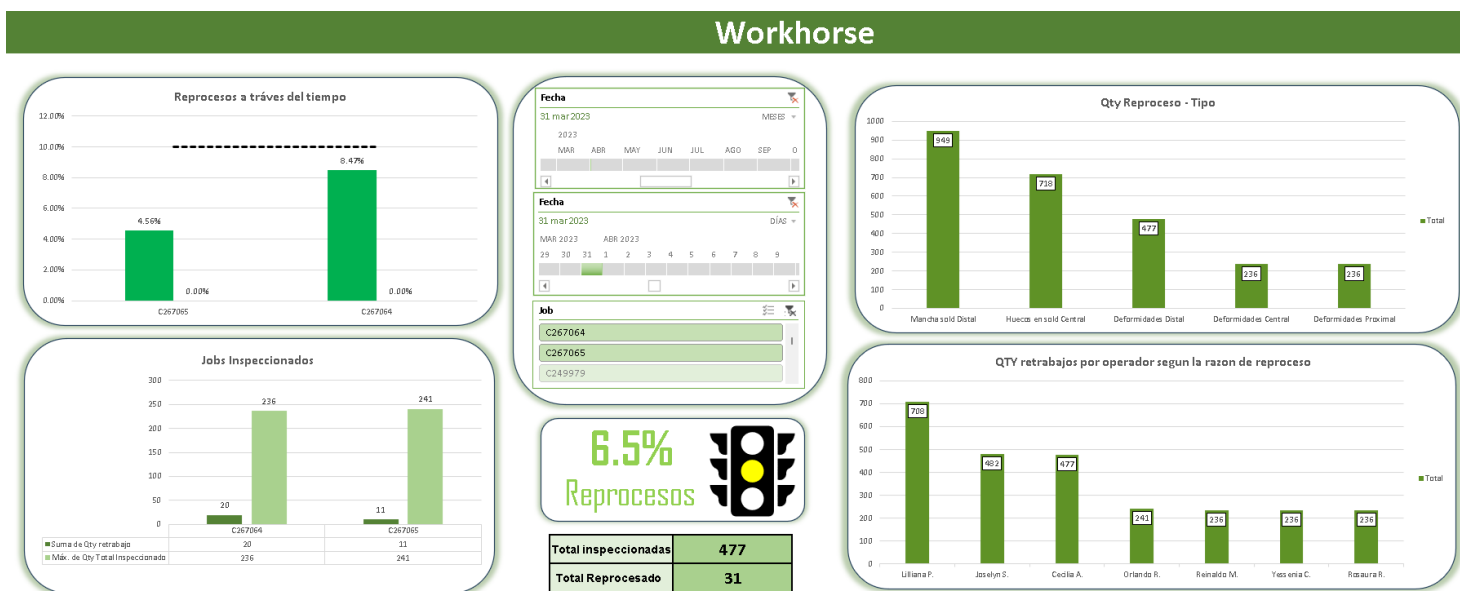


Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior, se puede apreciar el nuevo panel de control para el cuarto de Penumbra, el cual se encargará de controlar y mostrar los datos en esta área, con la implementación de todas las oportunidades de mejoras detectadas previamente.

Figura 17

Dashboard reestructurado del cuarto de Workhorse

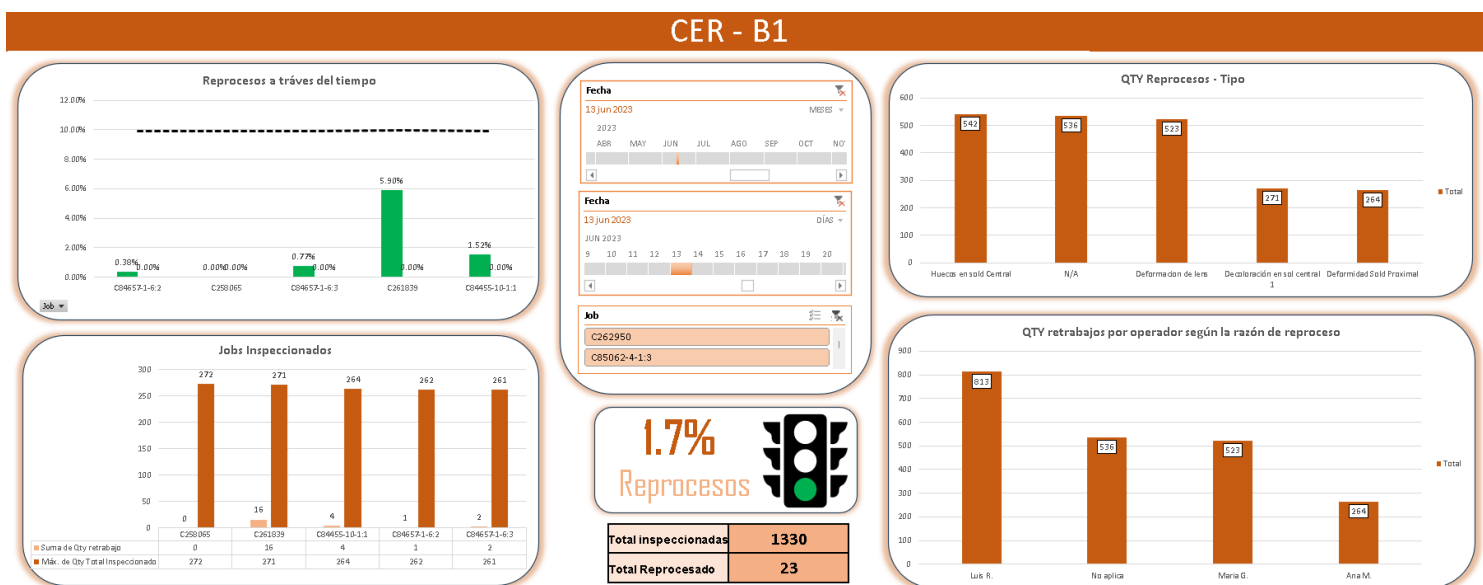


Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se realizó el rediseño del *dashboard* del cuarto de Workhorse, en el cual se mejoraron las deficiencias que presentaban, por ende, se realizó un cambio integral de todos los elementos que lo componen.

Figura 18

Dashboard reestructurado del cuarto de BI



Fuente: Elaboración propia.

A su vez, también se realizaron los mismos cambios al panel de control del cuarto B1, aplicándose una mejora en el diseño de este, integrando diferentes elementos visuales que eran requeridos en las presentaciones diarias realizadas por los altos mandos del equipo del Core team.

Como se ha presentado en las figuras anteriores, estas muestran cada uno de los *dashboards* de los cuartos de Penumbra, Workhorse y el B1, los cuales conforman el diseño final del sistema de monitoreo del KPI de reprocesos. Los tres diseños son prácticamente iguales, ya que las oportunidades de mejora en cada cuarto para cada panel de control eran las mismas. Por ello, seguidamente se procede a explicar cada una de las novedades implementadas en los *dashboards*.

6.1.1.1.1. Distribución.

En este apartado, se debía realizar un cambio significativo para mejorar la distribución de las gráficas en el panel de control. Se implementaron mejoras en cada elemento visual, reorganizándolos eficazmente. Esta nueva disposición facilita visualizar y comprender los datos durante las reuniones del Core team. La versión anterior del panel estaba demasiado condensada y comprimida, lo que dificultaba la representación adecuada de los datos y las distintas variables que se deseaban destacar. Esta limitación, en ocasiones, podía complicar el proceso de toma de decisiones.

6.1.1.1.2. Reprocesos a través del tiempo.

La implementación de este apartado en el rediseño era imprescindible, ya que esta propuesta de mejora permite visualizar los retrabajos según el intervalo de tiempo seleccionado. Además, indica de manera sencilla cuáles reprocesos por *Job* están alcanzando o superando el objetivo establecido para este indicador clave de rendimiento (KPI), fijado en el 10%. Un aspecto distintivo de esta gráfica es su capacidad para resaltar, mediante un cambio de color, aquellos trabajos que exceden el objetivo marcado. Estos se verán de color rojo para llamar la atención y asegurar que no se ignoren. Por contraste, los trabajos que se mantienen dentro de un margen aceptable (por debajo del 10%) se muestran en verde. Esta diferencia de colores permitirá un control efectivo sobre los reprocesos, facilitando la gestión conforme a los objetivos implementados en los CER.

6.1.1.1.3. Jobs inspeccionados/Semáforo.

Se incorporó una mejora en este segmento, agilizando cómo se presentan tanto los trabajos inspeccionados como los reprocesados. Ahora, se puede determinar el porcentaje de retrabajos alcanzados durante un periodo específico. Esto se logra mediante la visualización en la gráfica de la cantidad total de trabajos, lo cual permite no solo apreciar estas cifras en detalle sino también interpretar, a través de las alertas de colores que brinda el semáforo en el panel de control, el porcentaje de retrabajos obtenidos. Así, una señal verde refleja que los reprocesos están dentro de los parámetros de conformidad; amarillo indica que los resultados son aceptables; por otro lado, si la señal es roja, advierte que los reprocesos de los trabajos realizados alcanzan o superan el límite definido, el 10%. El semáforo va ligado a acciones preventivas y correctivas implementadas en el sistema de monitoreo, y que son una propuesta para que los colaboradores solventen las deficiencias según el reproceso y alerta que arroje el semáforo.

6.1.1.1.4. Acciones preventivas y correctivas.

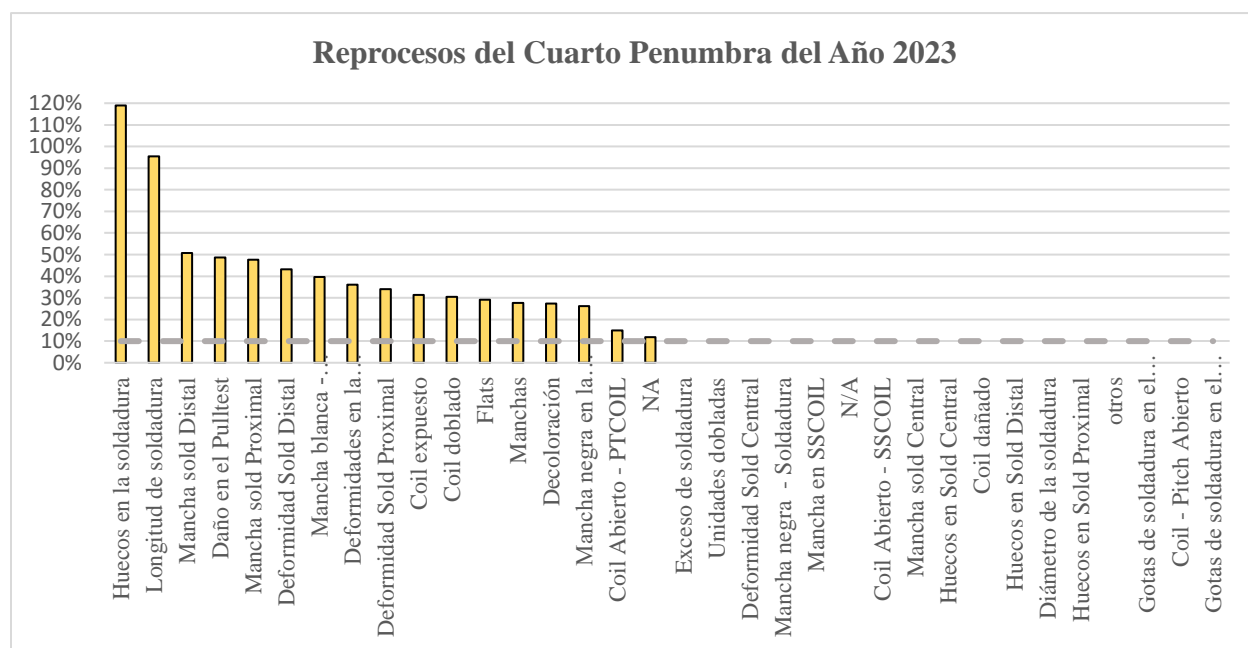
Este aspecto implementa un cambio significativo y actúa como un pilar en el rediseño del sistema de monitoreo de procesos, especialmente al estar vinculado directamente con el semáforo del KPI. Estas acciones funcionan según el color de la alerta del semáforo y se establece una acción preventiva ante una alerta amarilla y una roja. Este enfoque de acciones es una propuesta diseñada específicamente para abordar los desafíos frecuentes en el área de cuartos limpios (CER), proporcionando un conjunto de pasos o guías orientadas tanto a la prevención como a la corrección de los reprocesos, según se identifique por el porcentaje de incidencia señalado por el semáforo y aquellos procesos con mayor porcentaje de reprocesos.

Con un análisis de los datos históricos de los reprocesos presentado en 2023, se identificaron los reprocesos más frecuentes en los Cuartos de Ambiente Controlado, para

determinar las acciones preventivas y correctivas necesarias, que son una buena alternativa para lograr solucionar o evitar el problema que se presente. Este análisis reveló que los reprocesos más comunes fueron aquellos que superaron en gran medida el umbral de aceptabilidad definido, el 10% de reprocesos. A partir de estos hallazgos, se establecieron pasos específicos para abordar y mitigar el retrabajo. Los detalles de este análisis se ilustran en la gráfica siguiente.

Figura 19

Promedio de reprocesos de Penumbra en el año 2023



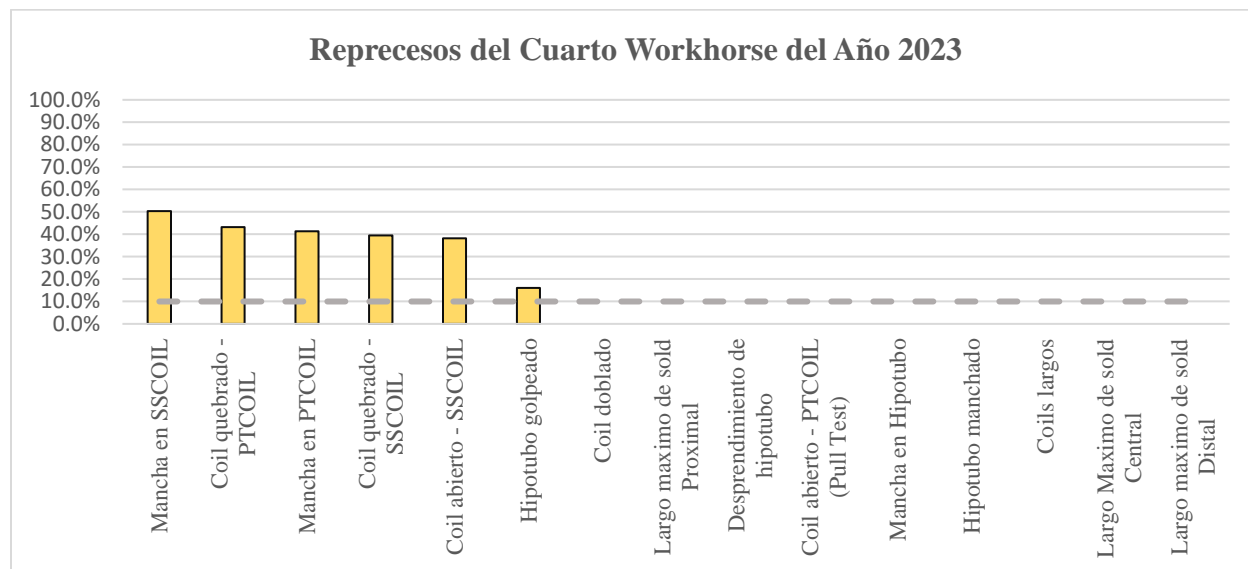
Fuente: Elaborado propia con la data de Penumbra, MediTech.

Como se aprecia en la Figura 20, las barras amarillas representan el promedio de reprocesos que superaron el umbral del 10 % y algunas mostraron cifras aún más elevadas, reflejando picos que superan el 100 %, lo que es un indicio de una oportunidad de mejora. Los reprocesos que superaron el límite definido fueron especialmente seleccionados en el estudio de caso del

Cuarto de Penumbra para desarrollar y sugerir medidas, tanto de medida preventivas como correctivas.

Figura 20

Promedio de reprocesos de Workhorse en el año 2023

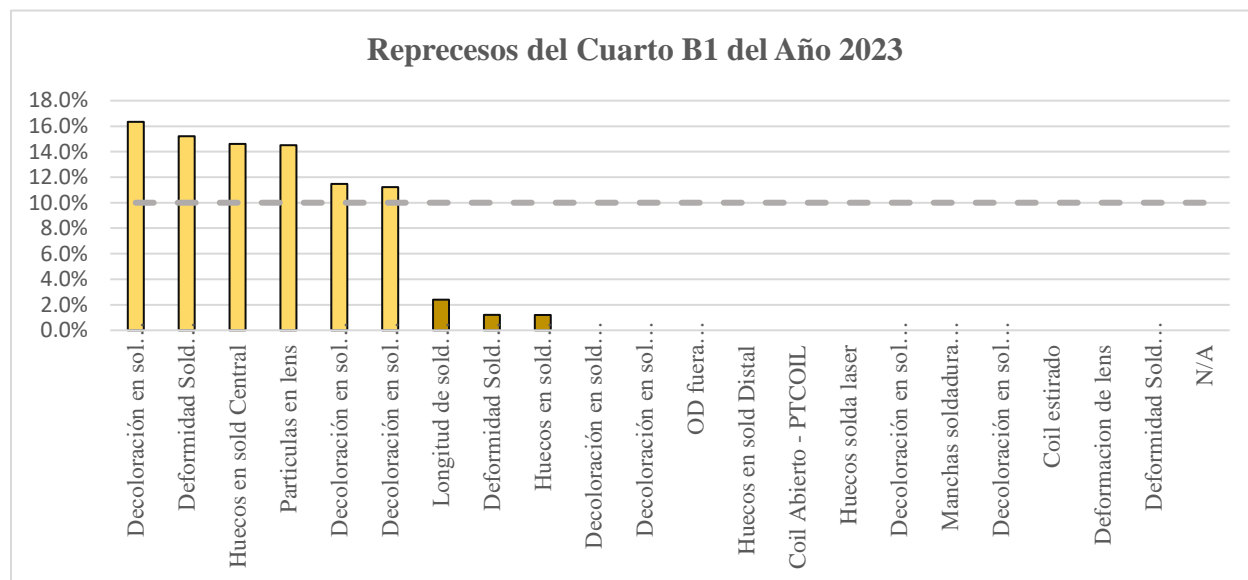


Fuente: Elaborado propia con la data de Workhorse, MediTech.

Según el promedio de la gráfica anterior, se refleja por lo general un promedio de más de un 30% de los reprocesos registrados en la data de Workhorse. La propuesta de acciones preventivas y correctivas aparecen para este cuarto, ya que estas fueron las que superaron el 10% permitido en el CER.

Figura 21

Promedio de reprocesos de B1 en el año 2023



Fuente: Elaborado propia con la data del cuarto B1, MediTech.

Según lo analizado, el cuarto B1 no presenta la misma cantidad de acciones que Penumbra y Workhorse. Esta diferencia se puede apreciar en una reducción considerable, en la mitad de los reprocesos que exceden los límites establecidos. En el caso específico del cuarto B1, solo se registraron 6 casos de retrabajos más frecuentes, con un promedio de alrededor del 14% de reprocesos en esta área. Estos números indican un rendimiento aceptable en comparación con los otros cuartos.

De acuerdo con las Figuras 20, 21 y 22, se muestran las gráficas con los promedios de reprocesos que más se presentaron en el año 2023 y los cuales sobrepasaron el 10% definido en este KPI. Por esto, las columnas amarillas de las tablas siguientes van a hacer las acciones preventivas propuestas para evitar que se presente el reproceso que este mostrando el *dashboard*. Por otro lado, las columnas rojas poseen las acciones correctivas que ayudarán a solucionar el reproceso que se esté presentado en los CER. A su vez, las tablas que cuentan con las columnas

verdes son las acciones de conformidad, es decir, son propuestas que se deben seguir para mantener ese estándar de buen procedimiento.

Es por lo anterior que a continuación se procede a presentar las acciones preventivas y correctivas para los reprocesos, según el porcentaje que indique el semáforo del indicador, para el cuarto de Penumbra.

Tabla 10

Acciones preventivas y correctivas para Penumbra del indicador de reprocesos

Acciones de Penumbra		
Razón del retrabajo	Acción preventiva	Acción correctiva
Huecos en la soldadura	1° Paso: Verifique que la soldadura y el <i>flux</i> que está utilizando son los correspondientes y que la fecha de vencimiento se encuentra al día.	1° Paso: Limpie la punta del soldador suavemente sobre la esponja para eliminar cualquier soldadura.
	2° Paso: Pruebe aplicar una menor cantidad de <i>flux</i> al momento de soldar e inspeccione por medio del microscopio si está vez posee huecos.	2° Paso: Vuelva a aplicar <i>flux</i> en la punta de la soldadura.
	3° Paso: Asegúrese de que la temperatura de la estación de la soldadura se encuentra en el rango indicado.	3° Paso: Con la punta del soldador, aplique una ligera presión sobre la soldadura que se va a quitar. Vuelva aplicar soldadura.
Manchas en soldadura distal	1° Paso: Realice la limpieza de la línea con agua desionizada y alcohol de 70% antes de comenzar a trabajar.	1° Paso: Aplique <i>flux</i> a la unión de soldadura decolorada con el alambre de soldadura sumergida previamente en el <i>flux</i> .
	2° Paso: Verifique que la temperatura del cuarto de ambiente controlado se encuentre en el rango establecido.	2° Paso: Coloque una pequeña cantidad de soldadura en el caudín si es necesario. Limpie la soldadura.
	3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex para trabajar. Si por alguna razón tuvo contacto con otro químico, cambie los guantes.	3° Paso: Es importante eliminar por completo todos los residuos de <i>flux</i> para evitar que la pieza se corroa.
Manchas en soldadura proximal	1° Paso: Realice la limpieza de la línea con agua desionizada y alcohol de 70% antes de comenzar a trabajar.	1° Paso: Aplica <i>flux</i> a la unión de soldadura decolorada con el alambre de soldadura sumergida previamente en el <i>flux</i> .

	<p>2° Paso: Verifique que la temperatura del cuarto de ambiente controlado se encuentre en el rango establecido.</p>	<p>2° Paso: Coloque una pequeña cantidad de soldadura en el caudín si es necesario. Limpie la soldadura.</p>
	<p>3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex para trabajar. Si por alguna razón tuvo contacto con otro químico, cambie los guantes.</p>	<p>3° Paso: Es importante eliminar por completo todos los residuos de <i>flux</i> para evitar que la pieza se corroa.</p>
Deformidades en soldadura distal	<p>1° Paso: Utilice el <i>fixture</i> correspondiente para la operación que está realizando.</p>	<p>1° Paso: vuelva a colocar una segunda bola de soldadura hasta que se forme una punta redondeada.</p>
	<p>2° Paso: Siempre mantenga un punto de apoyo en sus brazos para que la soldadura no se mueva y quede en la posición correcta.</p>	<p>2° Paso: No coloque más de dos bolas de soldadura, pues corre el riesgo de que el OD este fuera de especificación.</p>
Longitud de soldadura	<p>1° Paso: Aplique siempre <i>flux</i> para que la soldadura se extienda y no quede en una misma posición.</p>	<p>1° Paso: Con la punta del caudín toque la soldadura para que esta se vuelva a derretir.</p>
	<p>2° Paso: No aplique demasiada soldadura en la pieza para evitar que la longitud se exceda.</p>	<p>2° Paso: Aplique <i>flux</i> para que la soldadura fluya por el cable.</p>
	<p>3° Paso: Evite retocar varias veces la pieza.</p>	
Deformidad soldadura proximal	<p>1° Paso: Utilice el <i>fixture</i> correspondiente para la operación que está realizando.</p>	<p>1° Paso: Vuelva a colocar una segunda bola de soldadura hasta que se forme una punta redondeada.</p>
	<p>2° Paso: Siempre mantenga un punto de apoyo en sus brazos para que la soldadura no se mueva y quede en la posición correcta.</p>	<p>2° Paso: No coloque más de dos bolas de soldadura, pues corre el riesgo de que el OD este fuera de especificación.</p>
Mancha blanca soldadura	<p>1° Paso: Realice la limpieza de la línea con agua desionizada y alcohol de 70% antes de comenzar a trabajar.</p>	<p>1° Paso: Aplica <i>flux</i> a la unión de soldadura decolorada con el alambre de soldadura sumergida previamente en el <i>flux</i>.</p>

	<p>2° Paso: Verifique que la temperatura del cuarto de ambiente controlado se encuentre en el rango establecido.</p>	<p>2° Paso: Coloque una pequeña de cantidad de soldadura en el cautín si es necesario. Limpie la soldadura.</p>
	<p>3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex para trabajar. Si por alguna razón tuvo contacto con otro químico, cambie los guantes.</p>	<p>3° Paso: Es importante eliminar por completo todos los residuos de flux para evitar que la pieza se corroa.</p>
Coil expuesto	<p>1° Paso: Asegúrese de que el cable sobresalga del extremo distal del <i>coil</i>.</p>	<p>1° Paso: Retire la soldadura distal primero, luego retire la soldadura central si está presente, y retire la soldadura proximal de último lugar.</p>
	<p>2° Paso: Mueva el <i>coil</i> más largo sobre el <i>coil</i> más corto, de forma que solo se vea el <i>coil</i> más largo y un 1mm aproximadamente del <i>coil</i> más corto.</p>	<p>2° Paso: Hale suavemente del cable para permitir que el <i>coil</i> se deslice fuera del alambre.</p>
	<p>3° Paso: Aplique una bola de soldadura lo más redonda posible para que logre cubrir <i>el coil</i>.</p>	<p>3° Paso: Ponga nuevos <i>coils</i> en los Core wire. Siga los pasos de soldadura para crear una nueva unión de soldadura.</p>
Coil doblado	<p>1° Paso: Manipule cuidadosamente los <i>coils</i> para evitar que se dañen o doblen.</p>	<p>1° Paso: Retire la soldadura distal primero, luego retire la soldadura central si está presente, y retire la soldadura proximal de último lugar.</p>
	<p>2° Paso: Al momento de colocar la pieza en un <i>fixture</i> evite prensar demasiado fuerte los <i>coil</i>.</p>	<p>2° Paso: Hale suavemente del cable para permitir que el <i>coil</i> se deslice fuera del alambre.</p> <p>3° Paso: Ponga nuevos <i>coils</i> en los Core wire. Siga los pasos de soldadura para crear una nueva unión de soldadura.</p>
Daño en el <i>pulltest</i>	<p>1° Paso: Asegúrese de colocar la pesa adecuada para el número de parte que está trabajando.</p>	<p>1° Paso: Retire las soldaduras que se encuentran presentes en la pieza, colocando el cautín y retirando del <i>core</i>.</p>
	<p>2° Paso: Prese la pieza en la soldadura que está probando, no coloque la prensa en el <i>coil</i> u otra parte.</p>	<p>2° Paso: Coloque los componentes necesarios a la pieza (<i>coil</i>, <i>core</i> etc.).</p>
	<p>3° Paso: No hale la pieza demasiado rápido.</p>	<p>3° Paso: Realice nuevamente la soldadura para crear una nueva unión de soldadura.</p>

Decoloración	1° Paso: Limpie la mesa con agua desionizada y después con alcohol al 70%.	1° Paso: La decoloración en el <i>core</i> es aceptable; por lo tanto, no se debe de reprocesar si se presenta en esta parte.
	2° Paso: Realice el lavado de los <i>coils</i> en la ultrasónica por el tiempo establecido.	2° Paso: Retire la soldadura distal primero, luego retire la soldadura central si está presente y, por último, la proximal.
	3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex cuando trabaja. Si tuvo contacto con algún otro químico, reemplace los guantes.	3° Paso: Cambie el <i>coil</i> que presenta la decoloración y vuelva a realizar las soldaduras.
<i>Flats</i>	1° Paso: Este material proviene de otra área; por lo tanto, las acciones preventivas deben de ser realizadas por el otro departamento.	1° Paso: Retire las soldaduras presentes que sujetan el <i>core</i> con el <i>coil</i> , colocando la punta del cautín en la soldadura.
	2° Paso: Realizar una inspección adecuada al material (departamento responsable).	2° Paso: Ensamble un nuevo <i>core</i> en el <i>coil</i> . 3° Paso: Realice los pasos para aplicar nuevamente la soldadura al nuevo <i>core</i> .

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las acciones son propuestas que se pueden ejecutar en el cuarto de Penumbra, ya que están ligadas directamente con los procesos que se realizan en esta área.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, está presente cada una de las acciones preventivas y correctivas para los reprocesos que en promedio más se presentan en el cuarto de Penumbra.

Sin embargo, se procede a presentar las acciones preventivas y correctivas para los reprocesos, según el porcentaje que indique el semáforo del indicador, para el cuarto de Workhorse.

Tabla 11

Acciones preventivas y correctivas para Workhorse del indicador de reprocesos

Acciones de Workhorse		
Razón del retrabajo	Acción preventiva	Acción correctiva
Manchas en SSCOIL	1° Paso: Realice la limpieza de línea antes de comenzar cualquier operación con agua desionizada y con alcohol de 70%.	1° Paso: Las manchas en el <i>core</i> son aceptables; las de SSCOIL, no. Por lo tanto, coloque el caudín en la soldadura para retira.
	2° Paso: Verifique que la temperatura de la estación de soldadura se encuentre en los parámetros iniciados cuando soldé.	2° Paso: Retire los componentes cuidadosamente para no dañar ninguno.
	3° Paso: Verifique que los químicos utilizados (<i>flux</i> , estaño) se encuentren al día.	3° Paso: Coloque un nuevo SSCOIL y vuelva a realizar las soldaduras nuevamente. Siga las acciones preventivas indicadas anteriormente.
Deformidades distales	1° Paso: Asegúrese de que está utilizando los equipos necesarios para realizar la soldadura (<i>fixture</i> , caudín, etc.).	1° Paso: Si la deformidad se presenta en la soldadura, vuelva a aplicar soldadura con la punta del cable y agregando <i>flux</i> .
	2° Paso: Observe siempre por medio del microscopio que la pieza se encuentre ubicada correctamente.	2° Paso: Verifique por medio del microscopio o algún equipo para la verificación que la soldadura se encuentra correcta.
	3° Paso: Es importante mantener una posición cómoda y apoyar los brazos sobre la mesa para realizar la soldadura.	3° Paso: Retoque la pieza varias veces hasta que la soldadura cumpla con las especificaciones.
Manchas en soldadura proximal	1° Paso: Realice la limpieza de la línea con agua desionizada y alcohol de 70% antes de comenzar a trabajar.	1° Paso: Aplica <i>flux</i> a la unión de soldadura decolorada con el alambre de soldadura sumergida previamente en el <i>flux</i> .

	<p>2° Paso: Verifique que la temperatura del cuarto de ambiente controlado se encuentre en el rango establecido.</p> <p>3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex para trabajar. Si por alguna razón tuvo contacto con otro químico, cambie los guantes.</p>	<p>2° Paso: Coloque una pequeña cantidad de soldadura en el caudín si es necesario. Limpie la soldadura.</p> <p>3° Paso: Es importante eliminar por completo todos los residuos de <i>flux</i> para evitar que la pieza se corroa.</p>
Coil quebrado - PTCOIL	<p>1° Paso: Manipule el <i>coil</i> cuidadosamente para evitar que se dañe, no presione demasiado fuerte cuando toma el <i>coil</i>.</p>	<p>1° Paso: Retire las soldaduras que sujetan al <i>coil</i> de los otros componentes, colocando la punta del caudín sobre las soldaduras.</p>
	<p>2° Paso: Coloque adecuadamente el <i>coil</i> en el <i>fixture</i> y no genere mucha presión con la tapa para no dañarlo.</p>	<p>2° Paso: Retire el <i>coil</i> cuidadosamente y coloque uno nuevo.</p>
	<p>3° Paso: Utilice una pinza con punta de plástico para sujetar las piezas.</p>	<p>3° Paso: Realice las soldaduras nuevamente, y verifique por medio del microscopio que se encuentra en buen estado.</p>
Mancha en PTCOIL	<p>1° Paso: Realice la limpieza de línea antes de comenzar cualquier operación con agua desionizada y con alcohol de 70%.</p>	<p>1° Paso: Las manchas en el <i>core</i> son aceptables; las de PTCOIL, no. Por lo tanto, coloque el caudín en la soldadura para retirar.</p>
	<p>2° Paso: Verifique que la temperatura de la estación de soldadura se encuentre en los parámetros indicados cuando soldé.</p>	<p>2° Paso: Hale los componentes cuidadosamente para no dañar ninguno.</p>
	<p>3° Paso: Verifique que los químicos utilizados (<i>flux</i>, estaño) se encuentren al día y siempre utilice los guantes de látex.</p>	<p>3° Paso: Coloque un nuevo PTCOIL y vuelva a realizar las soldaduras, siga las acciones preventivas mencionadas anteriormente.</p>
Coil quebrado - SSCOIL	<p>1° Paso: Manipule el <i>coil</i> cuidadosamente para evitar que se dañe, no presione demasiado fuerte cuando toma el <i>coil</i>.</p>	<p>1° Paso: Retire las soldaduras que sujetan al <i>coil</i> de los otros componentes, colocando la punta del caudín sobre las soldaduras.</p>
	<p>2° Paso: Coloque adecuadamente el <i>coil</i> en el <i>fixture</i> y no genere mucha presión con la tapa para no dañarlo.</p>	<p>2° Paso: Retire el <i>coil</i> cuidadosamente y coloque uno nuevo.</p>
	<p>3° Paso: Utilice una pinza con punta de plástico para sujetar las piezas.</p>	<p>3° Paso: Realice las soldaduras nuevamente, y verifique por medio del microscopio que se encuentra en buen estado.</p>

Coil abierto - SSCOIL	1° Paso: Al momento de manipular el <i>coil</i> tome cuidadosamente para no dañarlo.	1° Paso: Coloque la punta del cautín sobre las soldaduras en el mismo orden en que las realizó para desprenderlas.
	2° Paso: Utilice pinzas con puntas plásticas para tomar las piezas y no dañarlas. Nunca haga presión al <i>coil</i> porque se puede estirar.	2° Paso: Retire los componentes halando cuidadosamente y vuelva a ensamblar un <i>coil</i> nuevo.
	3° Paso: Al momento de colocar el <i>coil</i> en el <i>fixture</i> no presione demasiado la tapa para no dañar el <i>coil</i> .	3° Paso: Realice las soldaduras nuevamente y verifique que se encuentren en buen estado.
Coil abierto - PTCOIL	1° Paso: Al momento de manipular el <i>coil</i> tome cuidadosamente para no dañarlo.	1° Paso: Coloque la punta del cautín sobre las soldaduras en el mismo orden en que las realizó para desprenderlas.
	2° Paso: Utilice pinzas con puntas plásticas para tomar las piezas y no dañarlas. Nunca haga presión al <i>coil</i> porque se puede estirar.	2° Paso: Retire los componentes halando cuidadosamente y vuelva a ensamblar un <i>coil</i> nuevo.
	3° Paso: Al momento de colocar el <i>coil</i> en el <i>fixture</i> no presione demasiado la tapa para no dañar el <i>coil</i> .	3° Paso: Realice las soldaduras nuevamente y verifique que se encuentre en buen estado.
Deformidad proximal	1° Paso: Utilice el <i>fixture</i> correspondiente para la operación que está realizando.	1° Paso: Vuelva a retocar la pieza colocando más soldadura hasta cumplir con la especificación de las medidas.
	2° Paso: Siempre mantenga un punto de apoyo en sus brazos para que la soldadura no se mueva y quede en la posición correcta.	2° Paso: Verifique por medio del microscopio que la soldadura es aceptable.
	3° Paso: Aplique siempre <i>flux</i> a la soldadura.	3° Paso: Utilice las especificaciones del plano para determinar qué medida es aceptable.
Coil manchado	1° Paso: Asegúrese de que la temperatura y la vibración de la ultrasónica eran las indicadas cuando se realizó la limpieza al <i>coil</i> .	1° Paso: Coloque la punta del cautín sobre las soldaduras en el mismo orden que las realizó para desprenderlas.
	2° Paso: Realice la limpieza de línea antes de comenzar con la operación con agua desionizada y luego con alcohol de 70%.	2° Paso: Retire los componentes halando cuidadosamente y vuelva a ensamblar un <i>coil</i> nuevo.

	<p>3° Paso: Verifique que la temperatura en la que se encuentra la estación de soldadura es la correcta y que el <i>flux</i> utilizado se encuentra al día.</p>	<p>3° Paso: Realice las soldaduras nuevamente y verifique que se encuentren en buen estado.</p>
Huecos en soldadura	<p>1° Paso: Verifique que la soldadura y el <i>flux</i> que está utilizando son los correspondientes y que la fecha de vencimiento se encuentra al día.</p>	<p>1° Paso: Limpie la punta del soldador suavemente sobre la esponja para eliminar cualquier soldadura.</p>
	<p>2° Paso: Aplique nuevamente soldadura a la pieza e inspeccione por medio del microscopio si está vez no posee huecos.</p>	<p>2° Paso: Vuelva a aplicar flux en la punta de la soldadura.</p>
	<p>3° Paso: Asegúrese de que la temperatura de la estación de la soldadura se encuentre en el rango indicado.</p>	<p>3° Paso: Con la punta del soldador, aplique una ligera presión sobre la soldadura que se va a quitar. Vuelva aplicar soldadura.</p>
Hipo tubo golpeado	<p>1° Paso: Utilice una pinza con punta de plástico para sujetar los hipos tubos. No presione demasiado fuerte la pinza para sujetar.</p>	<p>1° Paso: Utilice la punta del cautín para desprender las soldaduras donde se encuentra sujetado el hipo tubo.</p>
	<p>2° Paso: Cuando coloque la pieza en el <i>fixture</i> no preñe el hipo tubo con la tapa, asegúrese que este se encuentra afuera.</p>	<p>2° Paso: Retire cuidadosamente el hipo tubo golpeado y coloque uno nuevo.</p>
	<p>3° Paso: Si por alguna razón se le cae un hipo tubo o lo maja con algún objeto, deséchelo.</p>	<p>3° Paso: Vuelva a realizar las soldaduras, y verifique que el hipo tubo no se encuentre dañado.</p>
Huecos en soldadura central	<p>1° Paso: Verifique que la soldadura y el <i>flux</i> que está utilizando son las correspondientes y que la fecha de vencimiento se encuentra al día.</p>	<p>1° Paso: Limpie la punta del soldador suavemente sobre la esponja para eliminar cualquier soldadura.</p>
	<p>2° Paso: Pruebe aplicar una menor cantidad de <i>flux</i> al momento de soldar e inspeccione por medio del microscopio si está vez posee huecos.</p>	<p>2° Paso: Vuelva a aplicar <i>flux</i> en la punta de la soldadura.</p>
	<p>3° Paso: Asegúrese de que la temperatura de la estación de la soldadura se encuentre en el rango indicado.</p>	<p>3° Paso: Con la punta del soldador, aplique soldadura nuevamente hasta eliminar el hueco, verifique que cumpla con las medidas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las acciones son propuestas que se pueden ejecutar en el cuarto Workhorse, ya que están ligadas directamente con los procesos que se realizan en esta área.

Al igual que en el caso del cuarto de Penumbra, en el área de Workhorse también se centraron las acciones específicamente en los reprocesos que excedieron el umbral del 10% de retrabajos. Por lo tanto, únicamente se formularon propuestas de acciones preventivas y correctivas para abordar esos defectos en concreto específicos.

No obstante, igualmente se procede a presentar las acciones preventivas y correctivas para los reprocesos, según el porcentaje que indique el semáforo del indicador, para el cuarto de B1.

Tabla 12

Acciones preventivas y correctivas para B1 del indicador de reprocesos

Acciones de B1		
Razón del retrabajo	Acción preventiva	Acción correctiva
Decoloración en central soldadura 2	1° Paso: Limpie la mesa con agua desionizada y después con alcohol al 70%.	1° Paso: La decoloración en el <i>core</i> es aceptable. Por lo tanto, no se debe de reprocesar si se presenta en esta parte.
	2° Paso: Realice el lavado de los <i>coils</i> en la ultrasónica por el tiempo establecido.	2° Paso: Retire la soldadura distal primero, luego retire la soldadura central si está presente y, por último, la proximal.

	<p>3° Paso: Siempre utilice los guantes de látex cuando trabaja. Si tuvo contacto con algún otro químico, reemplace los guantes.</p>	<p>3° Paso: Cambie el <i>coil</i> que presenta la decoloración y vuelva a realizar las soldaduras.</p>
Deformidad soldadura proximal	<p>1° Paso: Posicione correctamente la pieza en el <i>fixture</i> para evitar que se mueva.</p>	<p>1° Paso: Vuelva a retocar la pieza agregando nuevamente soldadura, hasta que tome la forma deseada.</p>
	<p>2° Paso: Siempre aplique <i>flux</i> a la soldadura para que esté le permita extenderse por la pieza.</p>	<p>2° Paso: Verifique el OD de la soldadura para determinar que se encuentra dentro de las medidas solicitadas.</p>
	<p>3° Paso: Mantener los brazos en un punto de apoyo para evitar que la soldadura no quede en una posición inadecuada.</p>	
Huecos en soldadura central	<p>1° Paso: Verifique que la soldadura y el <i>flux</i> que está utilizando son los correspondientes y que la fecha de vencimiento se encuentra al día.</p>	<p>1° Paso: Limpie la punta del soldador suavemente sobre la esponja para eliminar cualquier soldadura.</p>
	<p>2° Paso: Pruebe aplicar una menor cantidad de flux al momento de soldar e inspeccione por medio del microscopio si está vez posee huecos.</p>	<p>2° Paso: Vuelva a aplicar <i>flux</i> en la punta de la soldadura.</p>
	<p>3° Paso: Asegúrese de que la temperatura de la estación de la soldadura se encuentra en el rango indicado.</p>	<p>3° Paso: Con la punta del soldador, aplique una ligera presión sobre la soldadura que se va a quitar. Vuelva aplicar soldadura.</p>

Partículas en <i>lens</i>	1° Paso: Realizar la limpieza de línea con agua desionizada y luego con alcohol de 70% antes de comenzar a trabajar.	1° Paso: Pase una toalla libre de pelusa por el UV <i>lens</i> para desprender las partículas.
	2° Paso: Utilice las toallas libres de pelusa para realizar la limpieza de línea.	2° Paso: En caso de ser necesario utilice una pinza para quitar la partícula que se encuentra en el UV <i>lens</i> .
	3° Paso: Evite colocar las piezas en superficies que puedan estar contaminadas, y siempre utilice los guantes de látex.	3° Paso: Si la partícula o la suciedad no se pueden desprender o se encuentran dentro de la goma, deseche la pieza.
Decoloración en soldadura proximal 1	1° Paso: Realice siempre antes de comenzar la limpieza de línea con agua desionizada y luego alcohol al 70%.	1° Paso: Si la decoloración se presenta en el <i>coil</i> debe de retirar las soldaduras en el mismo orden que se realizaron.
	2° Paso: Asegúrese de que la temperatura y la vibración de la ultrasónica se encuentre en los parámetros establecidos.	2° Paso: Coloque la punta del caudín en las soldaduras y retire los materiales necesarios para cambiar el <i>coil</i> .
	3° Paso: Verifique que el tiempo y la temperatura de la lámpara de calor cuando seca los <i>core</i> fueron los correctos.	3° Paso: Coloque un <i>coil</i> nuevo y repita nuevamente las soldaduras. Asegúrese de que este segundo <i>coil</i> no se encuentre descolorido.
Decoloración en soldadura proximal 2	1° Paso: Realice siempre antes de comenzar la limpieza de línea con agua desionizada y luego alcohol al 70%.	1° Paso: Si la decoloración se presenta en el <i>coil</i> debe de retirar las soldaduras en el mismo orden que se realizaron.
	2° Paso: Asegúrese de que la temperatura y la vibración de la ultrasónica se encuentre en los parámetros establecidos.	2° Paso: Coloque la punta del caudín en las soldaduras y retire los materiales necesarios para cambiar el <i>coil</i> .
	3° Paso: Verifique que el tiempo y la temperatura de la lampara de	3° Paso: Coloque un <i>coil</i> nuevo y repita nuevamente las soldaduras,

	calor cuando seca los core fueron los correctos.	asegúrese de que este segundo coil no se encuentre descolorido.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las acciones son propuestas que se pueden ejecutar en el cuarto B1, ya que están ligadas directamente con los procesos que se realizan en esta área.

Y, finalmente, se propusieron también las acciones preventivas y correctivas específicas para cada uno de los reprocesos presentados en la gráfica de la Figura 22, que corresponden para el cuarto B1. Para cada cuarto, las acciones implementadas fueron las que poseen las tablas 10, 11 y 12. Dichas acciones son también una propuesta de mejora integrada en el sistema de monitoreo del KPI de reprocesos para las áreas de Penumbra, Workhorse y B1.

Entre todas las mejoras anteriormente mencionadas, lo más destacado en este sistema de monitoreo fue la optimización del diseño, mediante una reorganización estratégica del *dashboard*, como fue la incorporación de los reprocesos a través del tiempo, la cantidad retrabajo/tipo, trabajos inspeccionados, cantidad de retrabajos por operador según la razón del reproceso y el semáforo con sus respectivas acciones de prevención y corrección de retrabajos. Estos componentes se consideraron fundamentales para facilitar el proceso de toma de decisiones, ya que permiten la comparación efectiva de datos específicos que no estaban disponibles en la versión anterior del panel de control utilizado en el CER, además de proponer las acciones preventivas y correctivas específicamente para cada uno de los retrabajos que más se presentan en los cuartos de Penumbra, Workhorse y B1.

6.1.2. Sistema de monitoreo KPI productividad

La productividad es uno de los indicadores más importantes en toda organización, ya que permite visualizar el comportamiento del desempeño a través del tiempo, ya sea de un área en particular o bien para cada uno de los trabajadores. Esto permite tomar decisiones importantes para cumplir con los objetivos de la empresa.

Como se menciona en capítulos anteriores, en la empresa Te Connectivity determinan la productividad como las horas ganadas/horas pagadas. Sin embargo, no existe un sistema de monitoreo o *dashboard* donde se pueda visualizar gráficamente la productividad obtenida por cada uno de los trabajadores en los días seleccionados. Para obtenerlo, se toman los datos del sistema empresarial y con tablas dinámicas se determinan las horas ganadas del día anterior y se divide entre las pagadas.

Por lo anterior, en este proyecto se realiza un sistema de monitoreo que permita apreciar la productividad en cada día seleccionado y que, mediante un gráfico tipo semáforo, muestre el estado de la productividad (verde, amarillo o rojo), de manera que se facilite la interpretación visual para los usuarios que usan KPI.

6.1.2.1. Rediseño del KPI de productividad.

De igual manera que en el KPI de los reprocesos, es necesario visualizar el comportamiento de la productividad en cada uno de los cuartos de ambiente controlado de la empresa MediTech, para de esta manera poder evaluar y tomar decisiones de forma individual y determinar cuál requiere un mayor esfuerzo para aumentar la productividad. Cabe destacar que este indicador no contaba con un panel de control donde se pudieran visualizar los datos que son indispensables en la toma de decisiones cada día. Por ello, a continuación, se presenta cada *dashboard* como alcance

de este proyecto con cada una de las oportunidades de mejora en los cuartos de Penumbra, Workhorse y B1 de productividad.

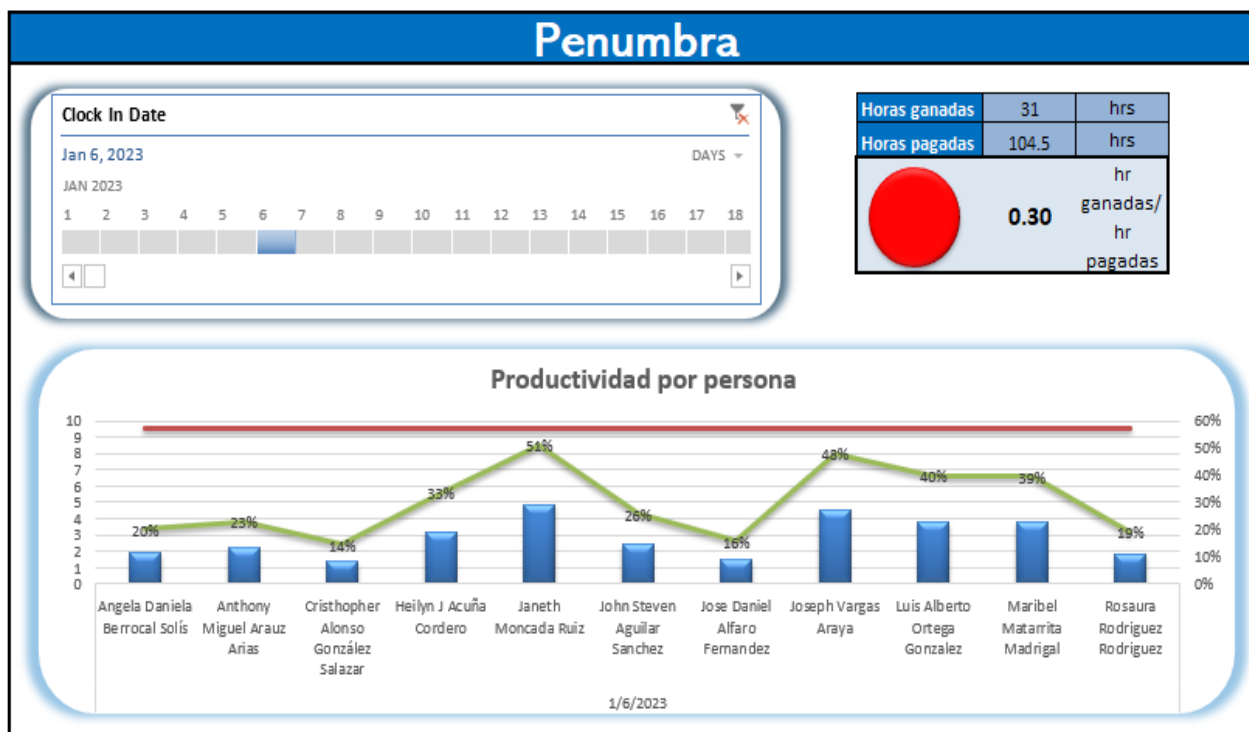
Previo a mostrar los *dashboards* rediseñados para cada uno de los tres cuartos (Penumbra, Workhorse y B1), es importante mencionar las propuestas que se incorporaron en ellos y las cuales son las siguientes.

- Gráfica tipo semáforo: La gráfica circular tiene la funcionalidad de un semáforo, el cual cambia de color: verde si el proceso está bien, amarillo si el proceso se está acercando a la meta establecida de productividad para cada cuarto (línea roja que muestra la gráfica), y rojo si la productividad está por debajo de este límite establecido. Esto fue importante implementarlo, al ser es una señal que le permite a los altos mandos del Core team tomar las respectivas acciones para solventar el problema de productividad.
- Productividad por persona: este grafico muestra todo lo que se requiere en el indicador de productividad, ya que refleja la productividad obtenida por cada colaborador, y la respectiva meta de productividad que deben alcanzar para que el proceso se encuentre entre los estándares adecuados de la compañía.

No obstante, seguidamente se procede a presentar cada uno de los *dashboards* rediseñados por cada cuarto de los CER.

Figura 22

KPI de productividad en el CER de Penumbra



Fuente: Elaboración propia.

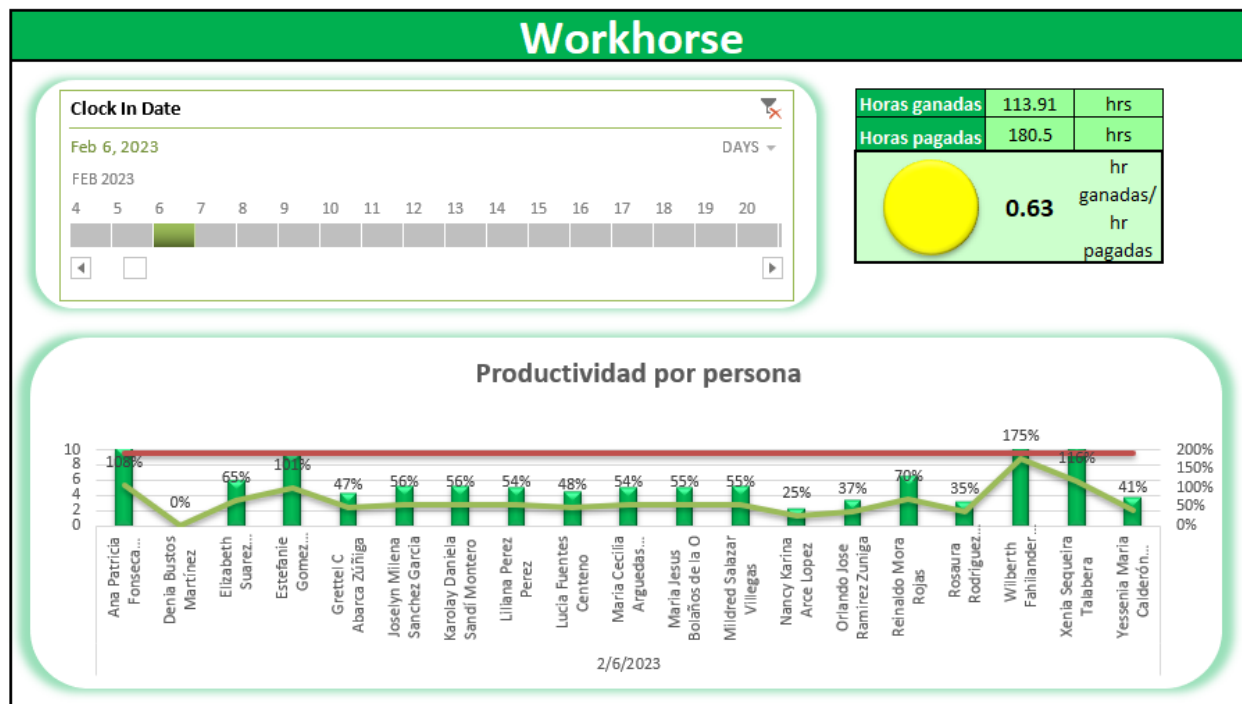
En la figura anterior, se puede observar la productividad general obtenida en el cuarto de ambiente controlado Penumbra para el día 6 de enero de 2023. Se puede visualizar que el semáforo está en rojo, porque la productividad es inferior al 60 %, es decir, si se quiere estar entre los rangos de conformidad o aceptables se debe estar igual o por encima del 80% definido en esta área.

El dato obtenido del 0.30 se puede interpretar así: por cada hora que se paga al operador se aprovecha el 30% del 100% pagado o, visto de otra forma, se desperdicia el 70% de cada hora pagada del día. Por lo tanto, se deben buscar acciones que aumenten la productividad. Por eso, en el capítulo siguiente, se realizará un análisis de las actividades que no agregan valor al proceso, y por ende, afectan la productividad, para unificarlas o quitarlas del procedimiento, con lo cual se

alcanzan beneficios como mejoras en los tiempos estándares y reducción de los costos de producción.

En el segundo gráfico del KPI se observan los operarios que trabajaron ese día y cuál fue el porcentaje de productividad obtenido para con ello determinar si se deben tomar acciones con el fin de obtener un mejor rendimiento. Para este caso, la persona que obtuvo la productividad más alta fue Janeth Moncada, mientras que Christopher Alonso fue el más bajo. Es importante mencionar que se debe tomar en cuenta la operación que realizó cada una de las personas ese día antes de tomar decisiones a la ligera con respecto a la productividad obtenida, ya que existen algunas operaciones con mayor dificultad que otras. Por lo tanto, se debe analizar y conocer el proceso a profundidad para tomar decisiones.

En la siguiente figura, se muestra el KPI de la productividad específicamente para el cuarto de ambiente controlado de Workhorse implementado en el sistema de monitoreo, el cual sigue el mismo diseño establecido de Penumbra.

Figura 23*KPI de productividad en el CER de Workhorse*

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del cuarto de ambiente controlado de Worhorse, el día 6 de enero de 2023 se obtuvo una productividad total de 0.63 por hora, de manera que el semáforo se muestra en amarillo, porque se encuentra entre el rango de 0.60 a 0.80 horas ganadas/horas pagadas. Esto permite determinar de una forma rápida y visual el desempeño general del CER.

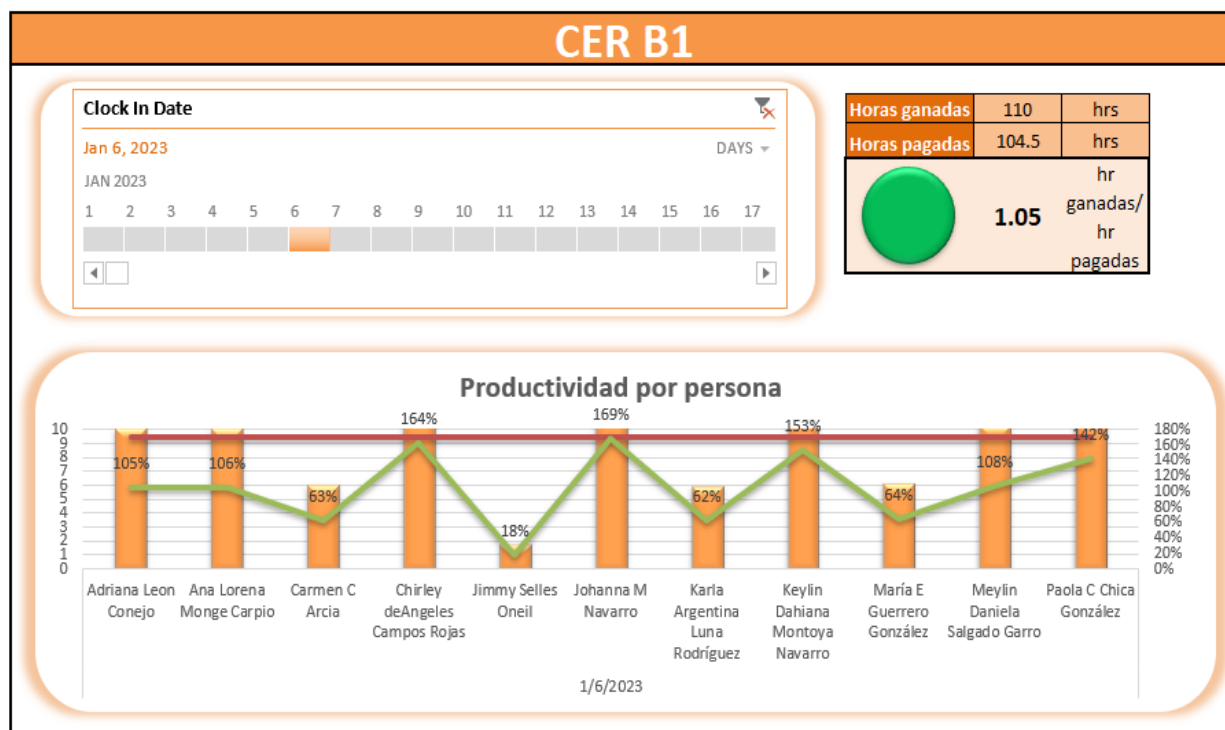
Analizando el porcentaje obtenido, se puede interpretar que por cada hora pagada para ese día realmente se está aprovechando un 63% de la hora, mientras que el otro 37% no fue productivo. Por lo tanto, no se está llegando a la meta mínima aceptable que tiene establecida la empresa del 80%. Igual que en el caso anterior, se debe hacer un análisis para tomar acciones que ayuden a elevar la productividad.

Si se analiza la productividad por persona, se observa que quien obtuvo una mayor productividad para ese día fue Wilberth, con un 175%. Esto quiere decir que la cantidad de horas ganadas fue mayor a las pagadas. Por otra parte, Nancy Karina fue quien obtuvo una menor productividad. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente se debe de comprender la operación que realizo cada uno de ellos para tener un panorama más certero.

Por último, en la siguiente imagen se observa el KPI de la productividad específicamente para el cuarto de ambiente controlado B1 implementado en el sistema de monitoreo.

Figura 24

KPI de productividad en el CER B1



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica anterior, en el cuarto de ambiente controlado del B1, la productividad general para el mismo día analizado, es decir el 6 de enero de 2023, estuvo

superior al límite del 80%. Por eso, el semáforo se encuentra en verde. Analizando este porcentaje, se puede decir que por cada hora pagada los operarios trabajaron 3 min más de la hora establecida, es decir, que fueron más productivos. Este caso es favorable para la empresa, ya que el desempeño brindado por los operarios es alto, lo que genera una mayor rentabilidad.

Si se analiza la productividad individualmente por cada una de las personas del cuarto de ambiente controlado para ese día, la que fue más productiva es Johanna Navarro, quien supera más del 150%. Sin embargo, viéndolo de forma general, las 11 personas que trabajaron ese día obtuvieron una buena productividad, por lo que se puede concluir con evidencia estadística que el cuarto de ambiente controlado que tuvo el mejor desempeño fue el B1. Este tipo de información es de gran importancia para la empresa en la toma de diferentes decisiones.

6.1.2.2. Acciones para mejorar la productividad.

Según los datos analizados en los *dashboards* de las Figuras 23, 24 y 25, se han identificado variaciones en el rendimiento de los colaboradores. Por ende, resulta imprescindible proponer una serie de acciones que puedan contribuir a mejorar dicho rendimiento. De esta misma manera, se han establecido una serie de acciones específicas tras un análisis previo realizado, las cuales tienen como fin potenciar el desempeño tanto individual de cada trabajador dentro de sus respectivas áreas de trabajo como a nivel general de todos los cuartos de ambiente controlado para que impacten positivamente en la productividad.

Las acciones que se presentaran en la siguiente tabla se realizaron para proceder conforme al color del semáforo de productividad implementado en cada uno de los *dashboards*, es decir, los colores rojos, amarillo y verde, aplicando respectivamente las acciones preventivas, correctivas y de conformidad para estas señales.

No obstante, se muestran las acciones correctivas con el semáforo del indicador de productividad en rojo, es decir, que la productividad se encuentra por debajo de la meta establecida.

Tabla 13

Acciones correctivas para aumentar la productividad cuando se encuentra en condición roja en el indicador de productividad

Tipo (acciones correctivas)	Acciones para aumentar la productividad con la alerta roja
Motivación	Una de las principales acciones para mantener una productividad alta es que el personal se sienta motivado, y para alcanzarlo se pueden considerar actividades como las que se mencionan a continuación.
Flexibilidad	Brindar un horario flexible que se ajuste a las necesidades de cada persona permite que el personal sea más productivo en horas laborales, ya que le facilita espacio propio para realizar sus actividades personales.
Recursos adecuados	Brindar el equipo y materiales necesarios para el trabajo por realizar facilitará la operación y, además, que la calidad del producto no se vea afectada.
Evitar sobrecarga laboral	Cuando involuntariamente se sobrecarga de trabajo a una persona le genera una frustración de que no está cumpliendo con sus actividades y, en ocasiones, hasta renuncia a su empleo.

Tiempos estándar adecuado	Una de las principales causas de que las productividades se encuentren bajas en la empresa en la que se está desarrollando el proyecto es que los tiempos de las operaciones se encuentren muy altos. Es decir, que estén acordes con los índices de producción con los que cuentan.
Horarios de trabajo regulados	Una alta cantidad de horas de trabajo produce que las personas se sientan fatigadas y que la productividad no sea buena. Por ello, es recomendable mantener horarios de trabajo normales (8 horas).
Ambiente ordenado	Mantener un ambiente ordenado permite que el trabajo sea más agradable y hasta se reducen los tiempos improductivos, como, por ejemplo: buscar las herramientas necesarias.

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones presentadas en la tabla anterior son las principales por aplicar si la productividad se encuentra en estado rojo, es decir, que el indicador de la productividad está por debajo del 60%. En ese caso, se deben aplicar las acciones mencionadas para que la productividad aumente.

Esta tabla se brindó como una guía para que al Core team de cuarto de ambiente controlado se le facilite encontrar acciones rápidas que se puedan implementar cuando la productividad se encuentre en estado rojo. Es importante mencionar que se debe accionar rápidamente cuando esté en esta condición, debido a que se encuentra en el punto más bajo de productividad. Por lo tanto, no es rentable para la organización.

Por otro lado, se muestran las acciones preventivas cuando el semáforo del indicador de productividad establezca el color amarillo, es decir, que indica que la productividad se encuentra cerca de estar por debajo de la meta establecida.

Tabla 14

Acciones correctivas para aumentar la productividad en condición amarilla en el indicador de productividad

Tipo (acciones preventivas)	Acciones para aumentar la productividad con la alerta amarilla
Trabajo en equipo	Trabajar en equipo permite que las operaciones sean más fáciles y que la cantidad de producto realizado por día sea mayor y, por ende, la productividad es más alta.
Reconocimiento al trabajo	Cuando se felicita y se reconoce al personal por el buen desempeño brindado en el trabajo, le motiva a seguir dando el máximo esfuerzo por cumplir con los objetivos.
Crecimiento profesional	Ofrecer oportunidad de que el personal crezca dentro de la empresa es importante para que estas no sientan la necesidad de cambiar de empresa para avanzar profesionalmente; por lo tanto, brindarán un mejor desempeño.
Comunicación asertiva	Escuchar y atender las necesidades del personal permite que todos se sientan parte de la empresa y tengan un sentido de pertenencia, buscando un bien común.

Ambiente seguro	Crear un ambiente con las condiciones de seguridad genera una confianza en el personal que les permite trabajar más a gusto.
-----------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones presentadas en la tabla anterior son una guía para aplicar si la productividad es amarilla, entre un 60% y 80%. En esta etapa, hay que aplicar acciones correctivas para llegar a la productividad deseada; si no hay nada, se puede llegar a la productividad roja y es más difícil aumentarla.

Con lo anterior, es importante mantenerse en constante esfuerzo para que la productividad se mantenga en condiciones deseadas y no caer en pérdidas para la empresa, por lo que se realizó una lista de las actividades por realizar si el semáforo indicador es amarillo.

Y, por último, a continuación se muestran las acciones de conformidad, es decir, cuando el semáforo del indicador de productividad establezca el color verde, indica que la productividad se encuentra por arriba de la meta establecida.

Tabla 15

Acciones correctivas para aumentar la productividad cuando se encuentra en condición verde en el indicador de productividad

Tipo (acciones de conformidad)	Acciones para mantener la productividad con la alerta verde
Puestos ergonómicos	Tener puestos de trabajos ergonómicos permite que las personas se sientan más cómodas y evitar algunas molestias en el cuerpo o hasta incluso enfermedades a largo plazo.

Procesos optimizados	Realizar tareas y procesos que no generan ningún valor es agotador para el personal y además entorpece el proceso, haciéndolo más lento y minimizando la producción por hora.
Innovación	Hacer las cosas siempre de la misma manera provoca que las personas caigan en una rutina que a veces puede ser aburrida. Realizar algún tipo de innovación despierta el interés en el trabajo.
Digitalización de documentos	Implementar sistemas electrónicos para procedimientos y completar información por medio de firmas electrónicas permite un ahorro significativo de tiempo y costos.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior consiste en acciones que se pueden implementar para mantener una excelente productividad, pues se propusieron para aplicar aun cuando el semáforo está en condición verde (80% o más), siendo la condición deseada por la organización, pero al implementar estas acciones la productividad puede llegar a su punto máximo.

En general, cada una de las acciones propuestas en las tablas anteriores fueron analizadas según los procesos que se realizan en el CER, y los cuales son propuestas que pueden llegar a mejorar el rendimiento de cada trabajador en la empresa MediTech, por lo que se establecieron acciones que abarcaban diferentes área o ámbitos, como se puede evidenciar en las tablas anteriores.

6.1.3. Propuesta de mejoras en el método de trabajo que mejoren el rendimiento en el KPI de productividad

En este apartado, hay una relación directa con el sistema de monitoreo de productividad. Se llevó a cabo un análisis detallado de las actividades de cada proceso con el objetivo de identificar oportunidades de mejora, lo que permitirá potenciar la eficiencia de los colaboradores en los siguientes números de parte elaborados en el CER: DWG006686, DWG006697, DWG006274-SUB y FAS005093. Cada una de estas representa un subcomponente terminado del producto final (vértigo, luma).

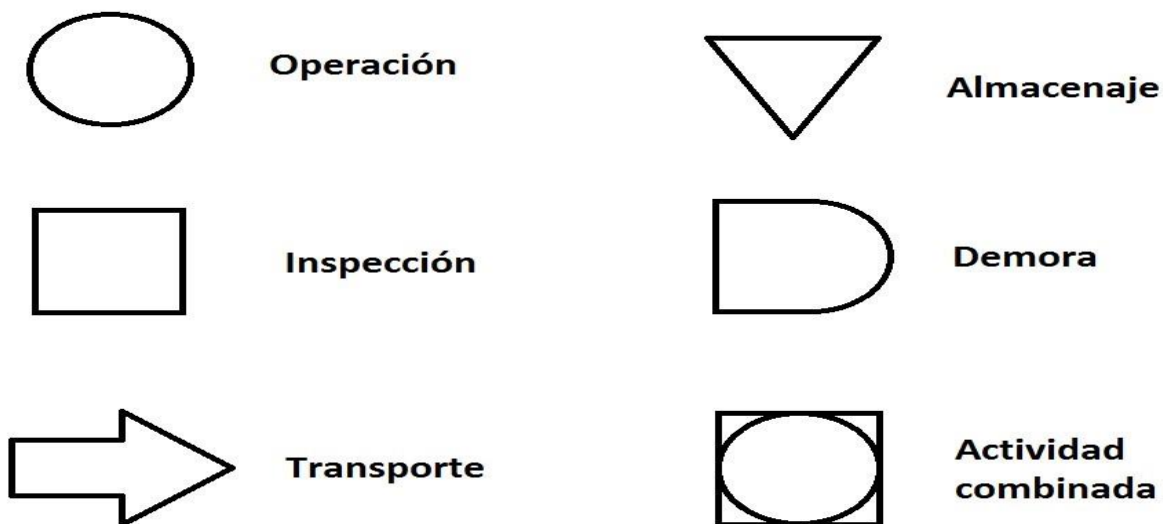
Durante este estudio realizado, se identificaron diversas acciones que no aportan valor al proceso, por lo que se procedió a identificar, y, por ende, a tomar la decisión de unificar aquellas actividades sencillas que se pueden realizar en una misma secuencia, con el principal objetivo de alcanzar a reducir tanto el tiempo como el costo, con lo cual se logra incrementar la productividad de cada colaborador y de la empresa. Para los números de parte DWG006686, DWG006697, DWG006274-SUB, el principal objetivo al unificar las tareas es reducir el costo de fabricación, generando un ahorro considerable para la empresa. Por otro lado, al disminuir los tiempos altos en las operaciones de FAS005093 se aumentará considerablemente la productividad y la eficiencia en este proceso.

Previo a mostrar cada uno de los cursogramas analíticos, es importante aclarar que los símbolos empleados fueron: círculo como operación; cuadrado, refiriéndose a las inspecciones; y el símbolo en forma de “D” simboliza la espera o la demora en el proceso. Esto se corrobora según lo que cita el Dr. Peck (2021) de la American Society of Mechanical Engineers (ASME): “durante un proceso tienen lugar cinco tipos de acciones: operación, transporte, inspección, demora y

almacenaje” (p. 2). Este mismo autor brinda la forma correcta de usar la simbología para emplear un cursograma, como es el caso de la imagen siguiente.

Figura 25

Simbología de diagramas de procesos



Fuente: Imagen tomada de *Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos* (Dr. Peck, 2021).

Debido a lo anterior, seguidamente se presenta cada cursograma con el detalle de todo su proceso, usando esta simbología para representar cada actividad, y, por ende, el proceso en sí.

Tabla 16

Cursograma analítico del número de parte DWG006686 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006686									
Diagrama número:	1	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Subcomponente de vértigo (pieza final)	Actividad	Actual	Propuesta					
Proceso:	DWG006686	Operación	7	-					
Método: Actual/Propuesto	Actual	Transporte	0	-					
Lugar:	MediTech	Espera	0	-					
Operario (s):	N/A	Inspección	2	-					
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento	1	-					
		Tiempo (min-hombre)	495min (8.25hr)	-					
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo		Observaciones			
				○	□	◐	➡	▼	
Inventario CER - HER	1(Al)	-	-						
CER Ensamble 1	1 (Op)	350	60	●					
CER Ensamble 2	2 (Op)	300	60	●					
CER - Soldadura Láser 1	3 (Op)	40	60	●					
CER Ensamble-HER	4 (Op)	150	60	●					
CER - Soldadura Láser 2	5 (Op)	35	60	●					
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	200	60	●					
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER Clean-HER	6 (Op)	600	60	●					
CER Empaque-HER	7 (Op)	263	60	●					
Total		1938	495						TP: 3.91 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cabe aclarar que la sigla TP en las observaciones del total significa tasa de producción, que para este proceso representa 3.91 piezas por minuto (1938 piezas/495min.).

Como se muestra en la tabla anterior, están presentes todas las actividades realizadas para elaborar el número de parte DWG006686, con sus respectivos tiempos. Se identificó que para

realizar todo el proceso se debe aplicar un total de siete operaciones para fabricar 1938 piezas en aproximadamente 495 min. o bien 8.25 horas, que sería el resultado final si se completa todo el proceso de este número de parte, con un total de dos inspecciones, donde una abarca una inspección de 200 piezas/horas y la otra es enfocada en la inspección de calidad del trabajo, lo cual dura aproximadamente 15 min. (0.25 horas).

Tabla 17

Cursograma analítico del número de parte DWG006697 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006697									
Diagrama número:	2	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Vértigo (pieza final)	Actividad		Actual	Propuesta				
Proceso:	DWG006697	Operación		11	-				
Método: Actual/Propuesto	Actual	Transporte		0	-				
Lugar:	MediTech	Espera		0	-				
Operario (s):	N/A	Inspección		3	-				
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento		1	-				
		Tiempo (min-hombre)		750min (12.5hr)	-				
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	□	◐	➔	▼	
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-						
CER Ensamble 1	1 (Op)	280	60	●					
CER Ensamble 2	2 (Op)	55	60	●					
CER Ensamble Fibras - HER	3 (Op)	18	60	●					
CER Adhesivo UV Lens HER	4 (Op)	45	60	●					
CER Ensamble 3	5 (Op)	75	60	●					
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	120	60	●					
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	70	60	●					
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER Clean-HER	7 (Op)	-	15	●					15 min por job
CER Empaque para Silicon HER	8 (Op)	170	60	●					
Recubrimiento Silicon-HER	9 (Op)	100	60	●					
Recubrimiento Silicon-Insp-HER	3 (Ins)	100	60	●					
Silicon Empaque Interno HER	10 (Op)	150	60	●					
Silicon Empaque Externo HER	11 (Op)	250	60	●					
Total		1433	750						TP: 1.91 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cabe aclarar que la sigla TP en las observaciones del total significa la Tasa de Producción, que para este proceso representa 1.91 piezas por minuto (1433 piezas/750min).

En la Tabla 17, están presentes todas las actividades ligadas con la elaboración del número de parte DWG006697; además, con presencia de la cantidad de piezas que se fabrican y sus respectivos tiempos. En este proceso, se identificó que para completar todo el proceso se requiere un total de 11 operaciones para fabricar aproximadamente 1433 piezas por 750 min. o 12.5 horas, que es el tiempo estimado para completar de forma correcta el proceso de este número de parte. A su vez, se realizan tres inspecciones en total, una de las cuales se enfoca en revisar 70 piezas por hora (1 Ins), mientras que las otras dos son inspecciones de calidad en la pieza y duran aproximadamente 15 minutos por lote (0.25 horas; 2 Ins y 3 Ins).

Tabla 18

Cursograma analítico del número de parte DWG006274-SUB del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006274-SUB									
Diagrama número:	3	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Subcomponente del vértigo (pieza final)	Actividad	Actual	Propuesta					
Proceso:	DWG006274-SUB	Operación	10	-					
Método: Actual/Propuesto	Actual	Transporte	0	-					
Lugar:	MediTech	Espera	0	-					
Operario (s):	N/A	Inspección	4	-					
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento	2	-					
		Tiempo (min-hombre)	780min (13hr)	-					
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	□	◐	➔	▼	
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-						
CER Clean-HER	1 (Op)	-	30						30 min por job
CER Ensamble 1	2 (Op)	80	60						
CER Soldadura Central 1	3 (Op)	40	60						
CER Inspecc 1	1 (Ins)	250	60						1hr insp 250 pz
CER Ensamble 2	4 (Op)	80	60						
CER Soldadura Central 2	5 (Op)	30	60						
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	500	60						
CER Inspecc 2	2 (Ins)	125	60						1hr insp 125 pz
EDM Cutting-HER	7 (Op)	75	60						
Cleaning Standard	8 (Op)	-	120						2 hr de secado
Inventory	2 (Al)	-	-						
CER Soldadura Láser HER	9 (Op)	65	60						
CER Calidad Insp-HER	3 (Ins)	-	15						15 min por job
CER Empaque-HER	10 (Op)	300	60						
Inspection Time	4 (Ins)	-	15						15 min por job
Total		1545	780						TP: 1.98 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cabe aclarar que la sigla TP en las observaciones del total significa tasa de producción, que para este proceso representa 1.98 piezas por minuto (1545 piezas/780min.).

Por otro lado, en la Tabla 18 se detalla cada una de las actividades relacionadas con la producción del número de parte DWG006274-SUB, además de sus tiempos para fabricar las piezas requeridas. Para realizar todo el proceso, se deben realizar 11 operaciones, con una producción estimada de 1545 piezas por 780 minutos o 13 horas. No obstante, se realizan cuatro inspecciones en total: una inspección consiste en revisar 250 piezas en aproximadamente una hora (Inspección 1), en la segunda se revisa 125 piezas por hora aproximadamente (Inspección 2). La tercera se basa en una inspección de calidad, y dura en completarse la operación 15 minutos aproximadamente (Inspección 3) y, por último, la cuarta inspección, se ejecuta igualmente en 15 min.

Tabla 19

Cursograma analítico del número de parte FAS005093 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso FAS005093									
Diagrama Num:	4	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Parte del vértigo (pieza final)	Actividad	Actual	Propuesta					
Proceso:	FAS005093	Operación	20	-					
Método: Actual/Propuesto	Actual	Transporte	0	-					
Lugar:	MediTech	Espera	0	-					
Operario (s):	N/A	Inspección	4	-					
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento	1	-					
		Tiempo (min-hombre)	1350min (22.5hr)	-					
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	□	◐	➡	▼	
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-						
CER Clean-HER	1 (Op)	750	60	●					
CER Ensamble 1	2 (Op)	120	60	●					
CER Soldadura Central 1	3 (Op)	30	60	●					
CER Ensamble 2	4 (Op)	85	60	●					
CER Soldadura Central 2	5 (Op)	15	60	●					
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	300	60	●					
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	125	60	●					1hr insp 125 pz
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER - Clean Cut	7 (Op)	200	60	●					
CER Ensamble Fibras - HER	8 (Op)	23	60	●					
CER Ensamble Hipotubo/Pbx HER	9 (Op)	69	60	●					
CER Adhesivo UV Pebax HER	10 (Op)	45	60	●					
CER Adhesivo UV Hipotubo HER	11 (Op)	105	60	●					
CER Adhesivo UV Corte/Domo HE	12 (Op)	50	60	●					
CER Adhesivo UV Lens HER	13 (Op)	59	60	●					
CER Instrucciones 1	14 (Op)	280	60	●					
CER Instrucciones 2	15 (Op)	100	60	●					
CER Instrucciones 3	16 (Op)	2000	60	●					
CER Calidad Insp-HER	3 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER Empaque para Silicon HER	17 (Op)	400	60	●					
Recubrimiento Silicon-HER	18 (Op)	100	60	●					
Recubrimiento Silicon-Insp-HER	4 (Ins)	120	60	●					
Silicon Empaque Interno HER	19 (Op)	240	60	●					
Silicon Empaque Externo HER	20 (Op)	800	60	●					
Total		6016	1350						TP: 4.46 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cabe aclarar que la sigla TP en las observaciones del total significa tasa de producción, que para este proceso representa 4.46 piezas por minuto (6016piezas/1350min.).

Finalmente, para el proceso del número de parte FAS005093, en la Tabla 19, están presentes todas las tareas necesarias para la correcta ejecución. En este caso, para realizar todo el proceso se debe ejecutar un total de 20 operaciones, con una producción estimada de 6016 piezas, las cuales se logran en un tiempo estimado de 1350 minutos o 22.5 horas. No obstante, se realizan cuatro inspecciones en total: la inspección 1 (Ins 1) se encarga de revisar 125 piezas en una hora, la inspección 2 (Ins 2) consiste en una inspección de calidad de la pieza de 15 min. (0.25 horas) al igual que la inspección 3 (Ins 3). Y, por último, se encuentra la inspección 4 que se enfoca en revisar el recubrimiento de silicón aplicado.

Como se refleja en cada proceso, para elaborar cada número de parte se requiere precisión, ya que cada uno de estos procesos implica una correcta coordinación de actividades que agreguen valor a la pieza final. Por ello, se identificaron diferentes oportunidades de mejora, como puede ser quitar o unificar actividades para agilizar el proceso, aumentar la productividad y, por ende, lograr reducir los costos.

6.1.3.1. Análisis del rendimiento de las operaciones del KPI de productividad.

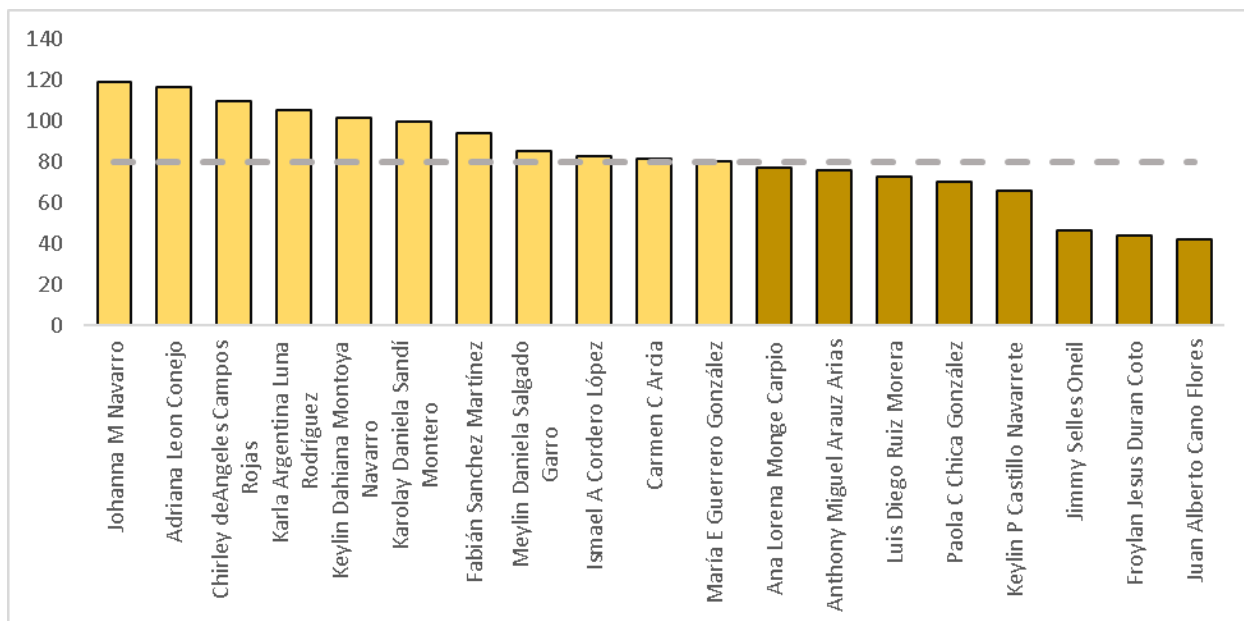
En este apartado, se realizó un análisis detallado del tiempo dedicado a cada una de las actividades de los respectivos procesos, identificadas previamente por número de parte como DWG006686, DWG006697, DWG006274-SUB y FAS005093. Este procedimiento se elaboró con el principal objetivo de establecer un panorama general y completo de los tiempos de ejecución de cada operación, determinando aquellas actividades que presentan un mayor desfase y las que se adecuan con la actividad que se está realizando. Es decir, se buscó identificar las tareas que

requieren una mayor inversión de tiempo por parte de los colaboradores, buscando analizar cuál de las actividades agregan valor al producto final tomando en cuenta el tiempo que se emplea en ejecutarlas. Por ello, el principal objetivo de este estudio fue realizar un análisis previo a la unificación de actividades para identificar cuál es el panorama general con respecto al cumplimiento de la realización de la cantidad de piezas en cada proceso. Esto puede reflejar oportunidades de mejora en términos de productividad, tiempo y, posteriormente, en aspectos económicos.

Es importante mencionar que para cada análisis de los números de parte que se presentarán a continuación se tomará la data de 2023 de la actividad “*Cer Ensamble 1*”, para representar el comportamiento del PPH (Profit per hour, en español, beneficio por hora), es decir la cantidad de piezas reales que están realizando los colaboradores en esa operación en específico durante un periodo de tiempo.

Figura 26

Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006274-SUB) indicador de productividad

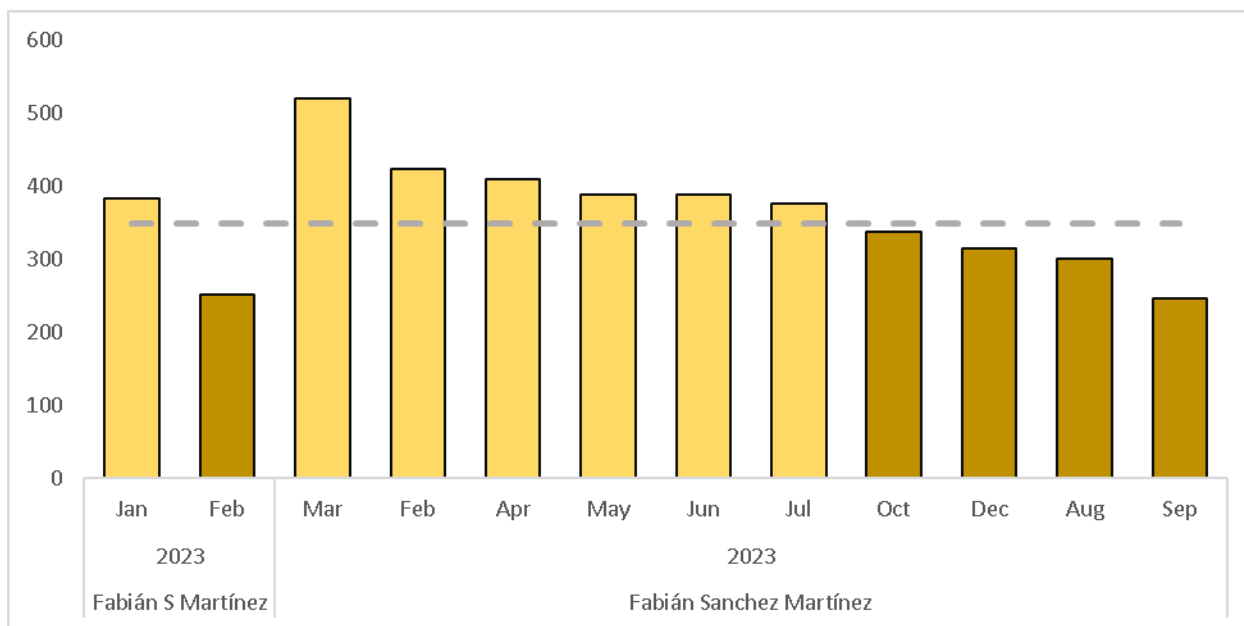


Fuente: Base de datos con la actividad “*CER Ensamble 1*” en el número de parte DWG006274-SUB.

Como se puede evidenciar en la Figura 31, se muestra el comportamiento que han logrado los colaboradores en el año 2023 al realizar esta actividad. Por ello, varios colaboradores han superado de manera significativa la cantidad de piezas establecidas como es el caso de Johanna y Adriana, que elaboraron aproximadamente 120 piezas en una hora y demostraron tener un buen rendimiento para ejecutar esta tarea. Por otro lado, Carmen Arcia apenas alcanzó a cumplir la meta establecida. Y colaboradores como Juan presentaron una deficiencia considerable, pues logró realizar aproximadamente 40 piezas en una hora, lo cual perjudica el logro de las metas empresariales de MediTech. De tal modo, hay oportunidades de mejora en este número de parte con respecto a la meta de producción.

Figura 27

Promedio de horas por colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006686) indicador de productividad

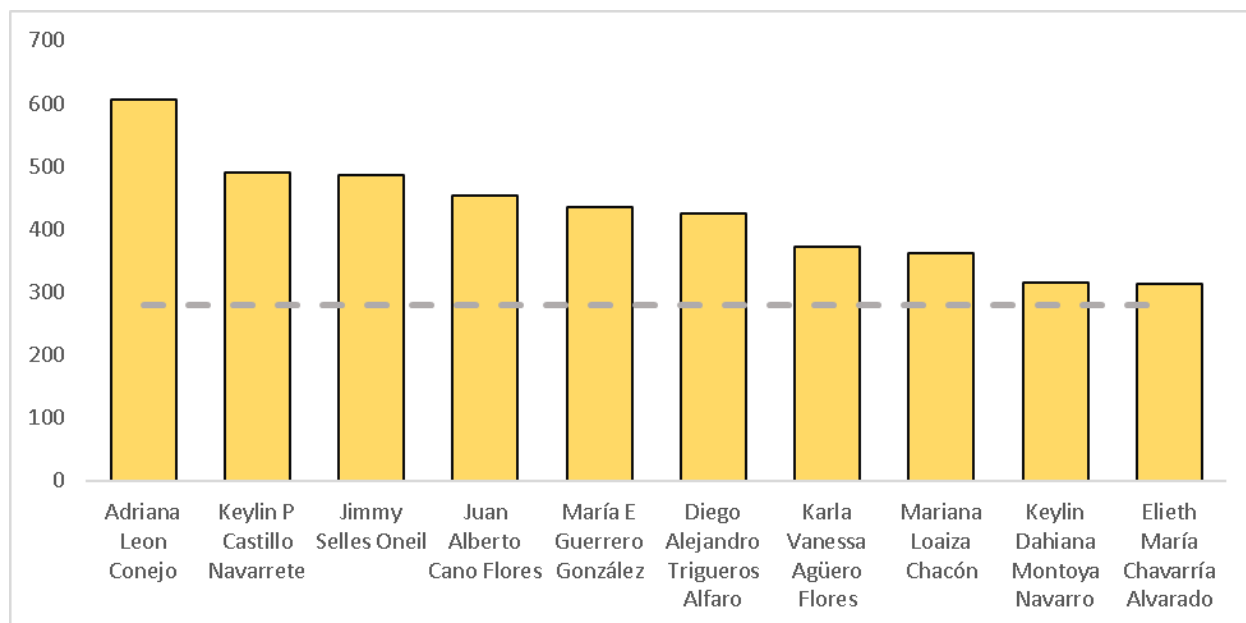


Fuente: Base de datos con la actividad “*CER Ensamble 1*” en el número de parte DWG006686.

El comportamiento de productividad que tuvo el operador Fabien en la Figura 28 fue relativamente constante, observándose que en la mayoría de los meses alcanza la producción establecida en esta operación. Sin embargo, para los meses que no se alcanzó la meta, es recomendable realizar un adecuado seguimiento para analizar cuál es el causante de la disminución de producción. No obstante, en general, se puede establecer que el tiempo de esta operación se encuentra adecuado y no es recomendable cambiarlo, ya que se visualiza que un solo colaborador puede alcanzar las piezas meta. Por lo tanto, este análisis de tiempos busca estudiar si se está siendo eficiente en dichas actividades de este número de parte.

Figura 28

Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (DWG006697) indicador de productividad

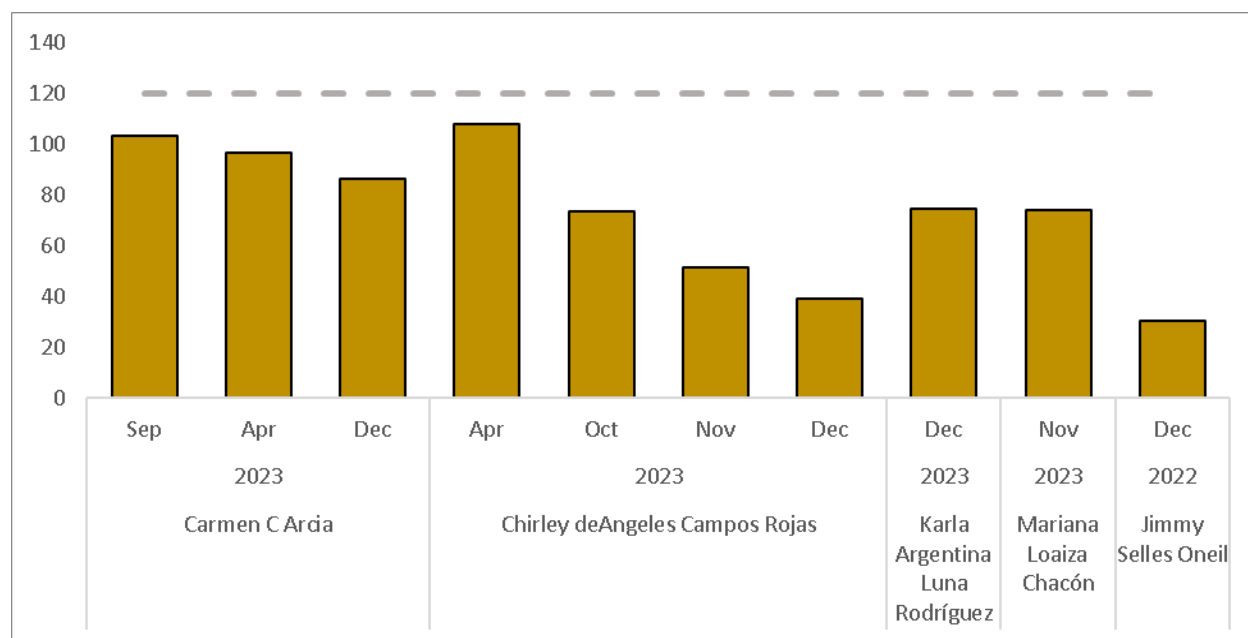


Fuente: Base de datos con la actividad “*CER Ensamble 1*” en el número de parte DWG006697.

Como se puede apreciar en la figura anterior, hay un comportamiento positivo con respecto al cumplimiento de las piezas por hora según cada uno de los colaboradores, ya que en el lapso en el que se realizó el análisis todos los trabajadores alcanzaron la cantidad de piezas por hora, es decir, el tiempo estándar. Los datos mostrados anteriormente indican que la productividad de los colaboradores supera la meta establecida. Por lo tanto, se pueden ajustar los tiempos estándar con el fin de aumentar la producción de piezas, para con esto aprovechar más la productividad de los colaboradores.

Figura 29

Promedio de horas por cada colaborador en CER Ensamble 1 (FAS005093) indicador de productividad



Fuente: Base de datos con la actividad “CER Ensamble 1” en el número de parte FAS005093.

Con respecto a los datos de la Figura 30, los colaboradores no están alcanzando la cantidad de piezas por hora que se establecen. Esto afecta negativamente la productividad, debido a que están ganando horas en la operación por lo que refleja una baja en esta. Para este caso, se puede

establecer como propuesta disminuir la cantidad de piezas que se deben producir, pues se logra evidenciar con datos estadísticos que los colaboradores no logran llegar a la cantidad de piezas por hora.

Estos resultados afectan el rendimiento y generan efectos negativos en la empresa, como incumplimiento de metas o baja productividad en los colaboradores. Por ello, una buena medida para mejorar esta situación es tomar en cuenta las acciones propuestas preventivas y correctivas propuestas en las Tablas 10, 11 y 12, ya que están pensadas para aumentar la productividad de los responsables en realizar los procesos de cada número de parte. Además, gracias a este análisis realizado, se pudo establecer una serie de propuestas con respecto a los tiempos estándar en cada uno de los tres procesos estudiados, para mejorar la productividad en el CER al momento de ejecutar las tareas.

6.1.3.2. Análisis de tiempos de las operaciones del KPI de productividad

Según los apartados anteriores, se realiza un análisis de la cantidad de piezas por hora que están alcanzando los colaboradores en un periodo de tiempo, en este caso un año. Para cada una de las operaciones en los tres números de parte, esto es posible realizarlo extrayendo los datos del sistema que utiliza la empresa, para posteriormente analizarlos y compararlos contra el tiempo estándar actual de cada una de las operaciones.

Cabe recalcar que en la información recopilada –y la cual se presentará a continuación– en algunas actividades no estaban disponibles ciertos datos, los cuales se representan con el símbolo N/A (*not available*), y dicha información es la siguiente:

- **Tiempo estándar actual:** Es el tiempo que tiene establecida cada una de las operaciones actualmente, es decir, con el que se establece la cantidad de piezas por hora que deben de hacer los colaboradores. En la empresa se conoce como Ron Rei (RR).
- **Tiempo estándar depurado:** representa el promedio de piezas reales que están haciendo los colaboradores en cada una de las operaciones. Además, se clasifica como “Depurado” porque se realiza un análisis detallado en la data para descartar cualquier dato atípico que pueda entorpecer el estudio de los datos.
- **Tiempo estándar crudo:** son los datos que arroja el sistema (Epicor) de la empresa sin ninguna modificación o limpieza, tal como se ingresaron.
- **Propuesta:** representa el dato de tiempo estándar que se desea implementar en forma de propuesta, para mejorar la producción de los colaboradores, y, por ende, potenciar la productividad con el tiempo que duran fabricando una cierta cantidad de piezas. Cabe destacar que las actividades que no presentan un dato como tal y poseen el símbolo de una raya (-) quiere decir que el tiempo estándar propuesto será el mismo que tiene actualmente, es decir, no cambia. Esto se da porque el rendimiento registrado por los colaboradores, en promedio, apenas alcanza la meta establecida, por lo que no resulta factible aumentar la meta, ya que afectaría negativamente al cumplimiento de las métricas productivas del CER.

Por consiguiente, a continuación, se muestran los tiempos actuales, los depurados (con datos atípicos eliminados), crudo (como sale del sistema) y la propuesta (mejora de establecida de acuerdo con el análisis del comportamiento de los datos) de la actividad “*CER Ensamble 2*” para cada número de parte.

Tabla 20

Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006686 del indicador de productividad

DWG006686					
Opr	Descripción	RR Actual	RR Depurado	RR Crudo	Propuesta
20	CER Ensamble 1	350	368	442	360
30	CER Ensamble 2	300	511	672	450
40	CER - Soldadura Láser 1	40	125	118	200
45	CER Ensamble-HER	150	315	339	
50	CER - Soldadura Láser 2	35	120	201	100
60	CER Inspección-HER	200	203	197	-
70	CER Calidad Inspección-HER	0.25	N/A	N/A	-
80	CER Clean-HER	600	914	1173	270
90	CER Empaque-HER	263	497	741	

Fuente: Elaboración propia.

Para explicar la tabla anterior en este proceso, el tiempo estándar actual es de 300 piezas por hora, es decir, es la meta de piezas que se implementó para esta tarea. Por otro lado, el tiempo depurado refleja que en promedio se producen 511 piezas reales por hora y esto representa un aumento de aproximadamente un 70.33% de elaboración de piezas por hora. Ahora, con respecto al tiempo estándar crudo, Epicor (sistema de la empresa) registra un total de 672 piezas hora; sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta información tiene datos errados, ya que, para poder cargar esta información de tiempo estándar al sistema, si lo que debe hacer cada colaborador no se realiza marcando el principio y la finalización de la actividad, el sistema seguirá contabilizando el tiempo de ejecución.

Por último, el tiempo estándar propuesto es un dato que se implementó como punto de mejora, y se estableció tomando en cuenta el tiempo actual que es la meta de piezas y el depurado, que representa el promedio de piezas que realmente se elaboran. Se propone una nueva meta, es

decir, con respecto a la actividad “*CER Ensamble 2*”, la cantidad a la que se estima que pueden producir ahora los colaboradores es de 450 piezas por hora, según el análisis de datos registrados. Esta mejora logrará disminuir el costo final de fabricación de la pieza, al aumentar la cantidad de que se pueden elaborar en un determinado tiempo.

Tabla 21

Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006697 del indicador de productividad

DWG006697					
Opr	Descripción	RR Actual	RR Depurado	RR Crudo	Propuesta
20	CER Ensamble 1	280	430	474	400
30	CER Ensamble 2	55	71	71	70
40	CER Ensamble Fibras - HER	18	21	20	-
50	CER Adhesivo UV Lens HER	45	46	43	-
60	CER Ensamble 3	75	72	73	-
70	CER Pull Test (HER)	120	136	133	130
80	CER Inspección-HER	70	81	102	80
90	CER Calidad Inspección-HER	0.25	N/A	N/A	-
100	CER Clean-HER	2	N/A	N/A	170
110	CER Empaque para Silicon HER	170	185	188	
120	Recubrimiento Silicon-HER	100	102	84	-
130	Recubrimiento Silicon-Inspección-HER	100	107	109	-
140	Silicon Empaque Interno HER	150	120	135	135
150	Silicon Empaque Externo HER	250	188	194	200

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la tabla anterior, el tiempo estándar actual es de 55 piezas por hora, marcando la meta de producción implementada en esta actividad. Sin embargo, el tiempo depurado revela que su media es de 71 piezas por hora, reflejando que en esta actividad los colaboradores han sido más productivos. Es importante destacar que, en cuanto al tiempo estándar crudo, el

sistema Epicor de la empresa registra también un total de 71 piezas por hora, lo que indica que no hay diferencia significativa respecto al tiempo depurado. Además, la nueva meta propuesta es de 65 piezas por hora, pues se evidencia en la data que en promedio se supera la meta de 55 piezas, llegando a producir un 29.09 % más en este caso. Así, se demuestra ser capaces de llegar a esta nueva cantidad de piezas.

Tabla 22

Tiempos estándar de las actividades del proceso DWG006274-SUB del indicador de productividad

DWG006274-SUB					
Opr	Descripción	RR Actual	RR Depurado	RR Crudo	Propuesta
20	CER Clean-HER	0.5	N/A	N/A	-
30	CER Ensamble 1	80	90	92	95
40	CER Soldadura Central 1	40	40	49	-
50	CER Inspección 1	250	376	454	300
60	CER Ensamble 2	80	121	121	100
70	CER Soldadura Central 2	30	26	40	-
80	CER Pull Test (HER)	500	611	515	600
90	CER Inspección 2	125	118	154	-
100	EDM Cutting-HER	75	-	-	-
110	Cleaning Standard	2	-	-	-
120	Inventory	-	-	-	-
130	CER Soldadura Láser HER	65	77	49	75
140	CER Calidad Inspección-HER	0.25	N/A	N/A	-
150	CER Empaque-HER	300	408	518	400
2000	Inspección Time	0.25	N/A	N/A	-

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la Tabla 22, esta presenta un tiempo estándar actual de 80 piezas por hora, reflejando la meta de producción fijada para dicha actividad. Sin embargo, el tiempo depurado evidencia una media de 121 piezas por hora, demostrando un notable aumento en la producción

por parte de los colaboradores en esta tarea. Por otra parte, la nueva meta propuesta es de 100 piezas, evidenciado que lo que se produce en promedio son 121 piezas por hora, representando un 51.25% más de piezas elaboradas con respecto a la meta actual que es de 80 en este caso, por lo cual esta nueva meta sí resulta alcanzable en este proceso.

Tabla 23

Tiempos estándar de las actividades del proceso FAS005093 del indicador de productividad

FAS005093					
Opr	Descripción	RR Actual	RR Depurado	RR Crudo	Propuesta
20	CER Clean-HER	750	N/A	N/A	-
30	CER Ensamble 1	120	75	79	80
40	CER Soldadura Central 1	30	36	65	-
50	CER Ensamble 2	85	47	45	50
60	CER Soldadura Central 2	15	12	16	-
70	CER Pull Test (HER)	300	237	239	250
80	CER Inspección-HER	125	71	67	80
90	CER Calidad Inspección-HER	0.25	N/A	N/A	-
100	CER - Clean Cut	200	155	150	170
110	CER Ensamble Fibras - HER	23	28	26	-
120	CER Ensamble Hipotubo/Pbx HER	69	53	56	-
130	CER Adhesivo UV Pebax HER	45	39	48	-
140	CER Adhesivo UV Hipotubo HER	105	96	97	-
150	CER Adhesivo UV Corte/Domo HER	50	29	32	40
160	CER Adhesivo UV Lens HER	59	31	43	45
170	CER Instrucciones 1	280	212	211	220
180	CER Instrucciones 2	100	59	105	75
190	CER Instrucciones 3	2000	N/A	N/A	-
200	CER Calidad Inspección-HER	0.25	N/A	N/A	-
210	CER Empaque para Silicon HER	400	219	494	250
230	Recubrimiento Silicon-HER	100	98	87	-
240	Recubrimiento Silicon-Inspección-HER	120	125	117	-
250	Silicon Empaque Interno HER	240	173	142	190
260	Silicon Empaque Externo HER	800	186	161	200

Nota. Elaboración propia.

Previo a analizar los resultados presentes en la Tabla 23, es fundamental mencionar que en este proceso ocurre todo lo contrario con respecto a los tres procesos anteriores, ya que en este caso se presenta un tiempo estándar actual de 85 piezas por hora, reflejando la meta de producción fijada para dicha actividad. Sin embargo, la producción real (tiempo depurado) evidencia una media de 47 piezas por hora, demostrando una notable disminución en la cantidad de piezas producidas por parte de los colaboradores en esta tarea, y, por ende, en este proceso. Por otra parte, el nuevo tiempo estándar propuesto disminuiría de 85 a 50 piezas por hora, ya que es una meta considerable, según los resultados de la tabla anterior.

Gracias a los análisis realizados en cada uno de los tiempos estándar de cada proceso de número de parte, se podrán realizar las acciones pertinentes para mejorar la productividad y la eficiencia en cada una de estas actividades de acuerdo con las oportunidades de mejora halladas a través de los análisis realizados. Dichas mejoras se mencionan a continuación.

6.1.3.3. Implementación de los nuevos tiempos estándar propuestos para el KPI de productividad.

De acuerdo con el análisis de los tiempos estándar en cada una de las operaciones presentados en el apartado anterior, se llegó a la decisión de establecer el nuevo tiempo estándar para las operaciones, el cual se presentó como la propuesta. Es importante mencionar que se define este tiempo como el adecuado, ya que se realiza una depuración de la data, en donde se eliminan los datos atípicos que pueden alterar la información. Además, se tomó la información de un año

para sacar un promedio; por lo tanto, se cuenta con suficiente información para tomar una decisión con respecto al nuevo tiempo establecido.

Con lo anterior, para los números de parte DWG006686, DWG006697, DWG006274-SUB, en donde la cantidad de piezas realizadas por hora se va a aumentar considerablemente, tendrá un impacto positivo en el costo del producto, ya que la mano de obra disminuye por pieza. Por lo tanto, la rentabilidad del negocio aumentará, pero esto se determinará en el siguiente capítulo. También es importante mencionar que la productividad en este caso no se verá afectada debido a que el tiempo establecido en las operaciones es alcanzable por los colaboradores, como se logra demostrar en el análisis efectuado anteriormente con el histórico de manera que las personas continuaran ganando horas en las operaciones.

Para el caso del número del número de parte FAS005093 ocurre el efecto contrario, ya que actualmente no se está alcanzando la cantidad de piezas requeridas por hora en algunas de las operaciones. Esto afecta directamente la productividad de los colaboradores, ya que no están ganando horas y, por lo tanto, la productividad es baja. Así, se estableció bajar el tiempo de ejecución en esas operaciones de acuerdo con el análisis de tiempo realizado en el apartado anterior, donde se define el tiempo propuesto como el nuevo para la operación, establecido tomando en cuenta los resultados que estaban logrando los colaboradores. Por otra parte, analizando el cambio específico para este número de parte desde el punto de vista económico, refleja un incremento para la empresa, ya que el producto aumentará el costo de producción. Sin embargo, el cambio es necesario, pues la productividad se está viendo afectada por este motivo. Cabe destacar que estos cambios realizados en este número de parte mejoraron la productividad, porque se establecieron nuevos tiempos estándares que sean más realistas a las metas de la empresa con un incremento ligero en el costo de producción.

6.1.3.4. Unificación de actividades en los números de parte.

Es importante mencionar que a los únicos procesos que se les llevó a cabo cambios en sus actividades fueron los referentes a los números de parte DWG006686 y DWG006697, y a los restantes dos números se les realizaron cambios solo en los tiempos de ejecución de las tareas. Además, para poder implementar estos cambios en los procesos del CER (ya que en este proyecto se busca implementar estos cambios en la empresa para lograr cambios reales en la organización) se necesita realizar un documento en el cual se determina que el cambio no afecta el proceso actual hecho en el CER, así como asegurar la calidad solicitada por el cliente. Esto se efectúa por medio de un VACR (procedimiento de diferentes etapas implementado en la empresa MediTech para registrar de manera detallada todas las modificaciones planeadas en un cambio importante o ajuste en la estructura de un proceso o actividad dentro de la organización), el cual se puede visualizar en el apartado de Anexos. Ahí aparecen todos los pasos de este documento, hechos con el fin de efectuar los cambios que se quieren aplicar en las tareas.

El beneficio de hacer esta unificación de operaciones consiste en eliminar procesos de valor no agregado en el producto que encarecen el costo final, además de reducir la cantidad de documentación que se debe realizar en cada una de las operaciones al momento de ejecutarlas. Con ello se tendrá un incremento en la productividad de los colaboradores al lograr realizar una mayor cantidad de piezas por hora.

Por otra parte, el cambio resulta factible, ya que, según el análisis de los tiempos estándar en las operaciones que se van a unificar, en ambas operaciones los colaboradores están cumpliendo con el tiempo estándar definido, con lo cual no es necesario aumentarlo. Además, estas actividades son operaciones sencillas que se pueden realizar sin dificultad en una misma secuencia.

En general, ambos cambios buscan optimizar el proceso de los números de parte estudiados, aumentando la productividad de los colaboradores y disminuyendo el costo final del producto. Siempre se mantienen los mismos pasos que indican las instrucciones y se satisface la calidad de los clientes. En el siguiente apartado se muestra el nuevo proceso con los cambios efectuados.

6.1.3.5. Cambios en los tiempos y actividades de los números de parte del indicador de productividad.

En este apartado, se presentarán los cursogramas con los cambios que se implementaron en cada uno de los números de parte. Cabe destacar que a los números de parte DWG006686 y DWG006697 fue a los únicos a los que se unificaron ciertas actividades de sus respectivos procesos. Sin embargo, a los cinco números de parte se les estableció una nueva propuesta del tiempo estándar, es decir, la cantidad que pueden producir en una cierta cantidad de tiempo, destacando que esta modificación se debió al estudio de los históricos de productividad.

Tabla 24

Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006686 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006686									
Diagrama número:	1	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Subcomponente de vértigo (pieza final)	Actividad		Actual	Propuesta				
Proceso:	DWG006686	Operación		7	5				
Método: Actual/Propuesto	Propuesto	Transporte		0	0				
Lugar:	MediTech	Espera		0	0				
Operario (s):	N/A	Inspección		2	2				
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento		1	1				
		Tiempo (min-hombre)		495min (8.25hr)	375 min (6.25 hr)				
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	□	◐	➡	▼	
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-						
CER Ensamble 1	1 (Op)	360	60	●					
CER Ensamble 2	2 (Op)	450	60	●					
CER - Soldadura Láser 1	3 (Op)	200	60	●					
CER - Soldadura Láser 2	4 (Op)	100	60	●					
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	200	60	●					
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER Empaque-HER	5 (Op)	270	60	●					
Total		1580	375						TP: 4.21 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tasa de producción (TP) para este proceso representa 4.91 piezas por minuto (1580 piezas/375min.).

El anterior cursograma muestra el proceso del número de parte DWG006686 con la propuesta de las actividades ya unificadas. Esta modificación resultó en una reducción tanto en el número de operaciones como en el tiempo requerido para llevarlas a cabo, logrando una

producción de 1580 piezas en un tiempo de 6.25 horas, todo esto en cinco operaciones y dos inspecciones.

Tabla 25

Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006697 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006697							
Diagrama número:	2	Resumen		Cantidad Total			
Objeto:	Vértigo (pieza final)	Actividad		Actual	Propuesta		
Proceso:	DWG006697	Operación		11	10		
Método: Actual/Propuesto	Propuesto	Transporte		0	0		
Lugar:	MediTech	Espera		0	0		
Operario (s):	N/A	Inspección		3	3		
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento		1	1		
		Tiempo (min-hombre)		750min (12.5hr)	735min (12.25hr)		
Fecha:	feb-24						
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-				
CER Ensamble 1	1 (Op)	400	60	●			
CER Ensamble 2	2 (Op)	70	60	●			
CER Ensamble Fibras - HER	3 (Op)	18	60	●			
CER Adhesivo UV Lens HER	4 (Op)	45	60	●			
CER Ensamble 3	5 (Op)	75	60	●			
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	130	60	●			
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	80	60	●			
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●			15 min por job
CER Empaque para Silicon HER	7 (Op)	170	60	●			
Recubrimiento Silicon-HER	8 (Op)	100	60	●			
Recubrimiento Silicon-Insp-HER	3 (Ins)	100	60	●			
Silicon Empaque Interno HER	9 (Op)	135	60	●			
Silicon Empaque Externo HER	10 (Op)	200	60	●			
Total		1523	735				TP: 2.07 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tasa de producción (TP) para este proceso representa 2.07 piezas por minuto (1523 piezas/375min.).

El cursograma anterior muestra el proceso del número de parte DWG006697 con la propuesta de actividades ya unificadas, visualizándose en esta Tabla 25 una reducción tanto en el número de operaciones como en el tiempo requerido para llevarlas a cabo. Se produjeron 1523 piezas en un periodo de 12.25 horas, todo esto en diez operaciones y tres inspecciones. Cabe destacar que en unos números de parte se requiere un número mayor de operaciones para completar todo el ciclo, pues son procesos con actividades más minuciosas y requieren de más cuidado.

Tabla 26

Cursograma analítico mejorado del número de parte DWG006274-SUB del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso DWG006274-SUB										
Diagrama número:	3	Resumen		Cantidad Total						
Objeto:	Subcomponente del vértigo (pieza final)	Actividad		Actual	Propuesta					
Proceso:	DWG006274-SUB	Operación		10	10					
Método:	Propuesto	Transporte		0	0					
Actual/Propuesto		Espera		0	0					
Lugar:	MediTech	Inspección		4	4					
Operario (s):	N/A	Almacenamiento		2	2					
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Tiempo (min-hombre)		780min (13hr)	780 min (13hr)					
Fecha:	feb-24									
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	→	▽		
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-							
CER Clean-HER	1 (Op)	-	30	●						30 min por job
CER Ensamble 1	2 (Op)	95	60	●						
CER Soldadura Central 1	3 (Op)	40	60	●						
CER Inspec 1	1 (Ins)	300	60	●						1hr insp 250 pz
CER Ensamble 2	4 (Op)	100	60	●						
CER Soldadura Central 2	5 (Op)	30	60	●						
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	600	60	●						
CER Inspec 2	2 (Ins)	125	60	●						1hr insp 125 pz
EDM Cutting-HER	7 (Op)	75	60	●						
Cleaning Standard	8 (Op)	-	120	●						2 hr de secado
Inventory	2 (Al)	-	-							
CER Soldadura Láser HER	9 (Op)	75	60	●						
CER Calidad Insp-HER	3 (Ins)	-	15	●						15 min por job
CER Empaque-HER	10 (Op)	400	60	●						
Inspection Time	4 (Ins)	-	15	●						15 min por job
Total		1840	780							TP: 2.36 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tasa de producción (TP) para este proceso representa 2.36 piezas por minuto (1840 piezas/780min.).

En este número de parte no se realizó unificación de actividades, ya que todas agregan valor al proceso. Por eso, de acuerdo con el análisis realizado en los tiempos estándar se demostró que los colaboradores presentaban buenos resultados en términos de productividad, logrando superar en promedio las metas de piezas por hora que se establecen. Por lo tanto, se aumentó la meta de piezas que se deben producir en el mismo tiempo, es decir, con la propuesta se realizarán 1840 piezas en 13 horas, abarcándolo en las mismas diez operaciones junto con dos inspecciones.

Tabla 27

Cursograma analítico mejorado del número de parte FAS005093 del indicador de productividad

Cursograma analítico proceso FAS005093									
Diagrama número:	4	Resumen		Cantidad Total					
Objeto:	Parte del vértigo (pieza final)	Actividad	Actual	Propuesta					
Proceso:	FAS005093	Operación	20	20					
Método: Actual/Propuesto	Propuesto	Transporte	0	0					
Lugar:	MediTech	Espera	0	0					
Operario (s):	N/A	Inspección	4	4					
Compuesto por:	Jeferson Rodríguez & Pablo Víquez	Almacenamiento	1	1					
		Tiempo (min-hombre)	1350min (22.5hr)	1350min (22.5hr)					
Fecha:	feb-24								
Descripción	Num. Operación	Cantidad (piezas)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	□	◐	➔	▼	
Inventario CER - HER	1 (Al)	-	-						
CER Clean-HER	1 (Op)	750	60	●					
CER Ensamble 1	2 (Op)	80	60	●					
CER Soldadura Central 1	3 (Op)	30	60	●					
CER Ensamble 2	4 (Op)	50	60	●					
CER Soldadura Central 2	5 (Op)	15	60	●					
CER Pull Test (HER)	6 (Op)	250	60	●					
CER Inspecc-HER	1 (Ins)	80	60	●					1hr insp 125 pz
CER Calidad Insp-HER	2 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER - Clean Cut	7 (Op)	170	60	●					
CER Ensamble Fibras - HER	8 (Op)	23	60	●					
CER Ensamble Hipotubo/Pbx HER	9 (Op)	69	60	●					
CER Adhesivo UV Pebax HER	10 (Op)	45	60	●					
CER Adhesivo UV Hipotubo HER	11 (Op)	105	60	●					
CER Adhesivo UV Corte/Domo HE	12 (Op)	40	60	●					
CER Adhesivo UV Lens HER	13 (Op)	45	60	●					
CER Instrucciones 1	14 (Op)	220	60	●					
CER Instrucciones 2	15 (Op)	75	60	●					
CER Instrucciones 3	16 (Op)	2000	60	●					
CER Calidad Insp-HER	3 (Ins)	-	15	●					15 min por job
CER Empaque para Silicon HER	17 (Op)	250	60	●					
Recubrimiento Silicon-HER	18 (Op)	100	60	●					
Recubrimiento Silicon-Insp-HER	4 (Ins)	120	60	●					
Silicon Empaque Interno HER	19 (Op)	190	60	●					
Silicon Empaque Externo HER	20 (Op)	200	60	●					
Total		4907	1350						TP: 3.63 pz/min

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tasa de producción (TP) para este proceso representa 3.63 piezas por minuto (4907 piezas/1350min.).

En este número de parte no se realizó unificación de actividades, por el mismo motivo de que todas agregan valor al proceso. Por ello, se aumentó igualmente la meta de piezas que se deben producir en este proceso, llegando a producirse 4907 piezas en 22.5 horas, abarcándolo en las mismas 20 operaciones junto con cuatro inspecciones. Este número de parte también requiere de tareas que necesitan más cuidado, por lo que se realizan muchas operaciones minuciosas para lograr la meta de producción establecido, manteniendo siempre la calidad en las piezas generadas.

6.1.3.5.1. Control de cambios en los números de parte del indicador de productividad.

En este apartado, se establecen en una tabla resumen los cambios más importantes realizados en cada uno de los procesos de los respectivos números de parte.

Tabla 28

Control de cambios de cada número de parte

Control de cambios	
Número de parte	Cambios realizados
DWG006686	Unificación de actividades (40,45, 80 y 90).
	Cambio en la cantidad de piezas a producir (paso de 3.91 pz/min. a 4.21 pz/min.). Es decir, aumentó la productividad.
	Reducción del tiempo total de producción (pasó de 8.25 horas a 6.25 horas).
DWG006697	Unificación de actividades (100 y 110).
	Cambio en la cantidad de piezas a producir (pasó de 1.91 pz/min a 2.07 pz/min). Es decir, aumentó la productividad.

	Reducción del tiempo total de producción (pasó de 12.50 horas a 12.25 horas).
DWG006274-SUB	Cambio en la cantidad de piezas a producir (paso de 1.98 pz/min. a 2.36 pz/min.). Es decir, aumentó la productividad.
FAS005093	Cambio en la cantidad de piezas a producir (paso de 4.46 pz/min. a 3.63 pz/min.). Es decir, aumentó la productividad.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 27, los procesos de números de parte donde más se establecieron cambios fueron los DWG006686 y DWG006697, ya que en estos se unificaron diferentes actividades que modificaron tanto la cantidad de piezas a producir, el periodo en que se laboran, así como la cantidad de tareas necesarias para completar todo el ciclo de producción, destacando que, gracias a las mejoras realizadas tanto en unificación de actividades como de tiempos, todos los procesos de números de parte presentan una mejora con respecto a la productividad. Por otro lado, para los números de parte DWG006274-SUB y FAS005093, solo se estableció un cambio en la cantidad de piezas que se deben producir.

Capítulo VII: Evaluación económica

7.1 Evaluación económica

En este capítulo, se desarrollará un análisis detallado de la evaluación económica, una etapa que es indispensable para el proyecto. Por ello, lo que se busca es examinar el impacto potencial de las mejoras propuestas para cada uno de los procesos de los números de partes, los cuales se han detallado en capítulos anteriores. Se evaluará cómo estas mejoras pueden influir en los tiempos estándares de producción, costos, productividad, y también en los diversos aspectos considerados indispensable para el proceso de producción.

Por otro lado, este análisis se enfocará en el impacto financiero de los cambios propuestos una vez implementados en los procesos de los cuartos de ambiente controlado (CER). Estas secciones cumplen un papel crucial en la manufactura y ensamblaje de productos finales de la empresa, donde incluso las pequeñas diferenciaciones pueden tener un impacto significativo en la calidad y la rentabilidad. Por lo tanto, será esencial evaluar cómo las mejoras propuestas influirán en la eficiencia y los costos dentro de estos entornos controlados, lo cual demuestra qué tan rentables podrían ser las variaciones realizadas en los procesos de medición e interpretación de los KPI.

Sin embargo, previo a explicar la información de cada uno de los costos, es importante mencionar que la palabra *labor* hace referencia a los costos de mano de obra, mientras que el *burden* significa los costos indirectos asociados, ya que la mayoría de los costos de los números de parte tienen presente estos términos.

7.1.1. Análisis económico para el número de parte DWG006686

En este apartado, se realizará un análisis de los costos operativos del número de parte DWG006686, en el cual se contemplaron elementos como las operaciones, el tiempo estándar de

cada una de ellas, así como también el alistamiento de la maquinaria por utilizar (tanto en mano de obra como en costos indirectos) y el costo de producción (igualmente en mano de obra y sus respectivos costos indirectos).

7.1.1.1. Análisis de los costos actuales.

Previo a mostrar el impacto total que tendrían los cambios realizados en los KPI, es importante analizar económicamente todo el proceso de producción de este número de parte.

Tabla 29

Costos actuales para el número de parte DWG006686

Costos						
Operación	Tiempo	Formato	Alistamiento maquinaria		Producción	
			Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
20	350					
20	350	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.037	\$0.060
30	300	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.043	\$0.070
40	40	PH	\$0.001	\$0.002	\$0.322	\$0.523
45	150	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.086	\$0.139
50	35	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.368	\$0.597
60	200	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.064	\$0.105
70	0	HR	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
80	600	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.021	\$0.035
90	263	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.049	\$0.080
100	0	PH	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
110	0	HR	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
2000	0	HR	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
Total			\$0.001	\$0.002	\$0.990	\$1.608

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, en la tabla anterior se muestran los datos actuales (sin ninguna mejora propuesta), es decir, que de acuerdo al mismo tiempo estándar se obtiene que el costo de mano de obra para el alistamiento de la maquinaria es de 0.001 dólares (es la cantidad que se registra en el

sistema al momento de realizar este procedimiento) y sus respectivos costos asociados son de 0.002 dólares. Sin embargo, la mano de obra al momento de realizar la producción tiene un costo de 0.990 dólares, mientras que los costos indirectos generados son de 1.608 dólares. Cabe destacar que todos estos costos son solo para fabricación de una pieza, por lo que el ahorro total se mostrará más adelante.

Tabla 30

Costo de los materiales para el número de parte DWG006686

Materiales					
Tipo	Cantidad	<i>Scrap</i>		Q. total	Costo
1	0.00800	2.00	%	0.00816	\$ 0.002
2	1.00000	2.00	%	1.02000	\$ 0.860
3	1.00000	2.00	%	1.02000	\$ 1.787
4	1.00000	2.00	%	1.02000	\$ 0.521
5	1.00000	2.00	%	1.02000	\$ 10.828
Total					\$ 13.997

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 30, se puede apreciar la cantidad de todos los materiales utilizados que están clasificados en cinco tipos diferentes. Además, para cada uno de estos, está presente el porcentaje del *scrap* (desperdicios), seguido de la cantidad que representa ese desperdicio (Q. total) y, por último, el costo que representa por cada tipo de material y su respectivo total.

Por otro lado, en los materiales hay cinco tipos diferentes, los cuales por lo general se tienen registrados en el sistema, que abarca un 2% de desperdicios. Estos suman en total, para la producción de una sola pieza, 13.997 dólares.

7.1.1.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.

En esta sección se realizará el estudio del costo que generaría la producción de una pieza en el número de parte DWG006686 con las mejoras que se le han propuesto en capítulos anteriores.

Tabla 31

Costos para el número de parte DWG006686 con la mejora implementada

Costos											
Operación	Tiempo	Formato	Cálculo 1	Cálculo 2	Hrs/Part	Alistamiento maquinaria		Calculado		Producción	
						Labor	Burden	Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	PH	1.02	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$0	\$0	\$0.000	\$0.000
20	350	PH	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$13	\$21	\$0.037	\$0.060
30	450	PH	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$13	\$21	\$0.029	\$0.046
40	100	PH	1.00	0.01	0.03	\$0.001	\$0.002	\$13	\$21	\$0.129	\$0.209
45		PH									
50	100	PH	1.00	0.01	0.03	\$0.000	\$0.000	\$13	\$21	\$0.129	\$0.209
60	200	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.000	\$0.000	\$13	\$21	\$0.064	\$0.105
70	0.25	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$0	\$0	\$0.000	\$0.000
80		PH									
90	263	PH	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$13	\$21	\$0.049	\$0.080
100	0	PH	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$0	\$0	\$0.000	\$0.000
110	0	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$0	\$0	\$0.000	\$0.000
2000	0.25	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.000	\$0.000	\$0	\$0	\$0.000	\$0.000
Total						\$0.001	\$0.002			\$0.436	\$0.708

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las operaciones 45 y 80 no poseen datos, ya que estas fueron las que se unificaron en el capítulo anterior.

En este apartado, ya están todas las mejoras implementadas, tanto en reducción de cantidad de actividades como el tiempo estándar de cada operación y los costos van a cambiar. Como se puede apreciar, el costo de la mano de obra y sus costos indirectos en el apartado del alistamiento de la maquinaria es de un 0.001 y 0.002 dólar por pieza respectivamente. Por otra parte, en la sección de producción, si se realiza la sumatoria completa de los costos de mano de obra y de los

costos indirectos se obtiene respectivamente 0.0436 y 0.708 dólares por pieza. Por ello, si se comparan los costos totales de la sección de producción antes y después con las mejoras, se puede apreciar que hay una disminución en los costos de fabricación, lo cual es un cambio muy favorable para la empresa, ya que generaría un ahorro considerable para esta.

Tabla 32

Tabla de resumen de costo actual versus propuesto

Actual			
Labor	Burden	Materiales	Total
\$0.991	\$1.610	\$13.997	\$16.599
Propuesto			
Labor	Burden	Materiales	Total
\$0.437	\$0.711	\$13.997	\$15.145
Ahorro/Pieza			\$1.453

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla resumen, se comparó la sumatoria de las principales categorías que influyen en los costos de producciones de las piezas de DWG006686 (labor, *burden* y materiales de los datos actuales) con las mejoras propuestas y es, respectivamente, de 16.599 y 15.145 dólares, es decir, hay una diferencia del 8.75% en el costo de fabricación con la propuesta, representando esta mejora un ahorro por pieza de 1.453 dólares y al mes se estima un ahorro para esta pieza de 29.06 dólares (ya que la empresa labora 20 días mensuales).

7.1.2. Análisis económico para el número de parte DWG006274-SUB

Como ya se ha mencionado, en todos los números de parte se va a realizar un análisis económico en sus procesos tanto antes como después de la implementación de los cambios. Por lo

anterior, a continuación se procede a mostrar todos los datos con respecto al estudio actual y previo del apartado económico realizado de este número de parte.

7.1.2.1. Análisis de los costos actuales.

A continuación, se procede a presentar y explicar los datos actuales que hacen referencia al coste total del alistamiento de la maquinaria (tanto en su mano de obra como en sus costos indirectos) así como los costos involucrados en la producción de una pieza.

Tabla 33

Costos actuales para el número de parte DWG006274-SUB

Costos						
Operación	Tiempo	Formato	Alistamiento de la maquinaria		Producción	
			Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
20	1	HR	\$0 000	\$0 000	\$0.001	\$0.002
30	80	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.161	\$0.261
40	40	PH	\$0 000	\$0 000	\$0 322	\$0.523
50	250	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.051	\$0.084
60	80	PH	\$0 000	\$0 000	\$0 161	\$0.261
70	30	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.429	\$0.697
80	500	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.026	\$0.042
90	125	PH	\$0 000	\$0 000	\$0.103	\$0.167
100	75	PH	\$0.004	\$0.011	\$0.128	\$0.377
110	2	HR	\$0 002	\$0 003	\$0.004	\$0.006
120	0	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
130	65	PH	\$0 001	\$0 002	\$0.198	\$0.32
140	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
150	300	PH	\$0 000	\$0 000	\$0.043	\$0.07
170	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
2000	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total			\$0.007	\$0.016	\$1.627	\$2.812

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la Tabla anterior reflejan los costos previos antes de realizarles algún cambio. Por un lado, se puede apreciar que el costo de mano de obra para el alistamiento de la maquinaria es de 0.007 dólares, y los costos asociados son de 0.016 dólares, según el estándar de tiempo establecido. En otra parte, durante la producción, el costo de mano de obra asciende a 1.627 dólares, acompañado de costos indirectos de 2.812 dólares. Sin embargo, es fundamental establecer que estos costos son específicos para la fabricación de una pieza y que el ahorro total se analizará más adelante.

Tabla 34

Costo de los materiales para el número de parte DWG006274-SUB

Materiales					
Tipo	Cantidad	<i>Scrap</i>		Q. total	Costo
1	1	5,00	%	1,050	\$ 2.580
2	1	5,00	%	1,050	\$ 1.130
3	2	5,00	%	2,100	\$ 0.360
4	0	5,00	%	0,00	\$ 0.000
5	0	5,00	%	0,00	\$ 0.000
6	0	5,00	%	0,00	\$ 0.000
7	1	5,00	%	1,050	\$ 5.840
8	1	5,00	%	1,050	\$ 1.340
Total					\$ 11.250

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, con respecto al costo de los materiales actuales presentado en la Tabla 34, en este caso hay 8 tipos distintos de materiales usados para el proceso de este número de parte, en el cual cada uno posee tanto una cantidad como un costo distinto. Como se puede evidenciar, en algunos de los materiales alcanza un aproximado de 5% de desperdicio, mientras que para otros su *scrap* (desperdicio) resulta casi nulo. Al tomar toda esta información y establecer un costo total se puede apreciar que para la fabricación de una sola pieza hay un costo de producción de 11.250 dólares.

7.1.2.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.

En esta sección se realizará el estudio del costo que generaría la producción de una pieza en el número de parte DWG006274-SUB con los cambios implementados.

Tabla 35

Costos para el número de parte con la mejora implementada

Costos											
Operación	Tiempo	Formato	Cálculo 1	Cálculo 2	Hrs/Part	Alistamiento de la maquinaria		Calculado		Producción	
						Labor	Burden	Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	HR	1.05	0.00	0.00	0.000	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
20	1	HR	1.00	0.00	0.000	0.000	0.00	\$12.87	\$0.00	\$0.00	\$0.00
30	95	PH	1.00	0.01	0.01	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.14	\$0.22
40	40	PH	1.00	0.03	0.03	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.32	\$0.52
50	300	PH	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.04	\$0.07
60	100	PH	1.00	0.01	0.01	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.13	\$0.21
70	30	PH	1.00	0.03	0.03	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.43	\$0.70
80	600	PH	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.02	\$0.03
90	125	PH	1.00	0.01	0.01	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.10	\$0.17
100	75	PH	1.00	0.01	0.01	0.000	0.01	\$9.57	\$2.31	\$0.13	\$0.38
110	2	HR	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$10.66	\$15.37	\$0.00	\$0.01
120	0	PH	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
130	75	PH	1.00	0.13	0.02	0.001	0.01	\$12.87	\$20.91	\$0.17	\$0.28
140	0,25	HR	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
150	400	PH	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.03	\$0.05
170	0	HR	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
2000	0,25	HR	1.00	0.00	0.00	0.000	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total						\$0.01	\$0.02			\$1.52	\$2.64

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, el costo de la mano de obra y sus costos indirectos en el apartado del alistamiento de la maquinaria es de un 0.01 y 0.02 dólar por pieza respectivamente, es decir, que hay una diferencia del 42.86% en el costo de mano de obra del alistamiento de la maquinaria y un 25% de diferencia con respecto a sus costos indirecto-actuales y con las mejoras implementadas. Por otra parte, si se vuelve a comparar con los datos de la Tabla 33 (datos de

producción) resulta que también hay una diferencia pequeña en el costo de la fabricación de una pieza, ya que tanto en su costo de mano de obra como indirecto hay una diferencia del 7.03% y 6.52% respectivamente.

Tabla 36

Tabla de resumen de costo actual versus propuesto

Actual			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$1.634	\$2.829	\$11.254	\$15.717
Propuesto			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$1.527	\$2.652	\$11.254	\$15.433
Ahorro/Pieza			\$0.284

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La palabra *labor* hace referencia a los costos de mano de obra, mientras que el *burden* significa los costos indirectos asociados.

La Tabla 36 muestra la comparación del costo total actual y propuesto de la fabricación de una pieza. Como se puede apreciar en la tabla resumen, se compararon la sumatoria de las principales categorías que influyen en los costos de producciones de las piezas de DWG006274-SUB; donde sus respectivos costos por pieza respectivamente son de 15,717 y 15,433 dólares, es decir, hay una diferencia del 1.84% en el costo de fabricación con la propuesta, representando esta mejora un ahorro por pieza de 0.284 dólares.

7.1.3. Análisis económico para el número de parte DWG006697

En este apartado, también se llevará a cabo un análisis económico del proceso DWG006697, evaluando sus procesos previos y después de los cambios propuestos. Por lo tanto, a continuación se presentan los datos correspondientes al análisis de este número de parte.

7.1.3.1. Análisis de los costos actuales.

A continuación, se detallarán y analizarán los datos actualizados, relacionados con el costo total del proceso de preparación de la maquinaria, donde se tomarán en cuenta tanto los de mano de obra como los costos indirectos, así como también los gastos de producción de la pieza.

Tabla 37

Costos actuales para el número de parte DWG006697

Costos						
Operación	Tiempo	Formato	Alistamiento de la maquinaria		Producción	
			Labor	Burden	Labor	Burden
10	0.00	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
20	280.00	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.046	\$0.075
30	55.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.234	\$0.380
40	18.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.715	\$1.162
50	45.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.286	\$0.465
60	75.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.172	\$0.279
70	120.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.107	\$0.174
80	70.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.184	\$0.299
90	0.25	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
100	2.00	PH	\$0.003	\$0.004	\$0.005	\$0.008
110	170.00	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.076	\$0.123
120	100.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.129	\$0.209
130	150.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.129	\$0.209
140	250.00	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.086	\$0.139
150	0.00	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.051	\$0.084
170	0.00	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
2000	0.25	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
Total			\$0.003	\$0.004	\$2.219	\$3.606

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 37 se presentan los costos iniciales actuales previos a los cambios propuestos. Se observa que el costo estándar de mano de obra para el alistamiento de la maquinaria es de 0.003

dólares, mientras que los costos asociados son de 0.004 dólares, es decir, se mantiene dentro del rango del costo. Al momento de fabricar la pieza, el costo de mano de obra es de 2.219 dólares, sumado con los costos indirectos, que son aproximadamente 3.606 dólares.

Tabla 38

Costo de los materiales para el número de parte DWG006697

Materiales					
Tipo	Cantidad	<i>Scrap</i>		Q. total	Costo
1	0	1,00	%	0,26	\$ 0.302
2	1	5,00	%	1,05	\$ 0.999
3	1	5,00	%	1,05	\$ 1.072
4	1	5,00	%	1,05	\$ 0.987
5	1	5,00	%	1,05	\$ 0.694
6	2	5,00	%	2,10	\$ 1.293
7	0	1,00	%	0,00	\$ 0.115
8	1	5,00	%	1,05	\$ 16.503
9	0	0,00	%	0,03	\$ 0.574
10	1	5,00	%	1,05	\$ 17.533
11	1	5,00	%	1,05	\$ 0.183
12	0	1,00	%	0,00	\$ 0.027
Total					\$ 40.282

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al costo actual de los materiales, se utilizan en este caso 12 tipos distintos en este proceso, cada uno con una cantidad y costo específicos. Se observa que algunos materiales tienen un desperdicio promedio del 5%, mientras que otros alcanzan solo un 1%. Al calcular el costo total considerando esta información, se estima que la producción de una pieza tiene un costo total de aproximadamente 40.282 dólares.

7.1.3.2. Análisis de los costos con las mejoras implementadas.

Para este número de parte, se realizará también el estudio de los costos asociados a la fabricación de una pieza en este proceso si los cambios propuestos fueran implementados, con el fin de analizar el impacto económico al comparar el antes y después del proceso.

Tabla 39

Costos para el número de parte con la mejora implementada

Costos											
Operación	Tiempo	Formato	Cálculo 1	Cálculo 2	Hrs/Part	Alistamiento de la maquinaria		Calculado		Producción	
						Labor	Burden	Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	HR	1.05	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
20	400	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.03	\$0.05
30	70	PH	1.00	0.01	0.02	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.18	\$0.30
40	18	PH	1.00	0.06	0.06	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.72	\$1.16
50	45	PH	1.00	0.02	0.02	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.29	\$0.46
60	75	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.17	\$0.28
70	120	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.11	\$0.17
80	80	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.16	\$0.26
90	0.25	PH	1.00	0	0.00	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.00	\$0.00
100	-	PH	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
110	170	HR	1.00	0.01	0.01	\$0.002	\$0.004	\$12.87	\$20.91	\$0.08	\$0.12
120	100	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.13	\$0.21
130	100	PH	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.13	\$0.21
140	150	HR	1.00	0.01	0.01	\$0.00	\$0.00	\$12.87	\$20.91	\$0.09	\$0.14
150	250	PH	1.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	0.00}	\$0.05	\$0.08
170	0	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
2000	0	HR	1.00	0.00	0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total						\$0.002	\$0.003			\$2.13	\$3.46

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 39, los costos de las mejoras propuestas para la mano de obra y gastos indirectos –en el apartado del alistamiento de la maquinaria– son de un 0.002 y

0.003 dólar por pieza respectivamente. Sin embargo, los costos actuales presentes en la Tabla 37, son, también respectivamente, de 0.003 y 0.004 dólares, es decir, que hay una diferencia del 33.33% tanto en el costo de mano de obra como en los costos indirectos asociados del alistamiento de la maquinaria. Sin embargo, con respecto a los costos de producción, hay una diferencia del 4.01% y 4.05% en los costos de mano de obra (labor) y costos indirectos (*burden*).

Tabla 40

Tabla de resumen de costo actual versus propuesto para DWG006697

Actual			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$2.222	\$3.610	\$40.282	\$46.114
Propuesto			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$2.128	\$3.457	\$40.282	\$45.867
Ahorro/Pieza			\$0.247

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 40 muestra la comparativa entre los costos totales actuales y propuestos para la fabricación de una pieza. El costo total para la elaboración de una pieza en ambos escenarios es de 46.114 y 45.867 dólares (antes y después de implementar los cambios propuestos respectivamente). Esto representa una diferencia del 0.532%, lo que equivale a un ahorro por pieza de 0.247 dólares gracias a las mejoras propuestas.

7.1.4. Análisis económico para el número de parte FAS005093

Previo a mostrar los datos económicos del antes y después de los cambios en el proceso, es imprescindible mencionar que para este número de parte en específico el costo total aumentó a

diferencia de los demás, ya que se apreciará un aumento general en el costo final, lo cual incrementa, a su vez, la productividad.

7.1.4.1. Análisis de los costos actuales.

En este apartado, también se procederá a mostrar en las tablas siguientes todos los costos previos a los cambios que estén relacionados con la producción de una pieza para el proceso del número de parte FAS005093.

Tabla 41

Costos actuales para el numero de parte FAS005093

Costos						
Operación	Tiempo	Formato	Alistamiento de la maquinaria		Producción	
			Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
20	750	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.017	\$0.028
30	120	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.107	\$0.174
40	30	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.429	\$0.697
50	85	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.151	\$0.246
60	15	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.858	\$1.394
70	300	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.043	\$0.070
80	125	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.103	\$0.167
90	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.064	\$0.000
100	200	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.560	\$0.105
110	23	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.187	\$0.909
120	69	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.286	\$0.303
130	45	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.046	\$0.465
140	105	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.129	\$0.199
150	50	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.060	\$0.418
170	59	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.354
180	280	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.032	\$0.075
190	100	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.129	\$0.209
200	2000	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.107	\$0.010
210	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.054	\$0.000
220	400	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.016	\$0.052

230	100	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.209
240	120	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.174
250	240	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.870
260	800	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.026
270	0	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
280	0	PH	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
2000	0	HR	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000
Total			\$0.00	\$0.00	\$3.922	\$6.373

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos anteriores, se puede visualizar que los costos iniciales o actuales previo a los cambios propuestos en el área de alistamiento son de 0 dólares. Sin embargo, para la producción registra un total de 3.922 dólares en mano de obra y 6.373 dólares en costos indirectos.

Tabla 42

Costo de los materiales para el número de parte FAS005093

Materiales					
Tipo	Cantidad	<i>Scrap</i>		Q. total	Costo
1	1	10,00	%	1,100	\$ 1.716
2	1	10,00	%	1,100	\$ 1.188
3	2	10,00	%	2,200	\$ 0.381
4	0	0,00	%	0,000	\$ 0.000
5	0	0,00	%	0,000	\$ 0.000
6	0	0,00	%	0,000	\$ 0.000
7	1	5,00	%	1,050	\$ 19.219
8	1	10,00	%	1,100	\$ 1.312
9	2	10,00	%	2,200	\$ 1.438
10	1	10,00	%	1,100	\$ 0.386
11	0	0,00	%	0,02	\$ 0.114
12	1	10,00	%	1,100	\$ 0.242
Total					\$ 25.997

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al costo actual de los materiales, se utilizan en este caso 12 tipos distintos en este proceso, cada uno con una cantidad y costo específicos como se puede apreciar en la Tabla 42. Además, se puede visualizar que la media de *scraps* es del 10%. Sin embargo, en ciertos casos se alcanzó solo un 5%. Al calcular el costo total considerando esta información, se estima que la producción de una pieza tiene un costo total en materiales de aproximadamente 25.997 dólares.

Tabla 43

Costos para el número de parte FAS005093 con la mejora implementada

Costos											
Operación	Tiempo	Formato	Cálculo 1	Cálculo 2	Hrs/Part	Alistamiento de la maquinaria		Calculado		Producción	
						Labor	Burden	Labor	Burden	Labor	Burden
10	0	HR	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
20	750	PH	1	0.000	0.001	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.017	\$0.028
30	80	PH	1	0.010	0.008	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.161	\$0.261
40	30	PH	1	0.030	0.033	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.429	\$0.697
50	50	PH	1	0.020	0.012	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.257	\$0.418
60	15	PH	1	0.070	0.067	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.858	\$1.394
70	250	PH	1	0.000	0.003	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.051	\$0.084
80	80	PH	1	0.010	0.008	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.161	\$0.261
90	0.25	HR	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.000	\$0.000
100	170	PH	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.076	\$0.123
110	23	HR	1	0.010	0.005	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.560	\$0.909
120	69	PH	1	0.040	0.043	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.187	\$0.303
130	45	PH	1	0.010	0.014	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.286	\$0.465
140	105	HR	1	0.020	0.022	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.123	\$0.199
150	40	PH	1	0.010	0.010	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.322	\$0.523
170	45	HR	1	0.030	0.020	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.286	\$0.465
180	220	PH	1	0.020	0.017	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.059	\$0.095
190	75	PH	1	0.000	0.004	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.172	\$0.279
200	2000	PH	1	0.010	0.010	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.006	\$0.010
210	0.25	HR	1	0.000	0.001	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.133	\$0.080
220	300	PH	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
230	100	PH	1	0.000	0.003	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.043	\$0.070
240	120	PH	1	0.010	0.010	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.129	\$0.209

250	190	PH	1	0.010	0.008	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.107	\$0.174
260	200	PH	1	0.010	0.004	\$0.00	\$0.00	\$12.870	\$20.910	\$0.068	\$0.110
270	0	PH	1	0.000	0.001	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
280	0	PH	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
2000	0.25	HR	1	0.000	0.000	\$0.00	\$0.00	\$0.000	\$0.000	\$0.000	\$0.000
Total						\$0.00	\$0.00			\$4.421	\$7.182

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 43 muestra los costos en alistamiento de la maquinaria y de producción. Sin embargo, si se comparan nuevamente estos mismos datos con los de la Tabla 41 se refleja que en los costos de alistamiento no hay un aumento. Por otro lado, en los costos de producción son de -11.29% y esto se debe a que el costo propuesto en este caso sí aumentó, por lo que si se realiza una comparación con el actual representaría un incremento económico. No obstante, dicho cambio se propuso para poder incrementar la productividad a un grado que se equiparara a las metas que se tienen propuestas (este procedimiento se puede ver más a detalle en el capítulo VI, donde se explican los cambios realizados). Y con respecto a los costos indirectos de producción, igualmente se presentó una disminución similar de -11.25% por la misma razón previamente mencionada.

Tabla 44

Tabla de resumen de costo actual versus propuesto para FAS005093

Actual			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$3.922	\$6.373	\$25.997	\$ 36.292
Propuesto			
Labor	<i>Burden</i>	Materiales	Total
\$4.421	\$7.182	\$25.997	\$37.599
Ahorro/Pieza			\$1.710

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, según la Tabla 44, se presenta la misma situación de incremento del costo total, ya que en vez de ahorrar se da un aumento de 1.710 dólares por pieza. Si se ve de forma

general, con las mejoras realizadas para los diferentes números de parte el proyecto tiene un impacto positivo, ya que se genera un ahorro. Estos datos serán presentados más adelante.

Como se apreció en el análisis de la Tabla 43, el costo propuesto aumentó con respecto al establecido. Sin embargo, en este número de parte esto generó un aumento de productividad. Esta situación se puede solventar a través del balance general con respecto a los ahorros obtenidos en los anteriores números de partes, para calcular cuánto es el ahorro general que se obtiene después de aplicarse todos los cambios.

7.2. Costeo final de los números de parte

En este apartado se realizará un análisis sobre los datos históricos de la cantidad de piezas despachadas o enviadas por mes de 2019 a 2023, esto con el objetivo de estudiar el impacto que se generaría en el costo final tanto antes como después de los cambios propuestos. Esto es crucial para poder determinar el ahorro total, o reflejar qué tanto cambiaron los costos por la cantidad de piezas realizadas. Previo a mostrar los datos, es importante mencionar que los números de parte DWG006686 y DWG006274-SUB son subcomponentes de DWG006697. De tal modo, los cambios en el costo final solo se analizarán para los números de parte DWG006697 y FAS005093.

7.2.1. Cambios en el costo de DWG006697

Para poder detectar el ahorro mensual en la situación actual y con los cambios propuestos, se deben tomar en cuenta los históricos de unidades despachadas de DWG006697 y multiplicarlo con sus costos antes y después del cambio, los cuales son los que están presentes en la Tabla 31.

Tabla 45

Ahorro mensual del DWG006697 según la demanda de 2019 a 2023

Piezas del DWG006697

Año 2019				
Mes	Piezas/Enviadas	Costo actual	Costo propuesto	Ahorro/Mes
Ene	3073	\$141,708	\$140,949	\$759
Feb	3070	\$141,570	\$140,812	\$758
Mar	5795	\$267,231	\$265,799	\$1,431
May	4325	\$199,443	\$198,375	\$1,068
Jun	2592	\$119,527	\$118,887	\$640
Jul	2525	\$116,438	\$115,814	\$624
Ago	2600	\$119,896	\$119,254	\$642
Sep	2613	\$120,496	\$119,850	\$645
Oct	2602	\$119,989	\$119,346	\$643
Nov	2279	\$105,094	\$104,531	\$563
Dec	2795	\$128,889	\$128,198	\$690
Año 2020				
Ene	2783	\$128,335	\$127,648	\$687
Feb	2824	\$130,226	\$129,528	\$698
Mar	2737	\$126,214	\$125,538	\$676
Abr	2028	\$93,519	\$93,018	\$501
May	5052	\$232,968	\$231,720	\$1,248
Jun	2540	\$117,130	\$116,502	\$627
Oct	2604	\$120,081	\$119,438	\$643
Nov	2585	\$119,205	\$118,566	\$638
Dec	2612	\$120,450	\$119,805	\$645
Año 2021				
Ene	1032	\$47,590	\$47,335	\$255
Feb	1039	\$47,912	\$47,656	\$257
Mar	1042	\$48,051	\$47,793	\$257
Abr	1024	\$47,221	\$46,968	\$253
May	1021	\$47,082	\$46,830	\$252
Jun	1021	\$47,082	\$46,830	\$252
Jul	3617	\$166,794	\$165,901	\$893
Ago	2073	\$95,594	\$95,082	\$512
Sep	2073	\$95,594	\$95,082	\$512
Nov	2077	\$95,779	\$95,266	\$513
Año 2022				

Feb	3088	\$142,400	\$141,637	\$763
Mar	2088	\$96,286	\$95,770	\$516
Abr	3115	\$143,645	\$142,876	\$769
May	1037	\$47,820	\$47,564	\$256
Jun	4142	\$191,004	\$189,981	\$1,023
Jul	2072	\$95,548	\$95,036	\$512
Ago	2061	\$95,041	\$94,532	\$509
Sep	2028	\$93,519	\$93,018	\$501
Dec	989	\$45,607	\$45,362	\$244
Año 2023				
Ene	1548	\$71,384	\$71,002	\$382
feb	3613	\$166,610	\$165,717	\$892
Mar	3613	\$166,610	\$165,717	\$892
Abr	1555	\$71,707	\$71,323	\$384
May	2852	\$131,517	\$130,813	\$704
Jun	3705	\$170,852	\$169,937	\$915
Jul	2083	\$96,055	\$95,541	\$515
Ago	2087	\$96,240	\$95,724	\$515
Sep	2602	\$119,989	\$119,346	\$643
Oct	2603	\$120,035	\$119,392	\$643
Nov	937	\$43,209	\$42,977	\$231
Dic	1664	\$76,734	\$76,323	\$411
Ahorro total (2019 a 2023)				\$31,007

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos que presenta la Tabla 44, se puede apreciar que, por lo general, si se comparan las columnas del “Costo actual” y el “Costo propuesto”, hay una disminución de este en todos los meses tanto de 2019 hasta 2023. Esto es un factor positivo, pues indica una disminución por el costo final de la cantidad de piezas despachadas, lo cual se refleja en el ahorro total de estos dos años, ya que la empresa se estaría ahorrando un total de \$31, 007 en el CER si se llegaran a aplicar los cambios propuestos.

7.2.2. Cambios en el costo de FAS005093

Igual que en el punto “7.2.1. Cambios en el costo de DWG006697” aquí también se requirió multiplicar el costo tanto actual como el propuesto por la cantidad de piezas enviadas por mes de cada año, para poder determinar el costo final previo y después de los cambios.

Tabla 46

Incremento mensual del FAS005093 según la demanda de 2019 a 2023

Piezas del FAS005093				
Año 2019				
Meses	Piezas/Enviadas	Costo actual	Costo propuesto	Incremento/Mes
Ene	475	\$17,238	\$17,860	\$621
Feb	495	\$17,964	\$18,612	\$647
Abr	489	\$17,747	\$18,386	\$639
May	459	\$16,658	\$17,258	\$600
Jun	533	\$19,343	\$20,040	\$697
Sep	510	\$18,509	\$19,176	\$667
Oct	502	\$18,218	\$18,875	\$656
Dec	509	\$18,472	\$19,138	\$666
Año 2020				
Feb	948	\$34,404	\$35,644	\$1,240
Mar	1034	\$37,525	\$38,878	\$1,352
Abr	470	\$17,057	\$17,672	\$615
May	500	\$18,146	\$18,800	\$654
Jun	524	\$19,017	\$19,702	\$685
Nov	536	\$19,452	\$20,153	\$701
Dec	517	\$18,763	\$19,439	\$676
Año 2021				
Ene	1008	\$36,582	\$37,900	\$1,318
Mar	1010	\$36,654	\$37,975	\$1,321
May	500	\$18,146	\$18,800	\$654
Año 2022				
Feb	517	\$18,763	\$19,439	\$676

Abr	434	\$15,751	\$16,318	\$568
Jun	479	\$17,384	\$18,010	\$626
Nov	544	\$19,743	\$20,454	\$711
Dec	948	\$34,404	\$35,644	\$1,240
Año 2023				
May	501	\$18,182	\$18,837	\$655
Jul	321	\$11,650	\$12,069	\$420
Sep	216	\$7,839	\$8,121	\$282
Nov	469	\$17,021	\$17,634	\$613
Dic	306	\$11,105	\$11,505	\$400
Incremento total (2019 a 2023)				\$20,602

Fuente: Elaboración propia.

Como reflejan los datos de la Tabla 46, en este caso se presenta un panorama distinto, ya que el costo propuesto aumentó, a pesar de que en puntos anteriores se demostró que favorece la productividad. En este caso se obtuvo un incremento total en el costo final desde el año 2019 a 2023 de \$20,602 para la cantidad de piezas enviadas. Esta situación es un poco adversa para la economía de la empresa. Sin embargo, al incrementar la productividad se puede aumentar la cantidad de piezas (como se observó en el capítulo VI, donde se pudo incrementar los tiempos estándar de varias operaciones, las cuales de acuerdo con la productividad de los colaboradores reflejaban que podían alcanzar o superar la meta de producción de piezas) que fueron varios de los cambios que se propusieron en los números de parte.

Cabe destacar que en el siguiente apartado se realizará un balance entre el ahorro total de DWG006697 y el incremento de FAS005093 para calcular el ahorro neto de acuerdo con los cambios propuestos.

7.2.3. Balance general entre DWG006697 y FAS005093

Como se mencionó en el apartado anterior, en el costo de las unidades de FAS005093 se presentaba un aumento en vez de un ahorro, pero la propuesta de solución es realizar un balance entre la cantidad ahorrada de DWG006697 y balancearlo (realizar una resta) por el incremento final que se obtuvo. Esto para calcular el ahorro neto general de ambos números de parte.

Tabla 47

Impacto total de las mejoras en el periodo de 2019 a 2024

Balance general de 2019 a 2023	
Ahorro del DWG006697 de 2019 a 2024	\$ 31.007
Incremento del FAS005093 de 2019 a 2024	\$ 20,602
Ahorro general	\$ 10,405

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información anterior, se puede visualizar que si se realiza un balance en el ahorro presentado de DWG006697 por el incremento de FAS005093 se puede obtener un ahorro neto general de acuerdo con los cambios propuestos de aproximadamente \$10,405 al año. Es decir, que, de acuerdo con el análisis económico realizado en este capítulo, se puede establecer que los cambios propuestos a lo largo del proyecto sí son factibles. Además de generar un incremento de la productividad, como se apreció para el número de parte DWG006697, este presentó un ahorro significativo para la empresa y para FAS005093 se lograron establecer nuevos tiempos estándar que se equiparan a la productividad de los colaboradores.

7.3. Pronóstico de ventas

Se consideró necesario realizar el pronóstico de las ventas (piezas enviadas) de los números de parte para DWG006697 y FAS005093 para estudiar el comportamiento que tendrá a futuro con

respecto a los históricos que se presentaron tanto en la Tabla 44 como la 55. Esto resulta fundamental para identificar tendencias o patrones que logren prevenir cambios en las estrategias de las ventas de la empresa y con esto poder plantear recomendaciones de acuerdo con el comportamiento que se presente.

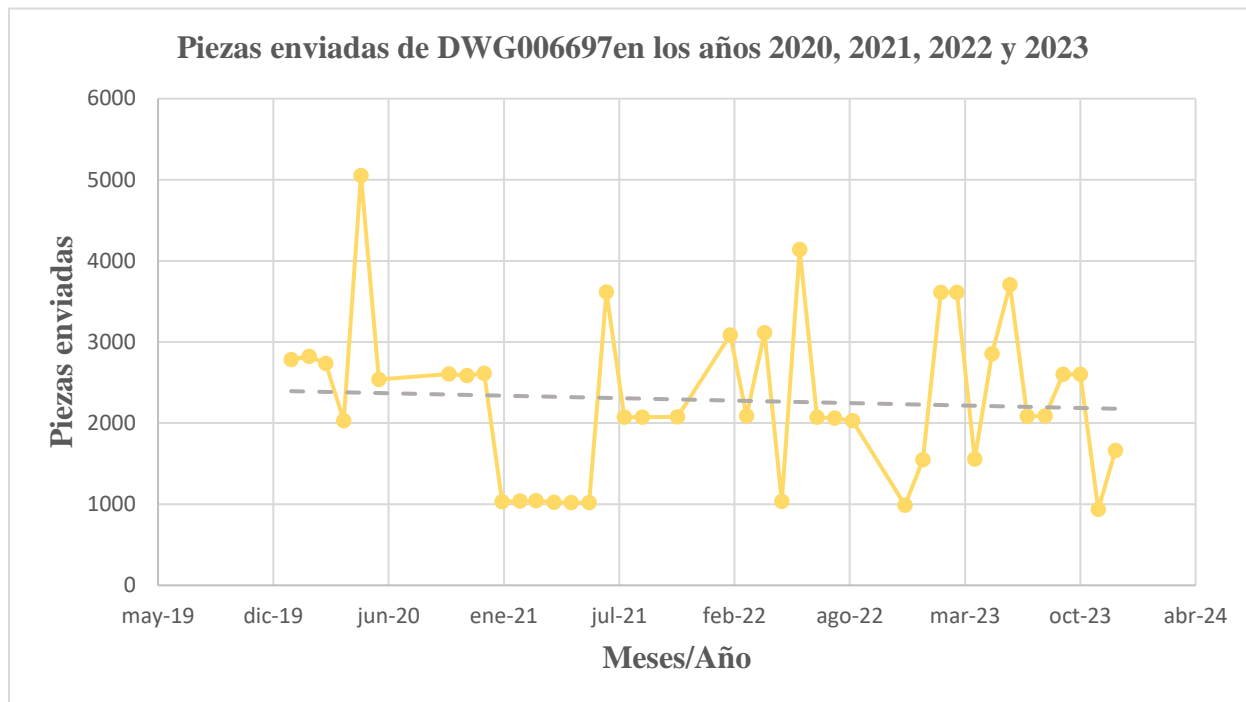
Además, es importante mencionar que se realizarán varios modelos de pronósticos, con el objetivo de seleccionar el modelo más preciso según el error absoluto medio (MAE) más bajo y poder comparar las ventas del mes pronosticado (enero de 2024) con las ventas reales obtenidas en ese periodo, identificando cómo será el comportamiento de las ventas en los meses futuros de acuerdo con los históricos presentados previamente.

7.3.1. Pronóstico para el número de parte DWG006697

En este apartado, se analizará el comportamiento que tienen los datos de los últimos cuatro años del proceso DWG006697, para poder establecer el modelo de pronóstico que mejor se adecue y las recomendaciones correspondientes de acuerdo con las predicciones de ventas que realice el modelo seleccionado.

Figura 30

Comportamiento de las ventas según el historial del DWG006697



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta gráfica corresponde al historial de las ventas totales mensuales de los últimos cuatro años.

Como se pudo apreciar en la Figura 31, los datos para el número de parte DWG006697 en los últimos años no muestra un patrón o una estacionalidad marcada. Por el contrario, siguen un comportamiento aleatorio. Y como se puede observar prácticamente no presenta tendencia, según lo demuestra la línea de tendencia a lo largo de la gráfica. Esto indica a simple vista que las variables no tienen relación, es decir, esta información muestra que es un modelo no lineal, por el comportamiento de los datos históricos a lo largo de los años.

Tabla 48

Análisis de regresión para el número de parte DWG006697

Estadísticas de la regresión DWG006697	
Coeficiente de correlación múltiple	0.065757245
Coeficiente de determinación R ²	0.004324015
R ² ajustado	-0.021877984
Error típico	995.6546908
Observaciones	40

Fuente: Elaboración propia. Dicho análisis se realizó en el software Excel.

El anterior análisis se realizó, ya que se debe confirmar estadísticamente qué relación y comportamiento siguen los datos de este número de parte para poder seleccionar el modelo de pronóstico más adecuado.

De acuerdo con los datos de la Tabla 48, se usaron 40 observaciones para poder determinar que tanto el coeficiente de correlación como el de determinación están muy bajos. Esto indica respectivamente, según lo que establece Fernández (2013), una correlación muy débil o baja entre las variables que se están comparando, y que solo aproximadamente el 0.4% de la variabilidad en la variable dependiente puede explicarse. Es decir, dado que ambos coeficientes en este análisis son muy bajos, lo más recomendable es utilizar un modelo no lineal que se ajuste a estos datos y poder pronosticar el comportamiento de la demanda futura.

Además, cabe aclarar que los datos no presentan tendencia, y la estacionalidad es prácticamente mínima. Por ello, una buena opción es optar por probar modelos de pronósticos no lineales que se adapten a estas características, como son los modelos de suavizado exponencial y el promedio móvil simple. Sin embargo, para escoger el que mejor se adapta a los datos, se debe medir el error absoluto medio (MAE).

Tabla 49*Cálculo del pronóstico con el suavizado exponencial para DWG006697*

Mes	Fecha	Ventas	Pronóstico	Error del modelo	Error ABS
1	ene-20	2783	2783		
2	feb-20	2824	2783	41	41
3	mar-20	2737	2799	-62	62
4	abr-20	2028	2775	-747	747
5	may-20	5052	2486	2566	2566
6	jun-20	2540	3479	-939	939
7	oct-20	2604	3116	-512	512
8	nov-20	2585	2918	-333	333
9	dic-20	2612	2789	-177	177
10	ene-21	1032	2720	-1688	1688
11	feb-21	1039	2067	-1028	1028
12	mar-21	1042	1669	-627	627
13	abr-21	1024	1426	-402	402
14	may-21	1021	1270	-249	249
15	jun-21	1021	1174	-153	153
16	jul-21	3617	1115	2502	2502
17	ago-21	2073	2084	-11	11
18	sep-21	2073	2080	-7	7
19	nov-21	2077	2077	0	0
20	feb-22	3088	2077	1011	1011
21	mar-22	2088	2469	-381	381
22	abr-22	3115	2321	794	794
23	may-22	1037	2629	-1592	1592
24	jun-22	4142	2012	2130	2130
25	jul-22	2072	2837	-765	765
26	ago-22	2061	2541	-480	480
27	sep-22	2028	2355	-327	327
28	dic-22	989	2228	-1239	1239
29	ene-23	1548	1748	-200	200
30	feb-23	3613	1671	1942	1942
31	mar-23	3613	2423	1190	1190
32	abr-23	1555	2884	-1329	1329
33	may-23	2852	2369	483	483

34	jun-23	3705	2556	1149	1149
35	jul-23	2083	3001	-918	918
36	ago-23	2087	2646	-559	559
37	sep-23	2602	2429	173	173
38	oct-23	2603	2496	107	107
39	nov-23	937	2538	-1601	1601
40	dic-23	1664	1918	-254	254
41	ene-24		1819	-1819	1819

Suavización exponencial simple	
Error absoluto medio	812.08

Fuente: Elaboración propia.

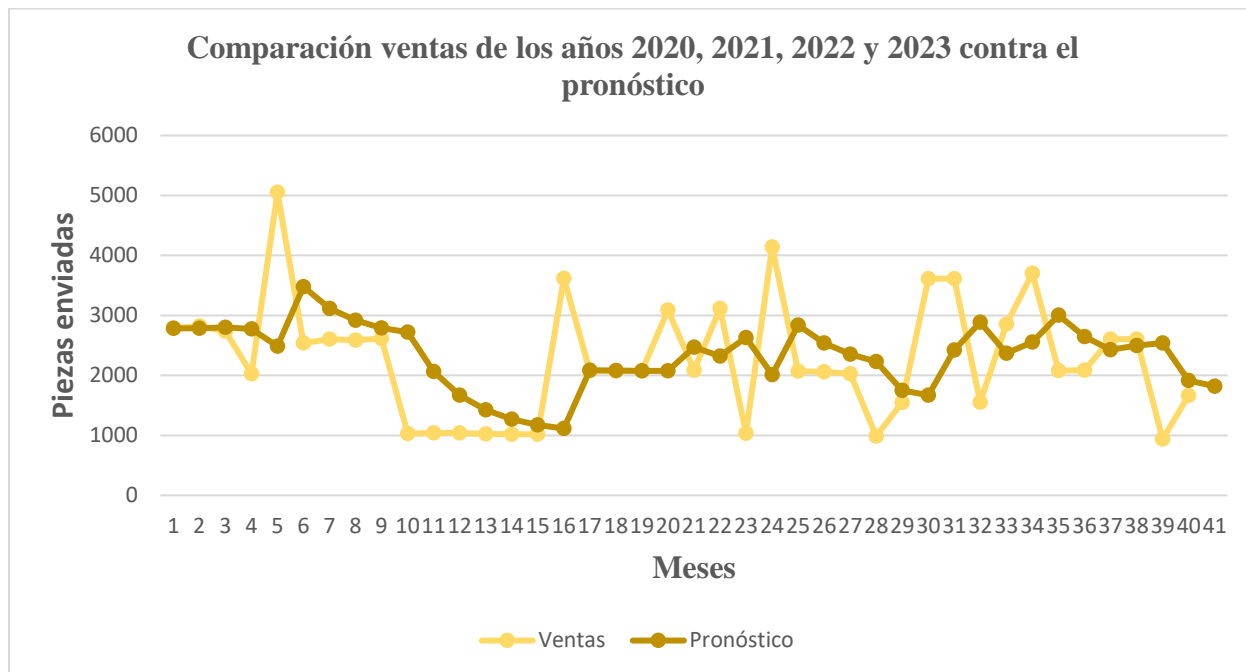
En la tabla anterior, se puede visualizar el procedimiento para realizar el cálculo del pronóstico con este método, donde se observa en la columna de ventas el posible comportamiento de las ventas con respecto a los datos reales. Además, para el mes número 41 (enero de 2024) el modelo establece que habrá un total de piezas enviadas de 1819 unidades.

No obstante, al calcular el error absoluto medio (MAE), según lo mencionan Torres et al., es una forma de lograr medir el error total de acuerdo con el cálculo de las predicciones hechas por el modelo de pronóstico utilizado, mostrando la diferencia que hay entre los datos históricos y los calculados a futuro (2012). Este es alto, ya que las predicciones hechas se desvían 812 veces de las predicciones reales, o también se puede observar que el MAE es aproximadamente el 35.59% del valor promedio mensual de las piezas enviadas en los cuatro años.

Lo anterior refleja que el modelo no está captando bien la variabilidad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que en este proceso de número de parte se trabaja con una metodología *pull*, es decir, la cantidad que solicite el cliente, por lo que las demandas mensuales son muy variables, lo cual puede variar también al momento de realizar las predicciones en el modelo.

Figura 31

Modelo suavizado exponencial para DWG006697



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el MAE, se analizó que el modelo presentaba un alto error en las predicciones. Sin embargo, por la gran cantidad de data (4 años) utilizada y además de que este proceso se trabaja con una metodología *pull* (demanda variable) el pronóstico realizado por el modelo sigue un comportamiento similar o se ajusta de manera considerable a las ventas históricas, disminuyendo o suavizando los picos presentados en los datos reales, como se puede apreciar en la Figura 32.

Tabla 50

Cálculo del pronóstico con el promedio móvil simple para DWG006697

Mes	Fecha	Ventas	Pronóstico	Error	Error abs
1	ene-20	2783			
2	feb-20	2824			

3	mar-20	2737	2803.5	-66.5	66.5
4	abr-20	2028	2780.5	-753	753
5	may-20	5052	2382.5	2670	2670
6	jun-20	2540	3540	-1000	1000
7	oct-20	2604	3796	-1192	1192
8	nov-20	2585	2572	13	13
9	dic-20	2612	2594.5	18	18
10	ene-21	1032	2598.5	-1567	1567
11	feb-21	1039	1822	-783	783
12	mar-21	1042	1035.5	7	7
13	abr-21	1024	1040.5	-17	17
14	may-21	1021	1033	-12	12
15	jun-21	1021	1022.5	-2	2
16	jul-21	3617	1021	2596	2596
17	ago-21	2073	2319	-246	246
18	sep-21	2073	2845	-772	772
19	nov-21	2077	2073	4	4
20	feb-22	3088	2075	1013	1013
21	mar-22	2088	2582.5	-495	495
22	abr-22	3115	2588	527	527
23	may-22	1037	2601.5	-1565	1565
24	jun-22	4142	2076	2066	2066
25	jul-22	2072	2589.5	-518	518
26	ago-22	2061	3107	-1046	1046
27	sep-22	2028	2066.5	-39	39
28	dic-22	989	2044.5	-1056	1056
29	ene-23	1548	1508.5	40	40
30	feb-23	3613	1268.5	2345	2345
31	mar-23	3613	2580.5	1033	1033
32	abr-23	1555	3613	-2058	2058
33	may-23	2852	2584	268	268
34	jun-23	3705	2203.5	1502	1502
35	jul-23	2083	3278.5	-1196	1196
36	ago-23	2087	2894	-807	807
37	sep-23	2602	2085	517	517
38	oct-23	2603	2344.5	259	259
39	nov-23	937	2602.5	-1666	1666

40	dic-23	1664	1770	-106	106
40	ene-24		1300.5		

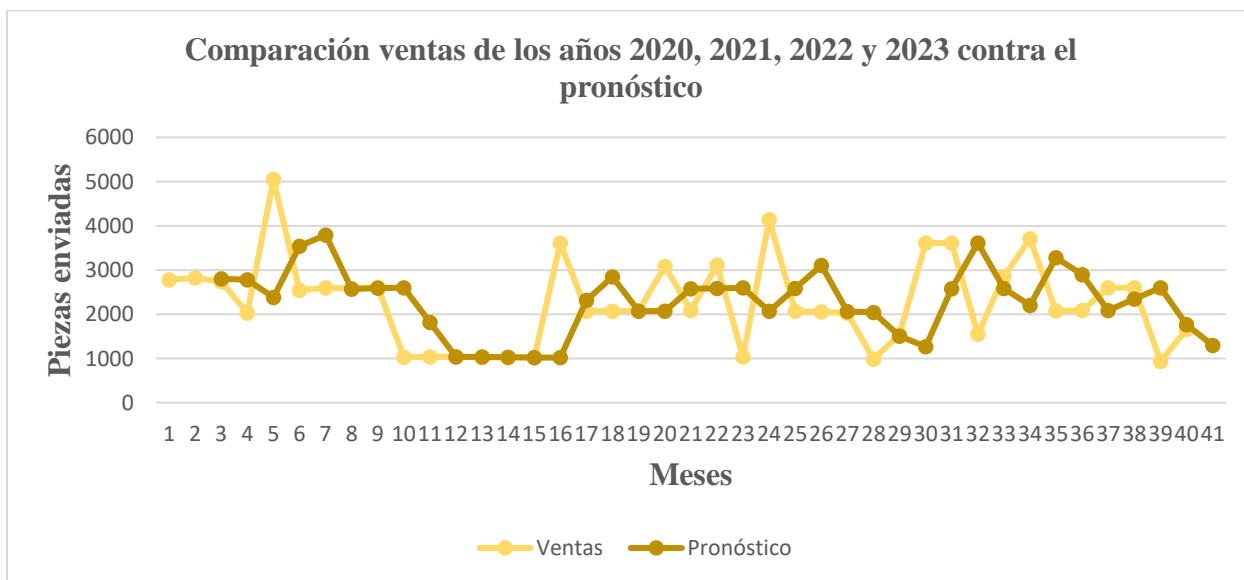
Promedio móvil simple	
Error absoluto medio	837.66

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 50, se muestran tanto los datos de las ventas reales como el pronóstico realizado por el promedio móvil simple. En este caso, para el mes 40 (enero de 2024) el modelo establece que habrá un total de piezas enviadas de 1300 unidades.

Por otro lado, de acuerdo con las consideraciones explicadas en el análisis hecho en la tabla 40, al calcular el MAE se obtuvo aproximadamente 837.66. Esto, en otras palabras, establece que en el 36.72% del promedio mensual de piezas enviadas (2281 piezas de acuerdo con la data de los últimos cuatro años) el error es alto, debido al tipo de logística que utilizan en la demanda (*pull*, demanda variable en los meses) y la cantidad de data utilizada.

Figura 32. Modelo promedio móvil simple para DWG006697



Fuente: Elaboración propia.

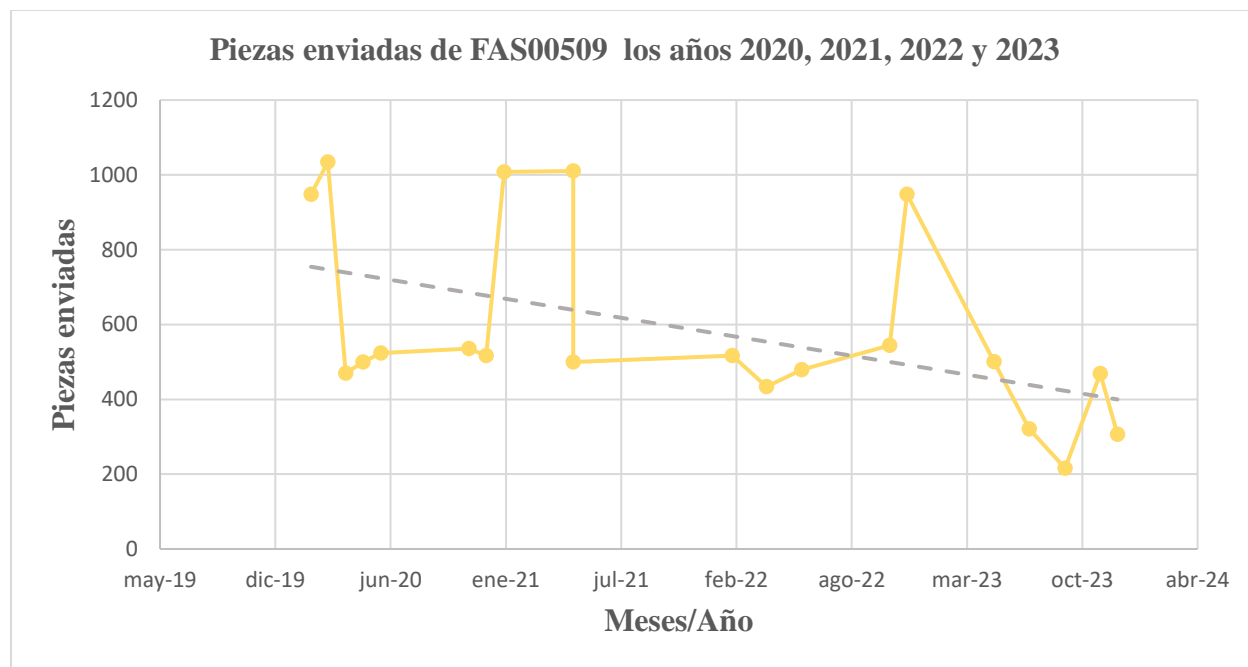
De acuerdo con la Figura 33, se refleja que el pronóstico sigue un patrón similar a las ventas reales, adaptándose un poco a los picos que tiene a lo largo de los meses. Sin embargo, como se pudo apreciar en las predicciones realizadas, si se comparan los patrones graficados y los MAE calculados del suavizado exponencial y del promedio móvil simple (Tabla 49 y 50 respectivamente) el más indicado para tomar como referencia e implementar recomendaciones para el número de parte es la primera opción (pronóstico con el suavizado exponencial), ya que presenta un error absoluto medio menor de 812,08 y un total de 1819 piezas proyectadas.

7.3.2. Pronóstico para el número de parte FAS005093

Igualmente, para el número de parte FAS00509 se analizará el patrón que tienen las ventas en los últimos cuatro años, para poder identificar el modelo de pronóstico que mejor se adapte y con esto proponer recomendaciones de acuerdo con el comportamiento que tenga según los pronósticos. Por otro lado, es importante mencionar que ese número de parte también sigue un sistema *pull* en su demanda, ya que como se puede ver en la tabla 37 su demanda no es consistente a lo largo de los años (es decir, hay meses en que el cliente no realiza pedido), por lo que es un punto que hay que tomar en cuenta de acuerdo con el comportamiento de las ventas a lo largo del tiempo.

Figura 33

Comportamiento de las ventas según el historial del FAS00509



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta gráfica corresponde al historial de las ventas totales mensuales de los últimos cuatro años.

En la Figura 34, se presenta el comportamiento que tienen las ventas de los últimos cuatro años de MediTech. Como se puede apreciar, no se observa una tendencia muy consistente ni clara a lo largo del tiempo, ya que los datos presentan una serie de fluctuaciones con picos que no siguen una dirección concreta. Sin embargo, la línea de tendencia refleja un patrón decreciente en los datos. Por otro lado, no hay una presencia de un patrón evidente en la estacionalidad, ya que los picos en las ventas son muy variables.

Tabla 51

Análisis de regresión para el número de parte FAS00509

Estadísticas de la regresión FAS00509	
Coeficiente de correlación múltiple	0.50559313

Coefficiente de determinación R ²	0.255624413
R ² ajustado	0.214270214
Error típico	223.4460945
Observaciones	20

Fuente: Elaboración propia. Dicho análisis se realizó en el *software* Excel.

De acuerdo con los datos suministrados por el análisis de regresión de la Tabla 51, se obtuvo un coeficiente de correlación del 0.505, es decir, es una correlación moderada. Cabe señalar que no hay una relación muy fuerte entre las variables (independiente y dependiente). Por otro lado, el coeficiente de determinación (0.2556) quiere decir que solo el 26% de la variabilidad en los datos puede ser explicada por un modelo lineal, lo cual indica que los modelos de pronósticos lineales no son una opción para explicar tanto el comportamiento como la variabilidad en las ventas a lo largo de los años de este número de parte. Por ello, se utilizarán el modelo suavizado exponencial y el promedio móvil simple, para analizar cuál es más certero al momento de realizar las predicciones según el error absoluto medio.

Tabla 52

Cálculo del pronóstico con el suavizado exponencial para FAS00509

Mes	Fecha	Ventas	Pronóstico	Error del modelo	Error abs
1	feb-20	948	948		
2	mar-20	1034	948	86	86
3	abr-20	470	981	-511	511
4	may-20	500	783	-283	283
5	jun-20	524	674	-150	150
6	nov-20	536	616	-80	80
7	dic-20	517	585	-68	68
8	ene-21	1008	559	449	449
9	may-21	1010	733	277	277
10	may-21	500	840	-340	340
11	feb-22	517	708	-191	191

12	abr-22	434	634	-200	200
13	jun-22	479	557	-78	78
14	nov-22	544	527	17	17
15	dic-22	948	533	415	415
16	may-23	501	694	-193	193
17	jul-23	321	619	-298	298
18	sep-23	216	504	-288	288
19	nov-23	469	392	77	77
20	dic-23	306	422	-116	116
21	ene-24		377		

Suavizado exponencial simple	
Error absoluto medio	216.71

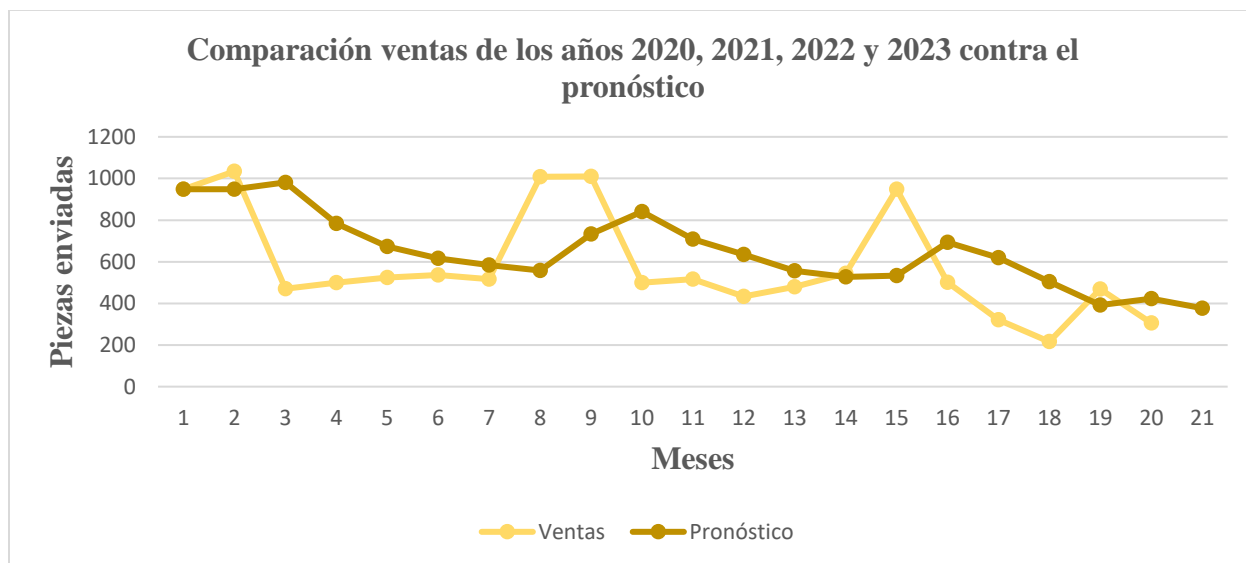
Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo de las proyecciones del modelo anterior, para el mes 21 habrá un total de 377 piezas, lo cual resulta estar dentro del rango de las ventas reales de los últimos años. Por otro lado, según el error que presenta el suavizado exponencial con estos datos es de 216.71, un MAE (error absoluto medio) relativamente bajo de acuerdo con el comportamiento de las ventas.

Por otro lado, si se toma en cuenta que el promedio de ventas de este número de parte es de 612 piezas, se puede estimar la desviación relativa que es de 54.75%. Por lo tanto, esto indica que las ventas fueron aproximadamente un 54.75% superiores al promedio mensual de ventas (612.6).

Figura 34

Modelo suavizado exponencial para FAS00509



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 35, se muestra que las predicciones tienen un comportamiento muy ajustado a la demanda, cumpliendo con el cometido del modelo actual, que es suavizar los picos de demanda. Sin embargo, se puede apreciar que el pronóstico realizado se encuentra entre un rango de las 400 a 1000 piezas mensuales según las ventas reales de FAS00509, por lo cual la proyección resulta bastante ajustada a los históricos.

Tabla 53

Cálculo del pronóstico con el promedio móvil simple para FAS00509

Mes	Fecha	Ventas	Pronóstico	Error del modelo	Error abs
1	feb-20	948			
2	mar-20	1034			
3	abr-20	470			
4	may-20	500	817	-317	317
5	jun-20	524	668	-144	144
6	nov-20	536	498	38	38

7	dic-20	517	520	-3	3
8	ene-21	1008	526	482	482
9	may-21	1010	687	323	323
10	may-21	500	845	-345	345
11	feb-22	517	839	-322	322
12	abr-22	434	676	-242	242
13	jun-22	479	484	-5	5
14	nov-22	544	477	67	67
15	dic-22	948	486	462	462
16	may-23	501	657	-156	156
17	jul-23	321	664	-343	343
18	sep-23	216	590	-374	374
19	nov-23	469	346	123	123
20	dic-23	306	335	-29	29
40	ene-24		330		

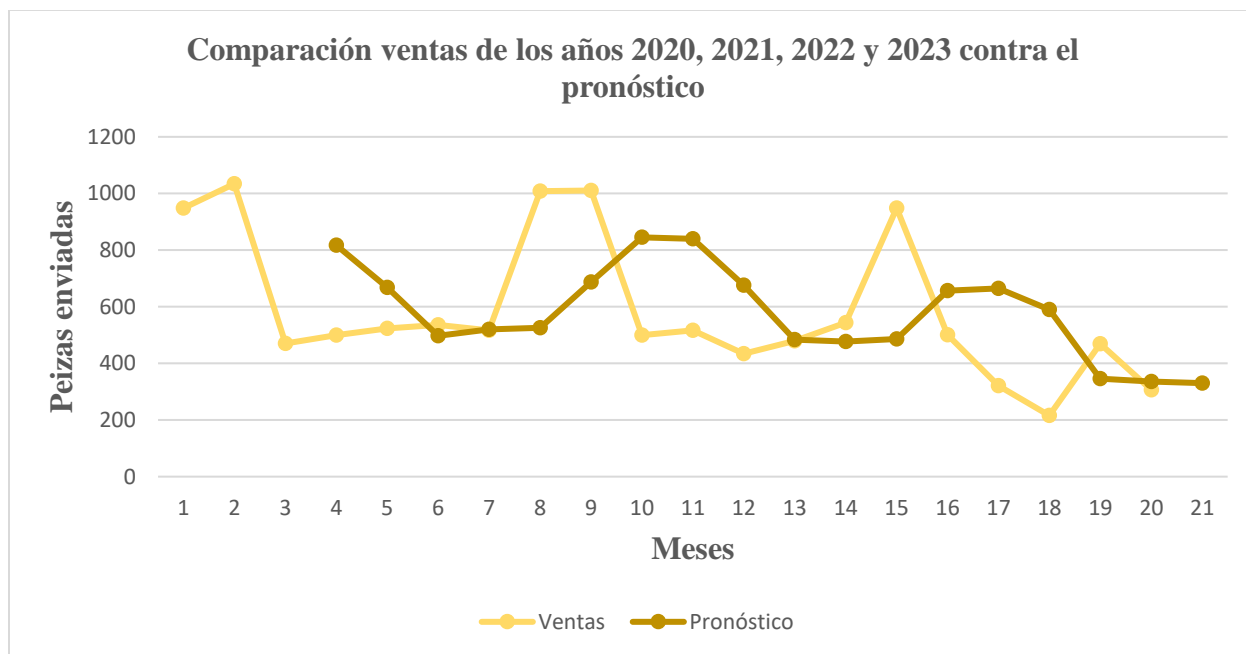
Promedio móvil simple	
Error absoluto medio	222.16

Fuente: Elaboración propia.

Según los cálculos mostrados en la Tabla 53 por el modelo promedio móvil simple, se demuestra que para el mes 41 se proyecta una cantidad total de 330 piezas, lo cual según el promedio general de las ventas de los últimos 4 años se considera relativamente bajo. Ahora, con respecto al MAE obtenido, en este caso es de 222.16, es decir, el 9.90% del promedio mensual de piezas enviadas (2244 piezas de acuerdo con la data de los últimos cuatro años), considerándose un error bajo de acuerdo con las ventas reales.

Figura 35

Modelo promedio móvil simple para FAS00509



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la Figura 36, se refleja que el pronóstico sigue un patrón similar a las ventas reales, adaptándose un poco a los picos que tiene a lo largo de los meses. Sin embargo, como se pudo apreciar en las predicciones realizadas, si comparamos los patrones graficados y los MAE calculados del suavizado exponencial y del promedio móvil simple el más indicado para tomar como referencia e implementar recomendaciones para el número de parte de FAS005093 es la primera opción, es decir, el modelo del suavizado exponencial, ya que es más preciso según lo que muestran los resultados del error absoluto medio calculado.

7.3.3 Comparación de ventas reales y proyectadas

Con el pronóstico realizado en el mes de enero de 2024 se desea comparar ese dato con el dato real de ese mes, tanto para el número de parte DWG006686 como FAS005093, para conocer un cambio significativo en el comportamiento de las ventas en meses posteriores.

Tabla 54

Ventas reales y proyectadas de enero de 2024 para los números de parte DWG006697 y FAS005093

Comparación de las ventas reales y las pronosticadas de enero de 2024		
Número de parte	Ventas reales	Ventas proyectadas
DWG006697	785	1819
FAS005093	212	377

Nota. Elaboración propia con base en las ventas reales registradas en MediTech.

Como se puede apreciar en la Tabla 54, en enero de 2024, las ventas reales del número de parte DWG006697 fueron de 785 unidades, significativamente menores que las 1819 unidades pronosticadas, lo cual establece una diferencia de 1034 unidades menos de lo esperado. Esto podría deberse principalmente a que la demanda de las piezas de este número de parte es *pull*, es decir, se produce lo que el cliente solicite en un tiempo variable.

Por último, para el número de parte FAS005093, las ventas reales en enero de 2024 fueron de 212 unidades, mientras que se calculó un total de 377 unidades proyectadas, con una diferencia de 165 unidades menos de lo previsto. Aunque la diferencia es menor en términos absolutos en comparación con el DWG006697, representa una proporción significativa respecto a las ventas proyectadas. Esta variación se debe a que no todos los meses se producen las mismas cantidades de piezas, por el formato en que se trabaja en la empresa (demanda *pull*).

Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

- Mediante el proyecto se identificaron los indicadores clave que utiliza la empresa MediTech para mantener una alta productividad y descartar aquellos que no son tan relevantes, con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora que beneficien la productividad de la compañía. Por lo tanto, se empleó una matriz de priorización en la que se aplicaron los criterios más relevantes, permitiendo evaluar cada uno de los indicadores. Como resultado, se determinó que los KPI de reprocesos y productividad son los más importantes para la empresa en términos de mantener una buena productividad. Gracias a estos hallazgos, fue posible enfocar el proyecto en estos dos indicadores críticos, logrando así que el impacto del proyecto sea más significativo y relevante para la organización.
- Por medio del análisis realizado de los KPI se logró determinar que los indicadores de eficiencia, consumibles y producción neta (*yield*) no son tan relevantes para la empresa, debido a que se determina que estos no son críticos para el proceso y no afectan el desempeño de los colaboradores. Descartar estos indicadores fue posible por medio de la matriz de priorización realizada, donde se calificó cada uno de los indicadores utilizados en la organización, logrando descartar aquellos que no son tan importantes en la toma de decisiones.
- Se restauraron los indicadores seleccionados previamente, ya que se identificaron deficiencias en su estructura que dificultaban la interpretación de los datos. Por ello, se realizaron mejoras visuales en los indicadores, facilitando a los colaboradores una mejor comprensión de la información y permitiéndoles tomar decisiones más acertadas.
- Por otra parte, una de las mejoras más relevantes implementadas tanto en el indicador de productividad como en el de reprocesos fue la incorporación de un sistema de semáforo. Este

sistema muestra el estado del área mediante colores, proporcionando una guía de acciones a seguir según el color indicado. En términos generales, se aplicaron las mejoras necesarias para mantener una productividad superior al 80%, que es la meta establecida por la empresa. Estas mejoras no solo optimizaron la interpretación de los datos, sino que también aumentaron la eficacia en la toma de decisiones, contribuyendo al rendimiento de la organización.

- Como parte de las mejoras en el proceso productivo, se determinó que los tiempos estándar asociados al número de parte FAS005093 se encuentran muy elevados, según se observa en la tabla 22, lo que incrementa el costo del producto más de lo requerido. Por ello, se realizó un análisis de los históricos de cada una de las operaciones asociadas a este número de parte, de manera que se logró proponer nuevos tiempos que se ajusten mejor en cada una de las operaciones, con el fin de reducir los costos del producto.
- Se unificaron dos operaciones de los números de parte DWG006686 y DWG006697 en una sola secuencia. Esta unificación no solo optimiza el proceso, sino que también reduce la documentación necesaria para cada operación. Según el análisis realizado durante el desarrollo del proyecto, la unificación de estas dos operaciones es factible y contribuye a una mayor productividad en el proceso productivo.
- Por último, las mejoras presentadas en el proyecto han demostrado un impacto económico positivo. Según los cálculos realizados en capítulos anteriores, se hubiera ahorrado \$10,405 en el periodo comprendido entre 2019 y 2023. Estos datos confirman la viabilidad de las mejoras propuestas, ya que proporcionan un ahorro considerable a la empresa y benefician la productividad general de la compañía.

8.2. Recomendaciones

- De acuerdo con el análisis realizado a lo largo de la investigación, se identificaron diferentes oportunidades de mejora en los KPI y los procesos que registran estos indicadores. No solo presentaron apartados por mejorar en el diseño de los *dashboards* de los KPI seleccionados (productividad y reprocesos) sino también oportunidades de mejora en las actividades de cada proceso de número de parte. Por ello, gracias al estudio realizado, se propuso una serie de cambios para ambos apartados, los cuales ayudaban a mejorar estos aspectos, es decir, rediseñar por completo el panel de control de productividad y reprocesos. Se implementaron mejoras que mostraban la información relevante y la que hacía falta en cada indicador para la toma de decisiones, junto con las acciones tanto preventivas como correctivas que están ligadas al porcentaje del semáforo implementado en cada *dashboard*.
- Por otro lado, se propuso la unificación de aquellas actividades que no agregan valor a la pieza final del proceso, logrando mejorar los tiempos ciclos. Por eso, se recomienda que cada uno de los cambios propuestos sean considerados en la empresa para ser implementados. De acuerdo con el análisis realizado se estableció que aumentan la productividad, y, además, proporcionan un ahorro considerable para la empresa de hasta \$10.405.
- Según las predicciones realizadas por el modelo de pronóstico seleccionado (punto 7.3.1 del capítulo económico) una buena recomendación para la empresa es adoptar estrategias que contemple la alta variabilidad y la demanda impredecible de este número de parte. La recomendación que puede ayudar a reducir las bajas en las demandas como se puede ver en la Figura 31, donde hay meses que se presentan bajos en la demanda (de enero a junio, por ejemplo), por lo que se propone realizar descuentos o ya sea promociones en dichos periodos para poder equilibrar la demanda de la compañía y reducir la variabilidad que se presenta en

las ventas. Esto también puede ir de la mano con una comunicación activa con los clientes para poder establecer un acuerdo en los pedidos de forma anticipada, planificando de manera considerable la producción y el inventario y evitando tener ventas tan variables.

- Continuando con los resultados de los pronósticos realizados (punto 7.3.2 del capítulo económico), se establece que según las proyecciones realizadas, una buena recomendación sería en el área de inventarios, ya que según el comportamiento de las ventas reales en la Figura 34, se presentan periodos que hay bajas en las ventas de las piezas, y por otro lado hay picos que alcanzan hasta las 1000 piezas, es decir, trabajando con una demanda *pull*. Se produce la cantidad específica que necesita el cliente. Por eso, una propuesta para esto es que la empresa pueda ajustar la materia prima necesaria para satisfacer este proceso de número de parte. Como ya se sabe que cada seis meses hay un pedido, se puede ajustar la compra de materia prima con el proveedor para solo solicitar en esos periodos una cantidad similar a los que solicita el cliente, y así evitar mantenerla almacenada por mucho tiempo, y por ende, ocupando espacio fundamental en la bodega. Por otro lado, para lograr una mejor planificación de la producción, se puede realizar un ajuste de la producción para poder cumplir con esa demanda de forma más precisa y con esto evitar la sobreproducción.
- Para finalizar se recomienda a la empresa realizar un estudio posterior a implementar las mejoras del proyecto, debido a que el presente análisis se realizó con los datos de la demanda de los años que van de 2019 a 2023. Por lo tanto, se recomienda darle seguimiento al proyecto en los años posteriores, para corroborar que el comportamiento de las ventas y demás sean similares a los anteriores y que los cambios ejecutados tengan el mismo impacto positivo con el cual se proyectó.

9. Referencias

- Amado-Salvatierra, H. R., Hilera González, J. R. y Otón Tortosa, S. (2018). Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo (Español). *Educación XX1*, 21(2), 349–371. <https://doi.utn.elogim.com/10.5944/educXX1.15591>
- Arias Montoya, L., Portilla de Arias, L. M. y Fernández Henao, S. A. (2010). La distribución de costos indirectos de fabricación, factor clave al costear productos. *Scientia Et Technica*, XVI (45), 79-84.
- Arrieta-Orozco, O., Castro-Arce, K. y Schmidt-Díaz, V. (Eds). (2021). II Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería 2020. En Volumen Especial *Revista de Ingeniería*. Universidad de Costa Rica, pp. 1-237. Doi: 10.15517/ri.v31i0.48008
- Barrantes, R. (2013). Investigación: Un camino al conocimiento: Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto (2.^a ed., Vol. 10) [PDF]. Universidad Estatal a Distancia. <https://editorial.uned.ac.cr/book/U08167>
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., García-Salas, A. y Jiménez-Morales, M. F. (2021). Evaluación de pérdida de alimentos en una micro, pequeña y mediana empresa agroindustrial. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(3), Pág. 143–155. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5122>
- Carrillo, T., Reyes-Martínez, R. M., Arredondo-Soto, K. C. y Solis-Quinteros, M. M. (2021). Análisis del error humano y la calidad del producto en la industria de manufactura de dispositivos médicos. Estudio de caso. *3C Tecnología*, 10(1), 73-91. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n1e37.73-91>

- Carro Paz, R. y González Gómez, D. (s. f.). Administración de las operaciones. https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Cedeño, N. (2012). La investigación mixta, estrategia andragógica fundamental para fortalecer las capacidades intelectuales. *Revista Non Verba*, volumen II. (23) 2012, 17-36.
- Damelio, R. (2000). Fundamentos de mapeo de procesos (1.^a ed.) [PDF]. Panorama Pub. Co.
- De Dios, F. J. G. y Álvarez, J. A. M. (2006). Búsqueda eficiente de las mejores pruebas científicas disponibles en la literatura: fuentes de información primarias y secundarias. *Evidencias en pediatría*, 2(1), 12. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3171484.pdf>
- de Jesús Soto Armenta, F. y Montiel Rodríguez, L. C. (2017). Determinación de tiempo estándar en una empresa procesadora de carne de cerdo. Congreso Internacional de Investigación *Academia Journals*, 9(5), 812–816.
- Dueñas, R. (1970). La mejora continua en cadenas de montaje. *Revista Empresa y Humanismo*, 173-192. <https://doi.org/10.15581/015.12.33275>
- Francisco, J. (s. f.). Investigación de operaciones. *Boletín de Matemáticas*, 7(1), 2357-6529. <https://dialnet.utn.elogim.com/servlet/articulo?codigo=6962688>
- Fernández García, R. (2013). La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa. ECU. <https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/62307>

Farré y Ghezzi (2021). Conviene trasladar a costos la reducción de costos variables para aprovechar capacidad ociosa. <https://dialnet.utn.elogim.com/servlet/articulo?codigo=8054125>

Pat Fernández, L. A. (2013). Introducción a los modelos de regresión: (ed.). Plaza y Valdés (México). <https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/39173>

Peck, R., Dr. (2021). Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos. Universidad Politécnica de Valencia. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/>

Ramírez Padilla, D. N. (2008), Contabilidad administrativa. McGraw Hill, México.

http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/elena/Contabilidad_administrativa/Punto_de_equilibrio_web.pdf

González Campos, E., Rosas Pacheco, L. A. y Vega González, A. (2021). Matriz de priorización como herramienta estratégica para el cumplimiento normativo de infraestructura y equipamiento en hospitales. Memorias Del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, 8(1), 316–319. <https://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/911>

Hazelton, M. L. (2003). A Graphical Tool for Assessing Normality. *The American Statistician*, 57(4), 285–288. <http://www.jstor.org/stable/30037297>

Hecker, R. L., Flores, G. M. y Vicente, D. (2012). Sistema para el monitoreo de fuerza y temperatura en torneado. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 16(1), 51-60. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:iberoingmecanica-2012-vol16-n1-04/Documento.pdf>

Househ, A. A. (2018). 6 Agility Leads to Growth at Siemens Healthineers. *Chief Learning Officer*, 17(5), 30–31.

Ibañez García, Aidee Paola. (2013). *Implementación de indicadores clave de desempeño (key performance indicators), hacia la optimización de procesos en el centro integral de servicios (CIS) de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/99397>

José Alan Rau A, Keiko Nakama H. y Víctor Cisneros A. (2019) Guía de investigación en ciencias e ingeniería. https://campusvirtual.utn.ac.cr/pluginfile.php/5989216/mod_resource/content/1/guia-de-investigacion-en-ingenieria-industrial.pdf

Gisbert, V., Pérez, A., Pérez, E., Calabuig, M., Pons, B., Campoy, F., Almería, J., Ignoto, M., Kou-Vah, A., Castellano, L. y Rojas, S. (2018, diciembre). *Cuadernos de investigación aplicada*. 3 Ciencias. <https://www.3ciencias.com/libros/libro/cuadernos-investigacion-aplicada/>

Gonzalo Trigo-Soto, L. (2021). La relevancia del marco teórico (Mt) en la iniciación científica. Una aproximación desde la ciencia política y el estudio del desarrollo histórico institucional. *Revista Panorama*, 15(29), 1–13. <https://doi.utn.elogim.com/10.15765/pnrm.v15i29.2536>

Gracia, O. C., Orantes, F. J. E. y Pérez, F. L. (2016). Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de manufactura: Caso de Estudio. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(57), 199–211. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7145694.pdf>

Kang, N., Zhao, C., Li, J. y Horst, J. A. (2016). A hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6333-6350. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1136082>

Latorre, V., Roberts, M. y Riley, M. (2010). Development of a Systems Dynamics Framework for KPIs to assist project managers' decision making processes. *Revista de la Construcción*, 9(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-915x2010000100005>

López, F., Monsalve, L.L.H. y Coronado, M. (2021). Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8 (2), 77–91. <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1907>

Lizcano Álvarez, J. (2004). Rentabilidad empresarial. https://www.camara.es/sites/default/files/publicaciones/rentab_emp.pdf

Luján García, D. (2008). Procedimiento general para el diseño y/o rediseño organizacional basado en la gestión por procesos. Folletos Gerenciales, 12 (3), 25-39: (ed.). Dirección de Capacitación de Cuadros y Estudios de Dirección (DCCED). <https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/25417>

Madueño, J. (2021). *Nuevas técnicas para la mejora de los procesos de elaboración de la aceituna de mesa de estilo sevillano* [Tesis Doctoral]. Universidad de Córdoba. <http://hdl.handle.net/10396/21236>

Marqués, M. (2009). Bases de datos. D - Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.

<https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/51645>

Mejía, C., Damián, E. y Naranjo, A. (2018, 31 de diciembre). Introducción a la metodología de la investigación científica. *DSpace Repository*.

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15424>

Mejía Tovar, M. (2023). Modelo para el Forecast de una plataforma de Fast Delivery en Colombia.

Universidad de los Andes (Repositorio). <https://hdl.handle.net/1992/73773>

Meza, F. G. (2016, 15 julio). Introducción a la Ingeniería Industrial. *Continental*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12394/2192>

Molina Ortés, E. F. (2017). Metodología para el estudio de la comarca de Mérida. Selección de la muestra de población y obtención de datos sociolingüísticos. *Tonos Digital: Revista de Estudios Filológicos*, 33, 1–31.

Muñoz, M. J. R. y Varas, L. J. R. (2017). Técnicas de caracterización superficial. Situación y necesidades de la industria de dispositivos médicos en Costa Rica. *Revista Ingeniería de la Universidad de Costa Rica*, 28(1), 80. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i1.31190>

<https://doi.org/10.15517/ri.v28i1.31190>

Moreno Castro, T. F. (2023). Plan de ventas: productos, pronósticos y presupuestos: (1 ed.). RIL editores.

<https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/268333>

Otero, A. (2018, agosto). Enfoques de investigación. *Research Gate*.

https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION

Sanchis Gisbert, R. (2020). Diagramación de procesos. <http://hdl.handle.net/10251/144115>

Porras, L. (2018). Los reprocesos del área de Recursos Humanos y sus incidencias en la productividad de la Ingeniería Perimetral S.A.S. Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología.

Santos, G. A. B. D. y Campos, G. (2021). El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado. *La Técnica*, 26, 13. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3485

Significados. (2014, 5 diciembre). Significado de optimizar. <https://www.significados.com/optimizar/>

Tolamatl, J., Cano, P., Farías, S. y Nava, J. (2012, diciembre). Análisis de facilitadores para sostener la mejora continua en una empresa de autopartes. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=418>

Torres Magaña, M. P., Fernández Mena, A. L., Oropeza Tosca, D. R., Pérez Reyes, A. y Priego Landero, C. (2021). Flujogramas de procesos en las áreas de administración, ventas y fabricación de la empresa Ingeniería y Construcción S.A de C.V. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, 13(10), 2568–2574

Torres, V., Barbosa, I., Meyer, R., Noda, A. y Sarduy, L. (2012). Criterios de bondad de ajuste en la selección de modelos no lineales en la descripción de comportamientos biológicos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4), 345-350.

Vargas, F., López, E., López, D., Areiza, J. y Monsalve, M. (2005). Conversión de diagramas de procesos en diagramas de casos de uso usando atom3. *DYNA*, 90(227), ISSN 2346-2183.

<https://doi.org/10.15446/dyna>

Villareal, F. (2016). Introducción a los modelos de pronósticos. Universidad Nacional del Sur.

https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf

Walter Stachú, S. (2009). Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa. El Cid Editor |

apuntes. <https://elibro.utn.elogim.com/es/lc/biblioutn/titulos/31400>

Wang, C. y Zhou, S. (2021). Control of key performance indicators of manufacturing production systems through pair-copula modeling and stochastic optimization. *Journal of Manufacturing Systems*.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.11.003>

11. Apéndices

Apéndice A. Constancia de proyecto universitario

Constancia de proyecto Universitario

Por medio del presente documento, se hace constar que los estudiantes Pablo Víquez Ledezma, Cédula: 207940762, y Jeferson Rodriguez Portuguez, Cédula: 604430048, quienes se encuentran cursando la licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial en la Universidad Técnica Nacional (UTN), realizaron su proyecto final de graduación en esta empresa, específicamente en el área de cuartos limpios, desde marzo de 2023 hasta julio de 2024.

Durante el desarrollo del proyecto, se enfocaron en analizar los indicadores utilizados por la empresa para identificar áreas con oportunidades de mejora. Gracias a este análisis, lograron optimizar y reducir el tiempo de varias líneas de producción, disminuyendo así el costo final del producto.

Se emite el presente documento para los fines que el interesado estime conveniente.

Heredia, 31 Julio del 2024



Dayana Chacón Godínez

(Supervisora)

Fuente: Documento elaborado por la empresa que lleva a cabo el presente proyecto, el cual certifica la ejecución de las propuestas en esta.

Apéndice B. Formato cambio de tiempo estándar (Ron Rei) (1)

Product Costing Section 2.1 **Standard part Review checklist**

Part Number: Ver Justificación Plant: Heredia

Cost Rollup: Scrap Details:
 Run rate Report: Scrap Percent by Part:
 Methods Change: Costing Lot Size Chart:

	Responsibility	Date Issue	Date Completed	Initials
Production Manager		14/Jun/2024		
Notes:				
Engineering Manager		14/Jun/2024	14 Jun 2024	AG 4032
Notes:				
Finance Manager		14/Jun/2024		
Notes:				
Scheduling Manager		14/Jun/2024	14/Jun/2024	AA 1701
Notes:				
Material Yields Final review				
Notes:				
Pack & Ship time & Rate				
Notes:				
Inspection Time & Rates				
Notes:				
Costing Rates				
Notes:				
Cost Roll				
Notes:				

Justification:

Part Number	Operación	RR Actual	RR Propuesto
	30	300	600
	40	40	150
	45	150	250
	50	35	135

Part Number	Operación	RR Actual	RR Propuesto
	20	750	0.50
	50	85	50
	70	300	0.25
	80	125	75
	150	50	40
	170	280	380
	180	100	55
	190	2000	0.20
	210	400	0.25

Nota: Formato realizado para el cambio del tiempo estándar de los tiempos estándar de los procesos bajo estudio (número de parte seleccionados).

Apéndice C. Formato cambio de tiempo estándar (Ron Rei) (2)

Debido al KPI de las variaciones del cuarto de ambiente controlado se determinó que existen RR los cuales no están adecuados a la realidad del proceso, por ello se realizó un análisis de los diferentes números de parte que se realizan en el cuarto y se detectó que para el caso del los RR se encuentran holgados por lo tanto se tiene la posibilidad de generar un Saving aumentando el RR a algunas de las operaciones para este número de parte. Caso contrario el en algunas de las operaciones no se está alcanzando la cantidad de piezas requeridas por hora, de manera que genera variaciones desfavorables.

Con lo anterior se realizó un análisis con los datos históricos desde el 2022 hasta la fecha para determinar en promedio la cantidad de piezas por hora que realizan los diferentes operadores, además se realizó una depuración de la data para eliminar datos atípicos que pueden afectar el promedio. De igual forma se realizó la toma de tiempos para determinar el RR calculado y con base en los 3 escenarios tomar una decisión del RR propuesto, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los datos mencionados para ambos números de parte.

Opr	Description	RR actual	RR depurado	RR crudo	RR calculado	RR propuesto
30	CER Ensamble-HER	300	496	616	633	600
40	CER - Soldadura Láser HER	40	115	108	171	150
45	CER Ensamble-HER	150	293	311	279	250
50	CER - Soldadura Láser HER	35	113	171	145	135

El cambio propuesto de los RR para este número de parte presenta un Saving en el precio final de la pieza de aproximadamente \$ 1.48 por EA en la siguiente tabla se muestra la estimación de los costos.

	Labor	Burden	Material	SubContract	Total Part Cost
Rollep Up Cost (Actual)	0.99104	1.61005	13.99748	0.00000	16.59858
Rollep Up Cost (Propuesto)	0.42689	0.69353	13.99748	0.00000	15.11791
				Ahorro EA	\$ 1.48

Opr	Description	RR actual	RR depurado	RR crudo	RR calculado	RR propuesto
20	CER Clean-HER	750	206	167	0.89	0.5
50	CER Ensamble-HER	85	49	47	46	50
70	CER Pull Test (HER)	300	237	239	0.18	0.25
80	CER Inspecc-HER	125	66	67	73	75
150	CER Adhesivo UV Corte/Domo HER	50	29	32	38	40
170	CER Pull Test (HER)	280	212	211	392	380
180	CER Inspecc-HER	100	59	105	51	55
190	CER Instrucciones HER	2000	1940	1707	0.22	0.20
210	CER Empaque para Silicon HER	400	219	494	0.28	0.25

Nota: Formato realizado para el cambio del tiempo estándar de los tiempos estándar de los procesos bajo estudio (número de parte seleccionados).

12. Anexos

Anexo A. Definición de criterios del KPI de reprocesos

Definición de los criterios del KPI de reprocesos		
No	Valor cualitativo	Definición
1	Participación del colaborador	Es necesaria la participación del usuario en este indicador, ya que todos los días se requiere ingresar los datos para que el indicador sea funcional.
2	Relevante	Este indicador es relevante debido a que con él se controla la cantidad de reprocesos diarios, por lo que la toma de decisiones con respecto a este KPI puede impactar económicamente a la empresa.
3	Beneficios	Me indica la cantidad de piezas que se reprocesaron de forma diaria y con ello determinar si se deben de tomar acciones correctivas, o, por el contrario, si se mantiene dentro del porcentaje aceptable.
4	Facilidad de interpretación	En diferentes casos, se presenta dificultad por parte de los colaboradores para interpretar los resultados arrojados por el KPI.
5	Impacto económico	El indicador genera un impacto económico importante, porque si la cantidad de reprocesos es muy alta se tienen que invertir más recursos en una pieza.
6	Facilidad de recopilación de datos	Para recolectar los datos del indicador, es necesario que tanto los operarios de producción como los líderes lleven un control de estos. Por lo tanto, se debe de invertir tiempo y esfuerzo.
7	Facultad para motivar	En este caso, el KPI muestra los operarios que tuvieron reprocesos. Esto indica que puede generar una desmotivación o disconformidad con los resultados.
8	Confiable	La información ingresada en la base de datos depende de la persona a cargo. Por lo tanto, si no se ingresan de forma correcta o el día correspondiente la información no será veraz.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B. Definición de criterios del KPI de productividad

Definición de los criterios del KPI de productividad		
No	Valor cualitativo	Definición
1	Participación del colaborador	No es tan necesaria la participación del colaborador, porque los datos se obtienen del sistema, es decir, es generado automáticamente por la herramienta (sistema) que tiene todos los datos de la empresa.
2	Relevante	Es bastante fundamental para determinar qué tan productivo son las personas en el cuarto y si cumplen con las metas establecidas.
3	Beneficios	Proporciona el porcentaje de cumplimiento de la productividad, además permite dar a conocer si lo pagado a los colaboradores se encuentra similar a lo que las personas trabajaron realmente.
4	Facilidad de interpretación	Es sencillo de entender, porque es solo un resultado que muestra que tan productivo se ha sido con respecto a las semanas laboradas.
5	Impacto económico	Sí tiene un impacto considerable, porque si se presenta una productividad baja se están pagando más horas de las que se trabajan, lo cual resulta una pérdida para la empresa.
6	Facilidad de recopilación de datos	Los datos son recopilados del sistema de la empresa, es decir, se descargan los datos de la nube que tiene la organización, por lo tanto, no es una acción complicada.
7	Facultad para motivar	Tiene un impacto considerable, ya que las personas con una productividad alta se recompensan en las reuniones mensuales del CER.
8	Confiable	Puede haber variación en los datos, ya que depende si la persona abra y cierra la operación adecuadamente en el sistema; de lo contrario, la información es incorrecta.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Definición de criterios del KPI de consumibles

Definición de los criterios del KPI de consumibles		
No	Valor cualitativo	Definición
1	Participación del colaborador	Los colaboradores no tienen mucha presencia en este indicador, ya que los datos son tomados de la base de datos de la empresa, para realizar la respectiva toma de decisiones.
2	Relevante	Es bastante fundamental, ya que es el principal KPI enfocado en controlar y dar el respectivo seguimiento a lo que consume la empresa, tanto en materia prima como su costo económico.
3	Beneficios	Refleja el gasto total que tuvo el CER en un determinado tiempo, lo cual le da un seguimiento para controlar que los consumibles se mantengan dentro del rango establecido por la empresa.
4	Facilidad de interpretación	Presenta una fácil interpretación para cualquier colaborador, ya que es una gráfica que muestra dos variables; en el eje x está presente el gasto en dólares y en el eje y refleja el límite de gasto.
5	Impacto económico	Indispensable en la empresa, porque es el indicador principal que presenta la cantidad consumida de materia prima, y, por ende, reflejada en dinero por parte del CER, es decir, tiene un gran impacto.
6	Facilidad de recopilación de datos	En este apartado es bastante bueno, ya que no presenta un problema para recopilar la información, debido a que cada usuario que requiere algo de materia prima debe hacer su solicitud en la base de datos donde se recopilará toda la información.
7	Facultad para motivar	No genera motivación ni desmotivaciones, porque lo que muestra no impacta a las personas.
8	Confiable	Bastante positivo en este aspecto, ya que todas las solicitudes de materia prima se van sumando en la respectiva base de datos de la empresa, disminuyendo considerablemente un error en la información.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo D. Definición de criterios del KPI de producción neta (*yield*)

Definición de los criterios del KPI de producción neta (<i>yield</i>)		
No	Valor cualitativo	Definición
1	Participación del colaborador	Al igual que los reprocesos los encargados deben de cargar la información en la respectiva base de datos, por lo que la participación de los colaboradores es indispensable.
2	Relevante	No es tan fundamental, ya que en el CER se controla muy poco. Sin embargo, sí se presentan una cantidad considerable de <u>scrap</u> constantemente, hay que realizar su respectivo chequeo.
3	Beneficios	Indica la cantidad de piezas producidas buenas obtenidas al final de la línea de producción, es decir, las piezas finales después de quitar los <i>scraps</i> .
4	Facilidad de interpretación	Interpretación sencilla, ya que los datos que muestran son la cantidad total de piezas (con <i>scrap</i>) versus las buenas o netas (sin <i>scrap</i>).
5	Impacto económico	Sí tiene un impacto económico importante, porque determina la cantidad de piezas malas que se desecharon, es decir, aquellas unidades consideradas como <i>scrap</i> .
6	Facilidad de recopilación de datos	Para recolectar los datos del indicador es necesario que tanto los operarios de producción como los líderes lleven un control de estos, por lo que se debe invertir bastante tiempo y esfuerzo.
7	Facultad para motivar	No genera motivación ni desmotivación, porque lo que muestra no impacta a los colaboradores, solo al rendimiento que está teniendo CER en un tiempo en específico.
8	Confiable	La información ingresada en la base de datos depende del colaborador a cargo, por lo tanto, si no se ingresan de forma correcta o el día correspondiente, la información no será veraz.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E. Definición de criterios del KPI de eficiencia

Definición de los criterios del KPI de eficiencia		
No	Valor cualitativo	Definición
1	Participación del colaborador	No se necesita la participación del colaborador, porque este indicador lo arroja el sistema Epicor (herramienta que utiliza la empresa como base de todos sus datos) de forma automática.
2	Relevante	No tiene mucha importancia en el CER, porque es un KPI que no se revisa con frecuencia, ya que por lo general pasa desapercibido, o se le da más importancia a otros indicadores.
3	Beneficios	Únicamente muestra la eficiencia que obtuvo la persona en cada una de las operaciones o actividades realizadas.
4	Facilidad de interpretación	Es sencillo de interpretar, porque lo que se muestra es un porcentaje de eficiencia por persona por cada una de las actividades completadas en el CER.
5	Impacto económico	No tiene tanto impacto económico porque lo que muestra es la capacidad de la persona para utilizar adecuadamente los equipos, lo cual no tiene una influencia económica directa.
6	Facilidad de recopilación de datos	El sistema Epicor calcula y arroja directamente la eficiencia por cada colaborador, por lo que no se tiene que recopilar los datos manualmente.
7	Facultad para motivar	Puede motivar o desmotivar a los operarios dependiendo el % de eficiencia obtenido. Sin embargo, este indicador no es muy utilizado en el CER y no se les muestra a los colaboradores.
8	Confiable	Es confiable porque proviene de un sistema robusto que lo calcula con métricas ya establecidas y en base al rendimiento que obtienen en los resultados de las actividades realizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo F. Evaluación de la validación y solicitud de cambio (VACR) para los números de parte bajo estudio (1)

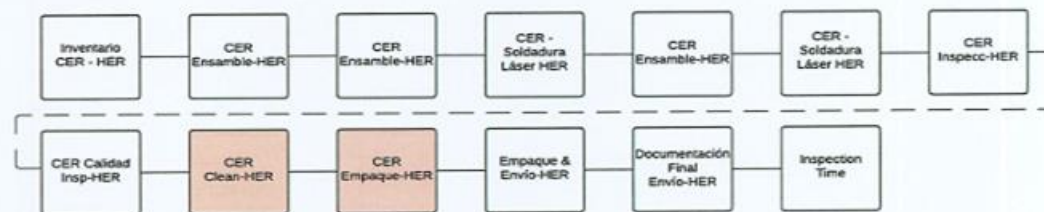
	Document Number: 5104405	Revision: E	Legacy Number: N/A
	Document Type Template		
	Title: Validation Assessment & Change Request		

Document No.: VAL-HER-24-035-VACR **Revision:** A

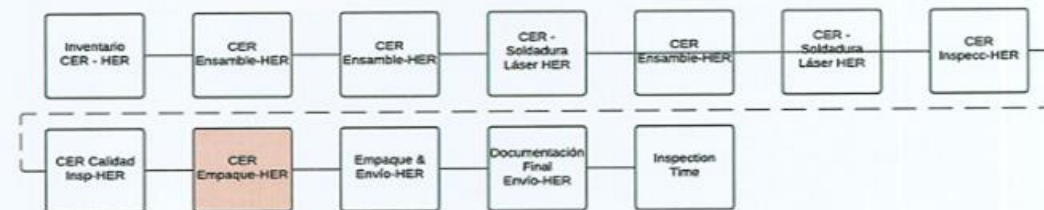
Justification: (A justification for why the change or validation is acceptable)

Change affects both the _____ part numbers by unifying the operations of CER Clean-HER and CER Packaging-HER as the operations consist of the same in both part numbers. The following diagrams show the current and post-unification process for the Vertigo family of operations.

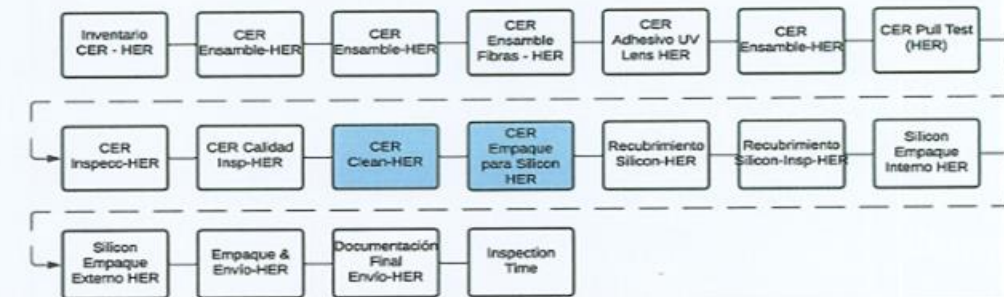
Current process



Proposed process



Current process



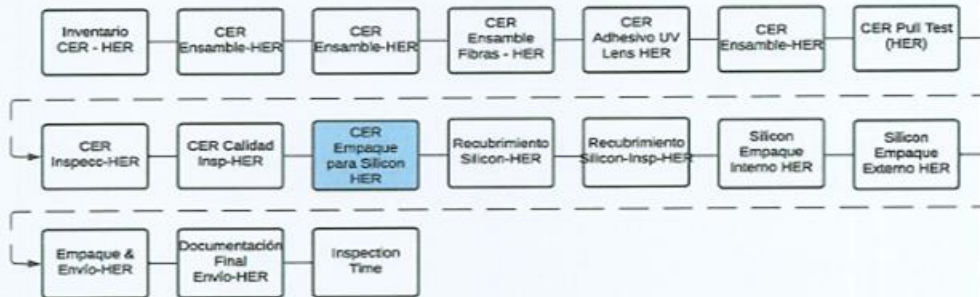
Nota: Procedimientos realizados para dar seguimiento y control a los cambios realizados a las actividades de los números de parte.

Anexo G. Evaluación de la validación y solicitud de cambio (VACR) para los números de parte bajo estudio (2)

Document Number: 5104405	Revision: E	Legacy Number: N/A
Document Type Template		
Title: Validation Assessment & Change Request		

Document No.: VAL-HER-24-035-VACR Revision: A

Proposed process



Change. Unify the operations of CER Clean-HER and CER Empaque-HER:

The CER Clean-HER operation consists of a cleaning that is performed with a towel moistened with 70% alcohol, sliding all over the cable tube, to remove any dirt that may have the piece, the steps of the operation are indicated in instruction 3113107 Rev B. Subsequently, the CER Empaque-HER operation consists of placing all the Job parts inside a 7-inch-wide bag to be sent to the materials warehouse, the steps of the operation are mentioned in instruction 3113107 Rev B.

The change consists of performing both operations in the same sequence, but always maintaining the same steps as indicated in procedure 3113107 rev B. CER - Vértigo - Procedimiento para realizar limpieza y empaque.

With the change, which proposes the unification of cleaning and packaging, which is done only with alcohol on the tubular cable, the risk of omitting the cleaning operation is reduced. This will prevent the parts from passing to the next process with possible soiling, generating non-conforming parts to be discarded. It is important to note that these changes do not modify the operations of the initial validation of the VAL-CR-17-032-MVP (rev. A) process, as the same steps indicated in the instructions are still carried out; the operations are simply unified so that they are carried out in the same sequence.

Implementing this change is necessary because it reduces potential errors in documentation. By executing the operations under a unified sequence, the need for different operators to complete the information is eliminated, as one person will be in charge of both operations. This significantly decreases the likelihood of receiving customer complaints due to incomplete information in the Job. On the other hand, it is important to mention that the change is viable for production as it achieves a reduction in operation times, thus allowing an increase in the number of parts produced per hour. It is important to mention that this change does not alter the steps mentioned in the instructions nor the original validation of the process, which is VAL-CR-17-032-MVP (rev. A).

Nota: Procedimientos realizados para dar seguimiento y control a los cambios realizados a las actividades de los números de parte.

Anexo H. Carta del tutor

Alajuela, 27 de agosto del 2024

Señor:

Roberto Orozco Sánchez

Dirección de la Carrera de Ingeniería en Producción Industrial

Universidad Técnica Nacional

Estimado señor:

Reciba un cordial saludo y a la vez por medio de la presente:

Yo Marvin Herrera García, cédula de identidad 204320427 docente de la Universidad Técnica Nacional, les informo que, en mi tarea de Tutor, he leído y revisado el Proyecto de graduación titulado “Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los cuartos de ambiente controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024”, realizado por los estudiantes Pablo Josué Víquez Ledezma, cédula: 207940762 y Jeferson Rodríguez Portugués, cédula: 604430048.

Otorgo mi aval al TFG para que sea presentado ante su defensa y optar por el título de Licenciatura en Producción Industrial, cabe destacar que este Proyecto Final de Graduación cumple con las normas establecidas por la Universidad Técnica Nacional.

Agradezco su atención.



Marvin Herrera García
Cédula: 204320427

Fuente: Elaboración propia.

Anexo I. Carta del lector

Alajuela, 27 de agosto del 2024

Señor:

Roberto Orozco Sánchez

Dirección de la Carrera de Ingeniería en Producción Industrial

Universidad Técnica Nacional

Estimado señor:

Reciba un cordial saludo y a la vez por medio de la presente:

Yo José Mauricio Alcázar Román, cédula de identidad 701170270 docente de la Universidad Técnica Nacional sede Central, les informo que, en mi tarea de Lector, he leído y revisado el Proyecto de graduación titulado “Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los cuartos de ambiente controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024”, realizado por los estudiantes Pablo Josué Viquez Ledezma, cédula: 207940762 y Jeferson Rodríguez Portugués, cédula: 604430048.

Otorgo mi aval al TFG para que sea presentado ante su defensa y optar por el título de Licenciatura en Producción Industrial, cabe destacar que este Proyecto Final de Graduación cumple con las normas establecidas por la Universidad Técnica Nacional.

Agradezco su atención.

JOSE MAURICIO ALCAZAR
ALCAZAR
ROMAN (FIRMA)

Firmado digitalmente por
JOSE MAURICIO ALCAZAR
ROMAN (FIRMA)
Fecha: 2024.09.28 09:12:30
-06'00'

Prof. Ing. José Mauricio Alcázar Román MSc.
Cédula: 701170270

Fuente: Elaboración propia.

Anexo J. Carta de la filóloga

San José, 24 de setiembre de 2024

Señores
Comisión de Trabajos Finales de Graduación
Sede Central
Universidad Técnica Nacional

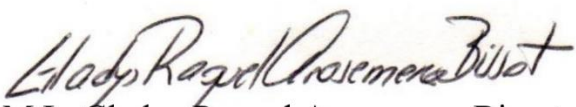
Estimados señores:

Las estudiantes, Jeferson Rodríguez Portuguez y Pablo Josué Víquez Ledezma, me han presentado para revisión de estilo el trabajo titulado *Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024.*

He revisado y corregido los aspectos referentes a la estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y vicios del lenguaje, que se trasladan al escrito, y he comprobado que se han incorporado las correcciones al presente documento.

Por tanto, hago constar que, desde el punto de vista filológico, se encuentra listo para ser presentado ante la universidad como tesis de graduación para optar por el grado y título académico de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial.

Atentamente,



M.L. Gladys Raquel Arosemena Bissot
Filóloga, Universidad de Costa Rica
Carné de la Asociación Costarricense de
Filólogos número 366
Teléfono 8998-5690

Fuente: Elaboración propia.

Anexo J. Boleta de Autorización de uso



Universidad Técnica Nacional

Anexo IV

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL (Trabajo colectivo)

Página | 40

Alajuela,

19/12/2024.

Señores/as

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre completo de sustentantes	Número de identificación
Jeferson Rodríguez Portugez	604430048
Pablo Josué Víquez Ledezma	207940762

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado:
Diseño de un sistema de monitoreo enfocado en la productividad en los Cuartos de Ambiente Controlado (CER) de la empresa MediTech, periodo de 2023 a 2024

El cual se presenta bajo la modalidad de, marque una opción:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 10/12/2024 autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, Sede Central, para que nuestro trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:



Autorizamos	
Ver CAPÍTULO V, DISPOSICIONES, FINALES. Artículo 43. RTFG.	
Marque con una X o un ✓	
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X
Divulgación del resumen en el Repositorio UTN con una cantidad de 200 a 500 palabras.	X
Consulta electrónica con texto protegido	X
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X

Página | 41

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma

Jeferson Rodríguez Portugez	604430048	
Pablo Josué Víquez Ledezma	207940762	

Página | 42

Día: 19/12/2024

Autorizamos	SI	No
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X	
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X	
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X	
Consulta electrónica con texto protegido	X	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X	
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X	

Por otra parte declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Página | 43

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Jeferson Rodríguez Portugez	604430048	
Pablo Josué Víquez Ledezma	207940762	

Día: 19/12/2024

(Reformado mediante Acuerdo 9-3-2021, tomado por el Consejo Universitario en la Sesión Ordinaria No. 3-2021, celebrada el jueves 11 de febrero de 2021, a las nueve horas, según el Artículo 12. Publicado en el diario oficial La Gaceta No. 39 del 25 de febrero del 2021, sección de Reglamentos).