

**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA**

**CARRERA EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**DISMINUCIÓN DE MUDAS Y  
DESPERDICIOS EN EL ÁREA DEL  
ENSAMBLE FINAL DE LÍNEA 1 DE LA  
EMPRESA BOSTON SCIENTIFIC SEDE  
HEREDIA PARA EL PRIMER  
SEMESTRE DEL 2022.**

**Proyecto de graduación para optar por  
el Bachillerato en Ingeniería Industrial.**

Realizado por: FRANCIS ALVARADO ROJAS

Profesor: Lic. LUIS SALAS RAMOS

Heredia, agosto, 2022

## Carta del Lector

San José, 16 setiembre 2022

*Destinatario*  
*Carrera Ingeniería Industrial*  
*Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante **Francis Alvarado Rojas**, cédula de identidad número 113400561, titulado **“DISMINUCIÓN DE MUDAS Y DESPERDICIOS EN EL ÁREA DEL ENSAMBLE FINAL DE LÍNEA 1 DE LA EMPRESA BOSTON SCIENTIFIC SEDE HEREDIA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2022.”**, para optar por el grado académico de **Bachillerato** en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al siguiente proceso.

Atentamente,



*Ana Catalina Martinez Matarrita*  
*Cédula identidad: 111510151*

## Carta del Tutor

San José, 04 de agosto de 2022

*Destinatario*  
*Carrera*  
*Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante Francis Gerardo Alvarado Rojas cédula de identidad número 1-1340-0561, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado DISMINUCIÓN DE MUDAS Y DESPERDICIOS EN EL ÁREA DEL ÉNSAMBLE FINAL DE LÍNEA 1 DE LA EMPRESA BOSTON SCIENTIFIC SEDE HEREDIA DONDE SE MANUFACTURAN CATÉTERES DE MAPEO DE CORAZÓN PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2022, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato en ingeniería industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		95%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



*Luis Salas Romero*  
1-1014-0116

## DECLARACION JURADA

Yo Francis Alvarado Rojas, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 113400561 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DISMINUCIÓN DE MUDAS Y DESPERDICIOS EN EL ÁREA DEL ENSAMBLE FINAL DE LÍNEA 1 DE LA EMPRESA BOSTON SCIENTIFIC SEDE HEREDIA DONDE SE MANUFACTURAN CATÉTERES DE MAPEO DE CORAZÓN PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2022.

, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 03:44 pm días del mes de julio del año dos mil veintidós.



---

Firma del estudiante

Cédula:113400561

## Dedicatoria

“A mi Esposa Rebeca Navarro  
e Hija Zoe Alvarado Navarro  
que son el motor de mi vida”

## **Agradecimientos**

El principal agradecimiento se lo doy a Dios quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante. A mis padres Ramon Alvarado Garcia, madre Saldrá Rojas Campos porque sin ellos no lo hubiese logrado, siempre me llevaron por el camino del bien y me apoyaron para poder llegar a esta instancia de mis estudios, a mi familia por toda su comprensión y gran soporte a lo largo de mis estudios, a mi esposa e hija Rebeca Navarro y Zoe Alvarado por la ayuda incondicional y apoyo en mis últimos años de estudio y a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron en la realización de este trabajo.

A mi profesor asesor Ing. Luis Salas Romero por ser parte integra de mi desarrollo como profesional y soporte directo en la realización de este proyecto.

También le agradezco al Ing. Bernardo Fernandez Murillo, por haberme dado la oportunidad de demostrar mi potencial y contribuir a mi desarrollo tanto profesional como personal y creer en mí.

A mis compañeros de trabajo de la Línea 1 por los consejos, apoyo y buenos momentos vividos durante la práctica, así como a todas las personas de distintos departamentos de *Boston Scientific* Corporación que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de este proyecto.

¡A todos muchas gracias!

## Epígrafe

“Todos los triunfos nacen cuando nos  
atrevernos a comenzar”

Eugene Fitch Ware

## Índice

Carta del Lector.....	ii
Carta del Tutor .....	iii
DECLARACION JURADA .....	iv
Dedicatoria .....	v
Epígrafe.....	vii
Índice.....	viii
Resumen ejecutivo y artículo publicable.....	xix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción general del proyecto.....	2
1.2 Identificación de la empresa .....	2
1.2.1 Visión y Misión de la Empresa .....	3
1.2.2 Antecedentes de la empresa .....	3
1.2.3 Ubicación de la empresa .....	4
1.2.4 Estructura organizacional de la empresa .....	4
1.2.5 Número de empleados.....	6
1.2.6 Descripción del proceso .....	8
1.3 Planteamiento del Problema .....	10
1.3.1 Definición del problema .....	10
1.3.2 Justificación.....	10
1.4. Objetivos del proyecto .....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	11
1.5 Alcances y limitaciones.....	12
1.5.1 Alcances.....	12
1.5.2 Limitaciones.....	12
<b>II. MARCO TEORIO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera .....	15
2.1.1 Dispositivo Médico.....	15
2.1.2 <i>Gemba Walk</i> .....	15

2.1.4 SIPOC.....	16
2.1.5 Diagrama de Flujo de Proceso .....	16
2.1.7 Definición tiempos estándar .....	17
2.1.8 Muda (desperdicios) .....	18
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	18
2.2.1 Diagrama Causa Raíz.....	18
2.2.2 Diagrama de recorrido.....	18
2.2.3 Metodología 5s .....	19
2.2.4 Método <i>Kaizen</i> .....	19
2.2.5 5W2H.....	20
2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto .....	20
2.3.1 Diagrama Gantt.....	20
2.3.2 Matriz RASCI.....	21
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.....	21
2.4.1 Título .....	21
2.4.1 Problemática .....	21
2.4.3 Meta del proyecto.....	22
2.4.4 Riesgos.....	22
2.4.5 Suposiciones .....	22
2.4.6 Beneficios .....	22
2.4.7 Partes Interesadas .....	22
2.4.8 Criterios de finalización.....	22
2.4.9 Resumen del proyecto.....	22
2.4.10 Grupo dueño del proyecto .....	23
III. Marco Metodológico.....	24
3.1 Metodología para la definición del problema.....	25
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	26
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	27
3.4 Metodología para la implementación del proyecto .....	28

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados .....	29
<b>IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....</b>	<b>30</b>
4.1 Diagnóstico de la situación actual .....	31
4.2 Descripción problema a estudiar.....	33
4.3 Caracterización del proceso productivo de la Línea 1 .....	33
4.3.1 Proceso productivo del área de Ensamble Final .....	33
4.3.2 Distancias recorridas por operarios y tiempos por proceso .....	33
4.3.3 Generalidades de procesos de Ensamble Final .....	34
4.3.4 Generalidades de la Línea 1 .....	37
4.3.5 Diseño del área del trabajo.....	39
4.3.6 Cálculo de número de muestras.....	40
4.3.7 Análisis de cargas .....	44
4.3.8 Identificación y clasificación de los 8 desperdicios .....	46
4.3.9 Causas en la identificación de los desperdicios encontrados .....	49
4.3.10 Método de balance de cargas y cálculo de horas extra .....	59
4.4 Resumen de la situación actual.....	62
<b>V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>64</b>
5.1 Oportunidades de mejora encontradas según lista de verificación de desperdicios .....	65
5.1.1 Propuesta No.1. Solución en desperdicio de Movimientos: canoas aéreas .....	65
5.1.2 Propuesta No. 2. Solución en desperdicio de Movimientos: implementación de nuevas cámaras .....	71
5.1.3 Propuesta No.3. Solución en desperdicio de Transportes-activación Láser 2 .....	72
5.1.4 Propuesta No.4. Herramienta para cálculo de horas extra y balance de cargas .....	74
5.2 Implementación de Soluciones.....	82
5.2.1 Plan de implementación de Propuesta No. 1: Solución en desperdicio de Movimientos- canoas aéreas.....	82
5.2.2 Plan de implementación de Propuesta No. 2: Solución en desperdicio de Movimientos- implementación de nuevas cámaras .....	83

5.2.3 Plan de implementación de Propuesta No. 3: Solución en desperdicio de Movimientos- activación Láser 2 .....	84
5.2.4 Plan de implementación de Propuesta No. 4: Herramienta para cálculo de horas extra y balance de cargas. ....	85
5.3 Análisis de factibilidad .....	87
5.4 Propuestas .....	88
5.4.1 Propuesta de activación de la máquina láser número 2 .....	88
5.4.2 Propuesta de compra de cámaras nuevas.....	89
5.4.3 Propuesta de colocación de canoas acrílicas aéreas .....	89
5.4.4 Propuesta de Herramienta de balance de cargas y cálculo de horas extra .....	90
VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
6.1 Conclusiones .....	92
6.2 Recomendaciones .....	94
BIBLIOGRAFÍA .....	96
APENDICES .....	99
APÉNDICE 1. <i>Project Charter</i> del Proyecto .....	99
APÉNDICE 2. Diagrama de flujo de procesos Estación 1 Prueba eléctrica del cableado.....	100
APÉNDICE 3. Diagrama de flujo de procesos Estación 2 <i>Coil Coating</i> del cableado.....	101
APÉNDICE 4. Diagrama de flujo de procesos Estación 3 Instalación del <i>Deployment</i> y el Sensor .....	102
APÉNDICE 5. Diagrama de flujo de procesos Estación 4 Ensamble del <i>Array</i> .....	103
APÉNDICE 6. Diagrama de flujo de procesos Estación 5 Unión de cables y ensamble de cobertores.....	104
APÉNDICE 7. Diagrama de flujo de procesos Estación 6 Soldado de Sensor y Conector.....	106
APÉNDICE 8. Diagrama de flujo de procesos Estación 7 Prueba de fuga y flujo.....	107
APÉNDICE 9. Diagrama de flujo de procesos Estación 8 Inspección Funcional.....	108

<b>APÉNDICE 10. Diagrama de flujo de procesos Estación 9 Prueba Eléctrica</b>	<b>109</b>
<b>APÉNDICE 11. Diagrama de flujo de procesos Estación 10 Inspección Visual y Fotos</b>	<b>110</b>
<b>APÉNDICE 12. Premuestro de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno A</b>	<b>111</b>
<b>APÉNDICE 13. Premuestro de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno B</b>	<b>114</b>
<b>APÉNDICE 14. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 1 Turno Mixto</b>	<b>117</b>
<b>APÉNDICE 15. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 2 Turno Mixto</b>	<b>118</b>
<b>APÉNDICE 16. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 3 Turno Mixto</b>	<b>119</b>
<b>APÉNDICE 17. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 4 Turno Mixto</b>	<b>120</b>
<b>APÉNDICE 18. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 1 Turno Nocturno</b>	<b>121</b>
<b>APÉNDICE 19. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 2 Turno Nocturno</b>	<b>122</b>
<b>APÉNDICE 20. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 3 Turno Nocturno</b>	<b>123</b>
<b>APÉNDICE 21. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 4 Turno Nocturno</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 1. Tabla T Student</b>	<b>125</b>

### Índice de Figuras

<b>Figura No. 1 Logo de la empresa</b>	<b>2</b>
<b>Figura No. 2 Planta Boston Scientific en Heredia, Costa Rica</b>	<b>4</b>
<b>Figura No. 3 Heredia Site Leadership Team (SLT)</b>	<b>5</b>
<b>Figura No. 4 Organigrama de Área de Producción BSC</b>	<b>5</b>
<b>Figura No. 5 SIPOC de manufactura y exportación del catéter de mapeo en Línea 1</b>	<b>9</b>
<b>Figura No. 6 Modelo de desarrollo de la situación actual</b>	<b>31</b>
<b>Figura No. 7 Array del catéter de la Línea 1</b>	<b>35</b>

<b>Figura No. 8</b>	<b>Figura No. 8 Plano del área de trabajo del área de Ensamble Final</b>	<b>40</b>
<b>Figura No. 9</b>	<b>Estación de trabajo 5-Unión de cables y ensamblaje de cobertores, Ensamble Final.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura No. 10</b>	<b>Colocación actual de herramientas en estación de Unión de Cables y ensamblaje de cobertores .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura No. 11</b>	<b>Colocación actual de canoa y herramientas de la estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura No. 12</b>	<b>Cámara utilizada en proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobertores .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura No. 13</b>	<b>Imagen mostrada en pantalla de estación cuello de botella.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura No. 14</b>	<b>Máquinas Láser utilizadas en proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobertores .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura No. 15</b>	<b>Diagrama de recorrido actual para proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores hacia máquina láser 1 .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura No. 16</b>	<b>Gráfico de recurrencia de horas extra-Línea 1 .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura No. 17</b>	<b>Propuesta de mejora de canoas aéreas acrílico 1 .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura No. 18</b>	<b>Propuesta de mejora de canoas aéreas acrílico 2 .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura No. 19</b>	<b>Propuesta de mejora de canoas aéreas metálicas.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura No. 20</b>	<b>Espacio efectivo propuesto de estación de trabajo sin canoa....</b>	<b>68</b>
<b>Figura No. 21</b>	<b>Propuesta de cámaras nuevas para proceso de Unión de cables y Ensamblaje de cobertores.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura No. 22</b>	<b>Diagrama de recorrido propuesto para proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores hacia máquina láser 2 .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura No. 23</b>	<b>Base de datos de la herramienta .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura No. 24</b>	<b>Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura No. 25</b>	<b>Costo total horas extra con Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes para unidades completas.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura No. 26</b>	<b>Horas Extras requeridas por especialista por proceso y costo horas extra según asignación de unidades completas .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura No. 27</b>	<b>Costo total horas extra con Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes para unidades parciales.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura No. 28</b>	<b>Horas Extras requeridas por especialista por proceso y costo horas extra según asignación de unidades parciales .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura No. 29</b>	<b>Asignación de horas extra por proceso .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura No. 30</b>	<b>Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.1: canoas aéreas.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura No. 31</b>	<b>Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.1: canoas aéreas .....</b>	<b>83</b>
<b>Figura No. 32</b>	<b>Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.2: cámaras nuevas.....</b>	<b>83</b>

<b>Figura No. 33 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.2: cámaras nuevas</b> .....	84
<b>Figura No. 34 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.3: activación máquina láser 2</b> .....	84
<b>Figura No. 35 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.3: activación máquina láser 2</b> .....	85
<b>Figura No. 36 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.4: Herramienta para cálculo de horas extras y balance de cargas</b> .....	85
<b>Figura No. 37 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.4: Herramienta para cálculo de horas extra y balance de línea</b> .....	86

### Índice de Cuadros

<b>Cuadro No. 1 Personal BSC planta Heredia</b> .....	6
<b>Cuadro No. 2 Personal BSC planta Coyol de Alajuela</b> .....	7
<b>Cuadro No. 3 Personal de la Línea 1 Turno A</b> .....	8
<b>Cuadro No. 4 Personal de la Línea 1 Turno B</b> .....	8
<b>Cuadro No. 5 Simbología del diagrama de flujo de proceso</b> .....	17
<b>Cuadro No. 6 Interpretación de 5W2H</b> .....	20
<b>Cuadro No. 7 Cuadro Metodológico</b> .....	26
<b>Cuadro No. 8 Desglose de actividades de diagramas de flujo de proceso y distancias recorridas-tiempos por proceso</b> .....	34
<b>Cuadro No. 9 Desglose de trabajadores por áreas de Línea 1</b> .....	37
<b>Cuadro No. 10 Horas efectivas <i>Boston Scientific</i> Turno A y Turno B</b> .....	39
<b>Cuadro No. 11 Producción de unidades diarias Línea 1 Ensamble Final</b> .....	39
<b>Cuadro No. 12 Cálculo de número de muestras Turno A</b> .....	42
<b>Cuadro No. 13 Cálculo de muestras Turno B</b> .....	43
<b>Cuadro No. 14 Desglose de actividades y estudio tiempos de las estaciones del área de Ensamble Final Turno A</b> .....	44
<b>Cuadro No. 15 Desglose de actividades y estudio tiempos de las estaciones del área de Ensamble Final Turno B</b> .....	45
<b>Cuadro No. 16 16 Lista de verificación de desperdicios Lean Manufacturing</b> .48	
<b>Cuadro No. 17 Diagrama Bimanual para Inspección y acomodo del Array</b> .....	54
<b>Cuadro No. 18 Diagrama Bimanual para Colocación del Fixture utilizado, en la mesa de trabajo</b> .....	55
<b>Cuadro No. 19 Diagrama Bimanual para Colocación de unidad a ser procesada sobre mesa de trabajo</b> .....	56
<b>Cuadro No. 20 Tiempos de transporte actuales hacia máquina Láser 1</b> .....	59
<b>Cuadro No. 21 Muestreo de tiempos para balance de línea/cálculo de horas extra</b> .....	61

<b>Cuadro No. 22 Diagrama Bimanual de propuesta sin canoa en la estación de trabajo para herramientas utilizadas.....</b>	<b>69</b>
<b>Cuadro No. 23 . Diagrama Bimanual de propuesta de canoas aéreas.....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro No. 24 Diagrama Bimanual de propuesta de nuevas cámaras .....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro No. 25 Tiempos de transporte propuestos hacia máquina Láser 2.....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro No. 26 Porcentaje de Avance de unidades parciales horas extra y relación costo-beneficio .....</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro No. 27 Estudio de factibilidad de propuestas de solución.....</b>	<b>88</b>

## Acrónimos y siglas

<b>A</b>	
<i>Array</i>	Tarjeta eléctrica del catéter transformada en forma cilíndrica
<b>B</b>	
<i>BSC</i>	<i>Boston Scientific Corporation</i>
<b>C</b>	
<i>CER</i>	<i>Control Environment Room</i> , Sala de Ambiente Controlado o Cuarto Limpio
<i>CoreTeam</i>	Equipo multifuncional de la línea, responsable de planificar y ejecutar un proyecto de desarrollo de productos
<b>D</b>	
<i>Deployment</i>	Tarjeta eléctrica del catéter sin ser transformada en forma cilíndrica
<i>Distal</i>	Dirección del extremo comercial de un dispositivo: punta blanda del catéter. El extremo distal de un dispositivo es el extremo que está más lejos del operador durante el uso
<b>E</b>	
<i>Electrical Tester</i>	Equipo cuya función es verificar la integridad de los componentes eléctricos del catéter estén en óptimas condiciones
<i>Equipo Láser</i>	Equipo cuya función es grabar por medio de láser la información de <i>Boston Scientific</i> en la unidad
<b>F</b>	
<i>Fixture</i>	Herramienta, ensamblaje mecánico o aparato de prueba utilizado para crear, modificar o evaluar el producto, estos elementos contienen requisitos dimensionales o funcionales que requieren calificación porque afectan a una salida validada o verificada
<b>G</b>	
<i>Gowning</i>	Es un área donde todos los miembros de la empresa deben completar antes de cada operación para entrar al cuarto limpio donde se coloca una bata quirúrgica estéril, cofia, cofia

	escafandra, mascarilla nueva, posteriormente lavado de manos y colocación de un par de guantes para crear un ambiente aséptico
<b>H</b>	
<i>Hot Box</i>	Equipo diseñado para mecanizar o automatizar una operación utilizada para crear, modificar o evaluar un producto y puede o no incluir software
<b>I</b>	
<i>IPK</i>	<i>In Process Kanban</i> , carrito diseñado para colocar las unidades procesadas de una estación a otra para seguir siendo procesada
<b>L</b>	
<i>Loctite</i>	Adhesivo, sellador para superficies
<b>M</b>	
<i>ME</i>	<i>Manufacturing Engineer</i> , Ingeniero de Manufactura
<b>P</b>	
<i>PB IV</i>	<i>Product Builder Number 4</i> , persona que lidera a los operarios y los guía a cumplir con las métricas de la línea de producción
<i>Pistola UV</i>	Herramienta con sistema de luz de punto electrónica LCD UV pegamento pistola de curado UV Led
<i>Proximal</i>	Dirección alejada del extremo de un dispositivo; opuesto a distal; Extremo de un dispositivo que está más cerca del operador durante el uso.
<b>R</b>	
<i>Ring Gage</i>	Medidor de anillo de un material térmicamente estable cuyo diámetro interior está acabado para medir la tolerancia y se utiliza para verificar el diámetro externo de un objeto cilíndrico
<b>S</b>	
<i>Shaft</i>	Ejes trenzados, también conocidos como ejes reforzados con trenzas, son una de las mejores soluciones para diseñar catéteres con una respuesta de par significativa, resistencia a la

torcedura y resistencia a la tracción.  
Entiéndase como manguera  
conductora protectora color azul del  
catéter.

## Resumen ejecutivo y artículo publicable

Alvarado Rojas, Francis Gerardo. Agosto, 2022 “Propuesta de solución de mudas y desperdicios en la Línea 1 de producción donde se manufacturan catéteres de mapeo de corazón”. Universidad Hispanoamericana. Profesor asesor: Ing. Luis Salas Ramos

El trabajo tuvo como objetivo principal identificar los procesos de la Línea 1 en el área de Ensamble Final para establecer el tiempo estándar actual de cada uno de ellos y determinar la capacidad efectiva de cada proceso. Se da a conocer la estación crítica del área que corresponde a Unión de cables y ensamblaje de cobertores donde se evalúan que tipos de desperdicios *Lean Manufacturing* se encontraban en este proceso cuello de botella para proceder a caracterizar y cuantificar sus posibles causas. De esta manera se determina que un 6.72% representa desperdicios por transporte y 4.29% en desperdicios por movimientos con un total de 11.02% de desperdicios en el proceso que equivale a 3.85 minutos de 34.95 minutos del tiempo total del proceso. Por otro lado, se determina la necesidad de una herramienta de balance de cargas y cálculo de horas extra debido a su técnica actual, los cálculos se realizan de manera manual y no se cuenta con una visualización rápida del equilibrio de distribución de cargas por ende tampoco los costos totales, lo que ocasiona que esto les tome 28 minutos aproximadamente. Las propuestas de solución consisten en la implementación de canoas aéreas como la compra de nuevas cámaras para disminuir los movimientos en un 2.43% e incrementar el espacio efectivo de las estaciones del proceso cuello de botella tanto como la activación de máquina láser 2 para disminuir en un 5.09% los desperdicios por transporte, obteniendo un ahorro de 2.63 minutos es decir el 7.52% del 11.02%, aumentando su productividad de 1.7 unidades por hora a 1.9. Por otro lado, se elabora una herramienta que calcule en al menos 4 minutos, el costo

de las horas extra al ingresar los datos requeridos obteniendo rápidamente varios escenarios para un balance de cargas. Las propuestas son económicamente viables ya que la relación costo/beneficio anual de las propuestas rondan entre 6.18, 3.15 y 1.31, lo que quiere decir que los beneficios son mayores a los costos de inversión.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción general del proyecto

La empresa *Boston Scientific* Costa Rica requiere una mejora en la línea 1 en su productividad para el año 2022, según su plan de mejora en AOP (plan anual de operaciones) la cual determina que la línea 1 debe dar mejora en su productividad. Mediante el proyecto se analizará los procedimientos correspondientes para la manufactura del Catéter de la línea 1 y posterior a ello, entender cuáles son las estaciones críticas que afectan el proceso productivo.

Por lo tanto, es de gran necesidad el estudio de las variables que afectan la línea de producción ya que, por disposiciones internas cada año la empresa *Boston Scientific* en la Aurora de Heredia, compromete una mejora en su nivel porcentual de productividad para todas sus líneas de producción, para línea 1 la mejora corresponde a un 11% con respecto al año 2021, ya que actualmente su productividad es de un 1.7 unidades por hora y se desea aumentar a 1.9 unidades por hora.

## 1.2 Identificación de la empresa

*Boston Scientific* difunde y proyecta entre todos sus empleados alrededor del mundo, la importancia que tiene cada una de sus actividades diarias, pues son estas tareas las que permiten salvar vidas y crear un impacto positivo en la sociedad.

Bajo este enfoque, la compañía define su misión, visión, valores, política de calidad y sus objetivos estratégicos; todos estos enmarcan la importancia que tienen sus actividades y el rumbo bajo el cual se espera que operen la corporación a nivel mundial.

En la figura #1 se observa el logo de la empresa alrededor del mundo.



**Figura No. 1** Logo de la empresa

**Fuente:** Boston Scientific, 2022

## **1.2.1 Visión y Misión de la Empresa**

### **1.2.1.1 Visión**

“Ser el proveedor global de soluciones médicas de mayor rendimiento” (*Boston Scientific*, 2022).

### **1.2.1.2 Misión**

“La Compañía *Boston Scientific* está dedicada a transformar la calidad de vida ofreciendo soluciones médicas innovadoras que mejoran la salud de los pacientes de todo el mundo” (*Boston Scientific*, 2022).

## **1.2.2 Antecedentes de la empresa**

La historia de *Boston Scientific* inicia a finales de los años 1960, cuando el cofundador John Abele adquirió una participación en *Medi-Tech, Inc.*, una compañía de investigación y desarrollo, enfocada en el desarrollo de alternativas para la cirugía tradicional. Los primeros productos de *Medi-Tech*, una familia de catéteres dirigibles, fueron introducidos en 1969 y usados en algunos de los primeros procedimientos menos invasivos, hoy en día, todavía se utilizan versiones de estos catéteres. En 1979, Abele y Pete Nocholas, se asociaron para formar *juntos la Corporación Boston Scientific*.

*Actualmente Boston Scientific* cuenta con una red global de centros de fabricación, distribución y tecnología, manteniéndose fiel a su misión original, innovando y avanzando la ciencia para la vida. Cuenta con 12 plantas de producción a nivel mundial y operaciones en más de 40 países.

En Costa Rica, *Boston Scientific* inició operaciones en 2004, con una única planta de producción ubicada en el Parque Industrial Global Park, en la Aurora de Heredia y con aproximadamente 31 empleados. En 2009, abrió una segunda planta de producción en el Coyol de Alajuela, lugar al cual se transfirieron todas las operaciones que tenía la empresa en el país, dejando así totalmente desocupado el primer edificio, para que este fuera remodelado y fuera capaz de recibir la transferencia de nuevos productos traídos

de las plantas de Estados Unidos. Actualmente, en Costa Rica operan las dos plantas de producción y cuenta con aproximadamente 5800 colaboradores distribuidos entre las dos localidades.

### **1.2.3 Ubicación de la empresa**

Costa Rica cuenta con dos plantas de manufactura de *Boston Scientific*, una de ellas ubicada en la provincia de Heredia y la otra en el Coyol de Alajuela. La implementación del proyecto se realizará en la planta localizada en el Parque Industrial Global Park, La Aurora de Heredia. En la Figura No. 2 se aprecia una fotografía de la empresa ubicada en Heredia.

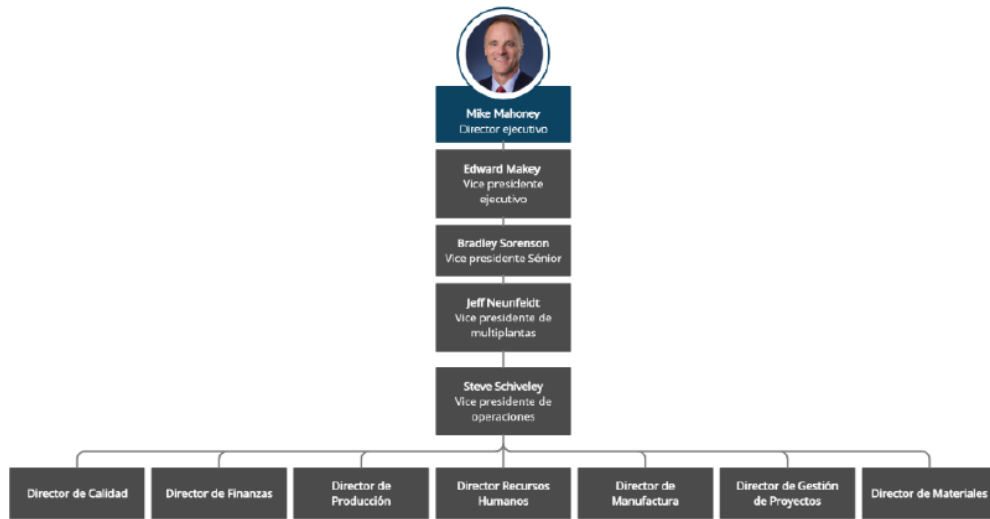


**Figura No. 2 Planta *Boston Scientific* en Heredia, Costa Rica**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**

### **1.2.4 Estructura organizacional de la empresa**

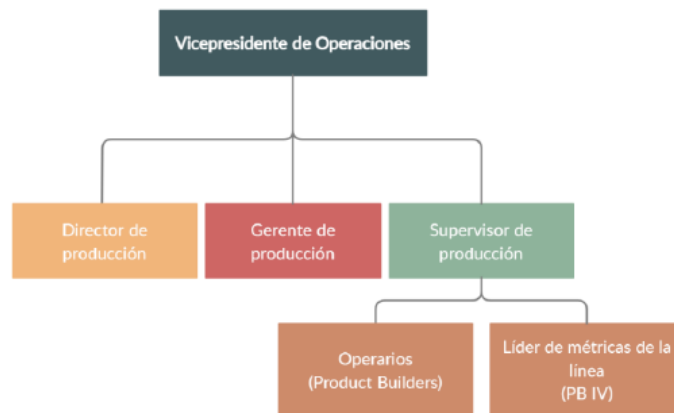
Las personas por las cuales está organizado el equipo de liderazgo de *Boston Scientific* en Heredia, se presenta en la figura No.3.



**Figura No. 3 Heredia Site Leadership Team (SLT)**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**

Como se observa en la Figura No. 3, en la planta de manufactura de Heredia, Steve Schiveley es el vicepresidente de Operaciones y cada uno de los departamentos a cargo, cuenta con su director. Ya que el proyecto está enfocado en el departamento de producción, se muestra el organigrama de este en la Figura No.4.



**Figura No. 4 Organigrama de Área de Producción BSC**

**Fuente: *Boston Scientific*, área de Producción**

### 1.2.5 Número de empleados

*Boston Scientific* es la empresa de manufactura de dispositivos médicos más grande del mundo con más de 36.000 trabajadores de manera global y cuenta aproximadamente con 5.800 colaboradores en ambas plantas de Costa Rica.

La planta de Heredia cuenta con tres turnos laborales. Del personal directo, que es el que trabaja directamente con los productos (operarios), un 61,02% pertenece al Turno A, un 33,67% labora en el Turno B y el 5,31% restante corresponde al Turno C. Por otro lado, el personal indirecto que toma en cuenta personal administrativo, ingenieros y otros, se encuentra distribuido en los tres edificios que existen en la planta de manufactura de Heredia.

Un 69,18% se encuentra en la Torre A, un 27,55% en la Torre B y un 3,27% en el Edificio C.

En el Cuadro No. 1 se muestra el resumen de la cantidad de personal distribuido en la planta ubicada en la Aurora de Heredia, con un total de trabajadores de 1808 de los cuales 668 son del área administrativa y 1140 de la operativa.

**Cuadro No. 1 Personal BSC planta Heredia**

<b>BSC Planta Heredia</b>	
<b>Función</b>	<b>Cant. Personas</b>
Administrativa	668
Operativa	1.140
<b>Total</b>	<b>1.808</b>

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**

Por otra parte, en la planta en el Coyoil de Alajuela hay un total de 3971 empleados, representando 931 personas en área administrativa y 3040 operativo como se muestra en el Cuadro No.2.

**Cuadro No. 2 Personal BSC planta Coyo de Alajuela**

Cuadro No. 2 Personal BSC planta Coyo de Alajuela <b>BSC Planta Coyo</b>	
<b>Función</b>	<b>Cant. Personas</b>
Administrativa	931
Operativa	3.040
<b>Total</b>	<b>3.971</b>

**Fuente: Boston Scientific, 2022**

El proceso productivo en Línea 1 se lleva a cabo mediante 2 turnos: el Turno A, donde se labora de lunes a viernes con un horario de 6:00 a.m a 3:30 p.m y Turno B donde se labora de lunes a viernes de 3:30 p.m a 10:00 p.m y sábado de 7:00 a.m a 2:30 p.m. Para Turno A, se requieren aproximadamente 40 trabajadores y estos se dividen de la siguiente manera:

La cantidad de operarios para el área de Subensamble son 9 y están dedicados a operaciones de subensamble del producto, para abastecer las estaciones de trabajo de Ensamble final. En Ensamble Final se necesitan 15 operarios, dedicados a las operaciones manuales combinados con la utilización de equipos, 8 operarios dedicados al Empaque Final de las unidades además la Línea 1 está compuesta por el *CoreTeam*<sup>1</sup> que está conformado por el supervisor de la línea, 2 PBIV<sup>2</sup>, Ingeniero de Entrenamiento de Procesos, Técnico de proceso, Ingeniero de Calidad asignado al área, Técnico de Calidad e Ingeniero de Manufactura asignado como se muestra en el Cuadro No.3.

---

<sup>1</sup> *CoreTeam*: equipo multifuncional de la línea, responsable de planificar y ejecutar un proyecto de desarrollo de productos.

<sup>2</sup> *PB IV*: sus siglas significan "Product Builder number 4" y es la persona que lidera a los operarios y los guía a cumplir con las métricas de la línea de producción.

**Cuadro No. 3 Personal de la Línea 1 Turno A**

<b>Turno A</b>	
<b>Función</b>	<b>Cant. personas</b>
Operarios Subensamble	9
Operarios Ensamble Final	15
Operarios Empaque Final	8
Supervisor de Línea 1	1
PB IV	2
Ingeniero de entrenamiento de procesos	1
Técnico de proceso	1
Ingeniero de calidad	1
Técnico de calidad	1
Ingeniero manufactura	1
<b>Total</b>	<b>40</b>

**Fuente: *Boston Scientific*, Línea 1**

Para Turno B, como se muestra en el Cuadro No. 4 se requieren 11 operarios dedicados a las operaciones del área de Ensamble Final, además del supervisor, PBIV, Técnico de procesos y Técnico de calidad.

**Cuadro No. 4 Personal de la Línea 1 Turno B**

<b>Turno B</b>	
<b>Función</b>	<b>Cant. personas</b>
Operarios Ensamble Final	11
Supervisor de la línea 1	1
PBIV	1
Técnico de proceso	1
Técnico de calidad	1
<b>Total</b>	<b>15</b>

**Fuente: *Boston Scientific*, Línea 1 Ensamble Final**

### **1.2.6 Descripción del proceso**

El proceso de manufactura del producto de la Línea 1 cuenta con elementos indispensables como los proveedores, las entradas, las salidas y los clientes. En la Figura No. 5 se muestra el proceso general de manufactura y exportación a través de un diagrama SIPOC.

<b>Nombre del proceso:</b>	Manufactura y exportación
<b>Dueño del proceso:</b>	Boston Scientific

<b>Área:</b>	Producción/ Línea
<b>Objetivo:</b>	Análisis del proceso productivo

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
CER-1, CER-4, CER-6	Piezas para subensamble y suministros	Subensamble del producto	Producto con subensamble 1,2,3,4	Área de ensamble final
CER-1, CER-4, CER-6 Área de Subensamble	Producto con subensamble 1,2,3,4	Ensamble final	Lote con manufactura completa del producto	Área de empaque primario
Área de ensamble final	Lote con subensamble 1,2,3 y 4 del producto	Empaque primario del producto	Lote con ensamble completo del producto	Área de empaque
Área de empaque final Proveedor de cajas y etiquetas	Lote con manufactura completa del producto en bolsa esterilizada	Empaque del producto en caja	Lote del producto empacado en bolsa esterilizada y en caja	Área de embarque (shipping)
Área de embarque (shipping)	Lote completo del producto	Embalaje, sellado y entarimado	Lote terminado	Registro de historial de dispositivos (DHR)
Registro de historial de dispositivos (DHR)	Lote pendiente de confirmar	Confirmación del lote	Lote confirmado	Área de embarque (shipping)
Área de Embarque (shipping) Registro de historial de dispositivos (DHR)	Lote pendiente de exportar	Exportación del lote	Lote exportado	Centros de distribución de Boston Scientific

Figura No. 5 SIPOC de manufactura y exportación del catéter de mapeo en Línea 1

Fuente: Elaboración propia

### **1.3 Planteamiento del Problema**

Por disposiciones internas, cada año la empresa *Boston Scientific* en la Aurora de Heredia, compromete una mejora en su nivel porcentual de productividad en la Línea 1. Debido a esto es de gran necesidad el estudio de las variables que afectan la línea de producción en el año 2022.

#### **1.3.1 Definición del problema**

Se elabora la base de planificación del proyecto, según el *Project Charter* que se encuentra en el Apéndice 1. Este contiene una descripción básica del proyecto donde se define el caso de negocio, el problema a estudiar, la oportunidad de mejora, el alcance de la operación, miembros del equipo, el tiempo y las consecuencias a estudiar tanto como las personas/departamento interesadas en el proyecto.

#### **1.3.2 Justificación**

Como parte de sus políticas de desarrollo y gestión de negocio, *Boston Scientific* busca constantemente la mejora en sus operaciones, es por esto, que los esfuerzos de la planta se centran en alcanzar la excelencia en sus procesos y de esta manera aumentar su eficiencia.

El flujo de producción de la Línea 1 está compuesta por 3 áreas de trabajo, Subensamble, Ensamble final y Empaque Final, los cuales a su vez poseen una serie de subprocesos. En total se manufactura solo un tipo de producto, el catéter de mapeo de alta resolución el cual es capaz de capturar señales nítidas y de alta calidad en el corazón localizando de manera precisa y exacta las arritmias cardiacas más complejas.

La importancia de este proyecto radica en que la empresa *Boston Scientific* Costa Rica requiere una mejora para esta Línea 1 y mediante el proyecto se analizarán los procedimientos correspondientes para la manufactura del catéter de mapeo de corazón y posterior a ello, entender cuáles son las estaciones críticas que afectan el proceso productivo.

Por lo tanto, es de gran necesidad el estudio de las variables que afectan la línea de producción ya que, para el presente año hay una mejora comprometida en el presupuesto para que la productividad de la línea 1 mejore un 11% con respecto al año 2021, actualmente la productividad de la línea 1 es de 1.7 unidades por hora y se desea aumentar a 1.9 unidades por hora para alcanzar la meta planteada.

Basados en la realidad actual si no se logra identificar posibles desperdicios y oportunidades de mejora, para atacar lo cuellos de botella de la línea 1, el poder cumplir con lo presupuestado va a ser imposible.

Por lo cual por medio de herramientas ingenieriles se realizarán todas las actividades, cada una teniendo una función en específico de tal manera se logren identificar y atacar las mudas correspondientes para así, crear propuestas de mejora que ayuden a disminuir los tiempos de desperdicios y generen una ganancia en términos de tiempo y costos.

#### **1.4. Objetivos del proyecto**

##### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar las oportunidades de mejoras productivas de la estación 4 de la Línea 1 donde se realizan catéteres para el mapeo del corazón mediante la implementación de la metodología DMAIC, aumentando la producción de 1.7 unidades por hora a 1.9 unidades por hora.

##### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar los procesos que componen la Línea 1.
- Cuantificar las causas de mudas y desperdicios que generan mayor afectación de la Línea 1.
- Diseñar las propuestas de solución de la Línea 1.
- Elaborar un plan de implementación y control de las soluciones propuestas.
- Analizar la factibilidad económica de las propuestas planteadas.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

Este proyecto se desarrolló en *Boston Scientific* Heredia y se enfoca en el estudio e implementación de un plan de mejora para la eliminación de mudas de las estaciones críticas identificadas en Línea 1 en dicha empresa médica. Dicho esto, el plan de mejora del proyecto es sumamente importante que esté debidamente caracterizado para las empresas médicas, debido a esto la importancia de su implementación y el hecho de trabajar de forma preventiva en la línea de producción.

El alcance más significativo de este trabajo es el análisis continuo en las estaciones de riesgo, para determinar la estabilidad de estos procesos y si existe una anomalía atacarlo de forma directa y preventiva con el respectivo plan de acción.

Y con la propuesta que se pretende plantear, la empresa se vería beneficiada aumentando la eficiencia en la estación cuello de botella de la Línea 1, que va a permitir a la planta de *Boston Scientific* Heredia estar preparada para absorber la mejora en eficiencia para el año 2022.

### **1.5.2 Limitaciones**

- El monitoreo de procesos es un proyecto a nivel planta que tiene sus respectivas normas y reglamentos para su implementación, debido a esto una de las limitaciones es la aprobación de cualquier mejora por toda la cadena de mando, dígase ingeniero de calidad, ingeniero de manufactura y el experto en el área.
- Se determina que a la información de costos y ganancias sensibles de la empresa se le aplica un factor de corrección. De esta forma, para el análisis financiero no se trabaja sobre datos reales, se tiene que trabajar sobre estimaciones.
- Los nombres de productos, familias y Unidades de Producción se modifican con el fin de mantener la privacidad requerida.

- El proyecto no abarca la implementación y el control de la propuesta, sino el establecimiento de un plan para poder implementar y controlar.
- Por tema de contrato laboral, la empresa asigna directamente a cuál línea de producción trabajar.
- Plantear mejoras a partir de los recursos disponibles.

## **II. MARCO TEORIO**

## **2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera**

El objetivo de esta sección es brindar al lector una perspectiva más amplia y darle bases de conocimiento para poder interpretar el proceso de investigación llevado a cabo.

### **Ingeniería Industrial**

“Es la rama que se ocupa de la optimización de procesos y recursos humanos, técnicos e informativos; así como el manejo de los sistemas de producción, llevando a su organización a ser más competitiva y sostenible” (Universidad de Ingeniería y Tecnología, 2019)

#### **2.1.1 Dispositivo Médico**

La Organización Mundial de la Salud hace la siguiente definición de que es un dispositivo médico: “Un artículo, instrumento, aparato o máquina usado en la prevención, diagnóstico o tratamiento de una enfermedad o para detectar, medir, restaurar, corregir o modificar una estructura o función del cuerpo con el propósito de salud. Típicamente el propósito de un dispositivo médico no se logra a través de medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos” (OMS, 2020)

#### **2.1.2 Gemba Walk**

“*Gemba* es una palabra japonesa que significa "el lugar real" y su propósito es ir hacer un recorrido por el lugar de trabajo cuyo objetivo es observar a los empleados, preguntarles por sus tareas e identificar las mejoras de productividad. Por lo que suele definirse literalmente como el acto de ver dónde ocurre el trabajo real. Un paseo *gemba* es un método lean sencillo pero potente que realizan los empresarios para promover la mejora continua”. (Culture, 2022)

#### **2.1.3 Lluvia de ideas**

La lluvia de ideas o *brainstorming*, es un método de grupo que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema encontrado. Es una técnica no estructurada para grupos de trabajo, donde se buscan soluciones a diversas situaciones mediante la generación de ideas espontáneas, relajadas y horizontales. (Licari, 2022)

#### **2.1.4 SIPOC**

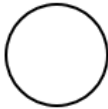

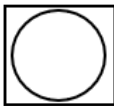
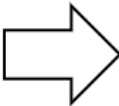
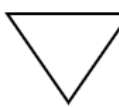
Las siglas de SIPOC pertenecen a *Suppliers, Inputs, Process, Output y Customers* que significan Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes. Según Rasmusson, D. (2006) un SIPOC, es un mapa de alto nivel del proceso que se pretende mejorar y en una etapa inicial de definición, es una representación generalizada del proceso, en el cual no se entra en mucho detalle.

#### **2.1.5 Diagrama de Flujo de Proceso**

Un diagrama de flujo de proceso es la representación gráfica del flujo o secuencia de un proceso de cualquier tipo de actividad. (Conesa, Juan Eugenio, 2007) menciona que este diagrama tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas, los responsables de su ejecución, es decir que viene a ser la representación simbólica de un procedimiento.

En el Cuadro No. 5 se muestra la simbología de los diferentes elementos de este diagrama y su respectiva descripción.

**Cuadro No. 5 Simbología del diagrama de flujo de proceso**

Evento	Simbolo	Características
Operación		Modificación que se le hace a un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas
Inspección		Verificación de la calidad y/o cantidad de la parte
Combinado		Indica actividades realizadas conjuntamente o por el mismo operario en el mismo punto de trabajo
Transporte		Indica movimiento de los trabajadores, materiales o equipos de un lugar a otro
Almacenaje		Tiene lugar cuando un objeto se mantiene y protege contra un traslado no autorizado (temporal o permanente)

Fuente: Elaboración propia según (Conesa, Juan Eugenio, 2007)

### 2.1.6 Muestreo de trabajo

Consiste en tomar una muestra de la población en estudio analizarla y a partir de ella hacer inferencias acerca del resto de la población. Mediante el muestreo de trabajo se puede identificar el índice de aparición algún problema, actividad, causas de variación del proceso, identificar productos conforme o no conformes entre otros aspectos que ocurren durante el proceso productivo.

Existen distintos dos tipos principales de muestreo el aleatorio o probabilístico y el no aleatorio o no probabilístico y ambos se subdividen en las siguientes clasificaciones según (Barrantes, 2016): Aleatorio o probabilístico incluye: Muestreo aleatorio simple; estratificado; conglomerados y sistemático. El no aleatorio o no probabilístico incluye: Intencional o de conveniencia; muestreo en cadena y muestreo por cuotas.

### 2.1.7 Definición tiempos estándar

El tiempo estándar es el mejor tiempo asignado a la actividad de trabajo; es el tiempo 100%, es el tiempo meta a alcanzar. (INA, 2022)

### **2.1.8 Muda (desperdicios)**

Una muda es todo aquello que no da valor agregado, también llamado desperdicio (Voehl, Harrington, Mignosa, & Charron, 2013) identifican 8 grandes desperdicios que son: sobreproducción, tiempo, transporte, inventario, pérdidas en los procesos, movimientos, defectos y desperdicio de talento. Estos se identifican a través de la observación, medición de tiempos, distancias y con la ayuda de listas de verificación.

## **2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto**

### **2.2.1 Diagrama Causa Raíz**

Estos diagramas son utilizados para explorar todas las causas reales o potenciales (entradas) que explican un efecto de interés (salida). Según (Pulido & de la Vara Salazar, 2013) este comprende en su forma más básica el análisis desde las 6M que generalmente influyen en los procesos, que son las siguientes:

- Mano de obra: Factores atribuibles al operador.
- Materia Prima: Cuando el material usado en el proceso influye en este.
- Maquinaria: Lo relacionado a la operación y características de los equipos utilizados para la transformación de la materia prima
- Métodos: Hace referencia a situaciones propias del modo de trabajar de los operadores y equipos.
- Medio Ambiente: Son los factores relacionados con condiciones naturales de lugar donde se realiza el proceso.

### **2.2.2 Diagrama de recorrido**

Según (Conesa, Juan Eugenio, 2007) uno de los mayores Muda o desperdicios se encuentra en los movimientos innecesarios que realizan los operarios por diferentes razones. Estas razones pueden estar motivadas por la búsqueda de herramientas, materiales o utillajes, por consultas técnicas, por movimiento o ubicación de materias

primas o productos elaborados o simplemente por la propia distribución en planta de las máquinas y restantes medios de producción.

Con la realización de un diagrama de recorrido o desplazamiento, podemos conocer cuántos metros diarios recorre un determinado operario para realizar su trabajo. Y analizando estos mapas, estaremos en condiciones de optimizar y reducir esos movimientos innecesarios y que no aportan valor, redefiniendo el puesto de trabajo en cuestión.

### **2.2.3 Metodología 5s**

La metodología de las Cinco Eses, 5 S, toma su nombre de cinco palabras japonesas, *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*, que se traducen como eliminar lo innecesario, establecer orden, esmerarse en la limpieza, cuidar el uniforme y la seguridad personal y ser disciplinado y respetar las reglas.

Como menciona (Conesa, Juan Eugenio, 2007) la filosofía de esta metodología se basa en el principio de la imposibilidad de “hacer” calidad en un puesto de trabajo que no esté limpio, organizado y ordenado. Se pretende, evitar errores por utilización indebida de planos o documentos no actualizados, reducir pérdidas de tiempo por búsquedas, reducir gastos por deterioro de útiles debidos a una mala conservación, eliminar fuentes de suciedad, reducir gastos por compra de materiales innecesarios, mejor utilización del espacio disponible y detección temprana de anomalías en máquinas o medios productivos.

### **2.2.4 Método *Kaizen***

Según (Conesa, Juan Eugenio, 2007) *Kaizen* es una palabra japonesa que significa “cambiar para bien” o “cambiar para mejorar”. Es una metodología de mejora continua basada en un enfoque que se caracteriza por:

- Mejora en pequeños pasos
- Sin grandes inversiones
- Con la participación de todos los empleados
- actuando, implantando rápidamente las mejoras.

La metodología *Kaizen* requiere la aportación de todas las personas de la empresa y sirve para aumentar su motivación. Anima al trabajo en equipo y enseña a sus integrantes a trabajar en la mejora de forma sistemática y ordenada, evitando en todo momento la fácil adopción de la idea feliz o de la idea sugerida por el “más jefe”.

### 2.2.5 5W2H

Según (ACTION GROUP *Education & Consulting*, s.f.) la metodología 5W-2H por su significado en inglés, se refiere a la formulación de las preguntas clave: Qué, Porqué, Donde, Quién, Como, Cuanto y Cuándo; estas con el fin de desarrollar los planes de acción. En el Cuadro No. 6 se muestra un esquema donde refleja la interpretación y descripción de cada pregunta.

**Cuadro No. 6 Interpretación de 5W2H**

Pregunta	Interpretación	Descripción
<b>5W</b>		
What? (Qué)	Tema	Tema a desarrollar: Que sucede, que se está haciendo
Why? (Porqué)	Causa/Propósito	Causas posibles / Ojetivo
When? (Cuándo)	Ubicación	En qué momento, fechas de seguimiento y fecha límite de ejecución
Where? (Donde)	Personas	Donde se presenta el problema/solución
Who? (Quién)	Método	Involucrados o actores en el proceso
<b>2H</b>		
How? (Como)	Recursos	Recursos técnicos ó humanos y herramientas necesarias
How much? (Cuánto)	Secuencia	Cantidad de dinero, tiempo u otros

Fuente: (ACTION GROUP *Education & Consulting* , s.f.)

## 2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto

### 2.3.1 Diagrama Gantt

Según autor, el gráfico de Gantt “permite identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de esa utilización, de tal modo que

puedan evitarse periodos ociosos innecesarios y se dé también al administrador una visión completa de la utilización de los recursos que se encuentran bajo su supervisión” (Hinojosa, 2003, pág. 1)

### **2.3.2 Matriz RASCI**

Es una representación gráfica de las responsabilidades en un proceso, según (Cabanillas, Resinas, & Ruiz-Cortés, 2012) el acrónimo RASCI hace referencia a:

- Responsable (R): Persona responsable de ejecutar una acción de principio a fin, generalmente debe reportar el fin de la acción a un superior.
- Aprobador (A): Responsable de aprobar las actividades realizadas por los responsables, solo debe existir un aprobador por cada actividad.
- Consultor (C): Persona a la cual se le realizan consultas durante la ejecución de las tareas.
- Soporte (S): Alguien que apoya un rol ejecutivo en un proceso, contribuyendo a la implementación de una tarea en un proceso. Bien podría ser un sustituto.
- Informado (I): La persona informada solo recibe actualizaciones del proceso en una actividad.

## **2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes**

Durante el 2021 en el área de sub-ensambles se realiza un proyecto similar.

### **2.4.1 Título**

“Proyecto Mejora cuello botella de *Pigatil* de Sub-ensamble”

### **2.4.1 Problemática**

La estación de *Pigatil* representa el primer cuello de botella del area de sub-ensamble.

### **2.4.2 Alcance**

Estación 1 de Sub-ensamble.

### **2.4.3 Meta del proyecto**

Producción: Incrementar el *rate* de producción de 16/hr a 20/hr, para así maximizar los recursos y obtener una mejora en eficiencia de 0.5%

### **2.4.4 Riesgos**

- La NO participación de todos los involucrados
- Falla en validaciones/pruebas
- Priorización de documentos
- Disponibilidad Budget

### **2.4.5 Suposiciones**

El equipo *Kaizen* estará dedicado y comprometido con la ejecución y seguimiento de las acciones derivadas del evento

### **2.4.6 Beneficios**

- Promover la cultura de mejora continua
- Experiencia en identificación y eliminación de desperdicios
- Aumento de capacidad
- Mejora en eficiencia

### **2.4.7 Partes Interesadas**

- Gerentes de PU
- Miembros de CT
- Operarios de los procesos

### **2.4.8 Criterios de finalización**

Alcanzar las metas de producción propuestas

### **2.4.9 Resumen del proyecto**

Durante un ejercicio de *kaizen* en la estación de *Pigtail* del área de subensamble, un grupo interdisciplinario formado por ingenieros de producción, industrial, calidad, manufactura, seguridad y entrenamiento realizan el análisis de tiempos en la estación para poder incrementar la capacidad de la estación. En primera instancia el enfoque se basó en cómo se lograba sacar más unidades por hora con los mismos recursos productivos, llámese operarios de producción, equipos y herramientas de ensamble, para mejorar la productividad de la línea. Este ejercicio fue realizado durante cuatro días,

donde el grupo primero analizo la situación actual, y basado en esto empiezo a mapear mejoras sobre la observación en el piso de producción de las diferentes tareas que realizaba el operario de producción y les iba dando peso por tiempo y por complejidad para ir creando planes de acción sobre cada una de ellas. El resultante final después del uso de metodología *Kaizen* es que la estación logro pasar de sacar 16 unidades por hora a sacar 20 unidades por hora y con esto mejoro el uso del recurso operativo y se pudo destinar a otras operaciones del área de subensamble.

Para este proyecto se utilización herramientas ingenieriles como, estudio de movimientos, análisis de desperdicios (movimientos, transporte, inventario, espera), matriz de Impacto y Esfuerzo. El uso de estas herramientas y la implementación de metodología *Kaizen* sirven como referencia para el proyecto a realizar en línea 1. (Vincent, Julian 2021)

#### **2.4.10 Grupo dueño del proyecto**

Supervisor Producción: Julian Vincent

Ingeniero Calidad: Valeria Solano

Ingeniero Manufactura: Carolina Salazar

Ingeniero Industrial: Bryan Arias

Ingeniera Seguridad: Paula Garita

Ingeniera de Entrenamiento: Miriam Ramirez

### **III. Marco Metodológico**

### 3.1 Metodología para la definición del problema

En esta sección se describe la metodología que fue utilizada en el proyecto. Durante el desarrollo del trabajo se utilizó la metodología DMAIC la cual se enfoca en la mejora incremental de los procesos. El acrónimo de esta se compone de las iniciales de los pasos a seguir, los cuales son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Según (Minetto, 2021) la metodología DMAIC se esquematiza de la siguiente manera.

- **Definir:** Esta es la primera etapa y consistió en definir el problema a estudiar, el impacto que está teniendo el mismo en la organización, así como definir los objetivos y alcances.
- **Medir:** Esta etapa consistió en medir los aspectos claves de la situación actual del proceso y recolectar información relevante.
- **Analizar:** Se analizaron los datos recolectados para verificar las relaciones de causa y efecto. Lo importante en esta etapa fue reconocer la causa raíz del problema. En la mayoría de los casos cuando se analiza un proceso existen varias causas raíz, por lo que se debe priorizar. Generalmente al analizar un proceso varias posibles causas raíz se identifican, pero la clave para el éxito de este paso fue priorizar y validar la causa raíz del problema a tratar, el resultado de este paso fue encontrar oportunidades de mejora.
- **Mejorar:** Luego de identificar las oportunidades de mejora se formularon las soluciones para eliminar la causa raíz del problema. Primero se identificaron las posibles soluciones para corregir y evitar la causa raíz del problema.
- **Controlar:** Lo esencial de este paso fue controlar las acciones del plan de acción, para esto fue fundamental que se definieran criterios de control como, por ejemplo, listas de verificación, metas y estadísticas para servir como fuente de información para el monitoreo de la implementación de las acciones.

El proyecto, centrado en identificación de mudas y desperdicios en la Línea 1 en *Boston Scientific* y las consecuentes mejoras de estas, se desarrolló a partir de cuatro etapas: Situación actual, Propuestas de mejora, Plan de implementación y Análisis económico de las propuestas. A cada una de las etapas se le atribuye un objetivo sobre el cual se tomaron acciones. El Cuadro No.7 muestra un segmentado a partir de los objetivos específicos incluyendo las actividades por llevar a cabo en cada uno, el resultado esperado y las herramientas utilizadas.

**Cuadro No. 7 Cuadro Metodológico**

<b>Etapas</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Herramientas</b>
<b>Definir</b>	1. Recopilación visual del funcionamiento del proceso.	<b>1.1.</b> Se realizaron visitas diarias al área de ensamble final de la línea 1.	Recopilación visual del funcionamiento del proceso.	<i>Gemba Walk</i> Observación Entrevista a los operarios y PBIV de la línea Lluvia de ideas SIPOC Diagramas de flujo de proceso
		<b>1.2.</b> Se dio la explicación del proceso por el supervisor encargado de la línea 1 y operarios de las áreas.	Recopilación de información relevante del proceso y la meta que se quiere	
		<b>1.4.</b> Se dio la observación de la descripción del flujo de proceso	Mapeo del flujo del proceso.	

### 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

<b>Etapas</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Herramientas</b>
<b>Medir</b>		<b>2.1.</b> Se tomaron tiempos de todos los procesos de Línea 1 en área de Ensamble Final	Tiempos estándar de los procesos	<i>Gemba Walk</i> Premuestreos Estudio de Tiempos Definición de Tiempos estándar
			Balance de cargas actual de la línea	
			Productividad actual	

2. Medir el proceso que genera mayor afectación a la métrica de la Línea Ensamble Final			Capacidad de producción actual	Cálculo de productividad de la línea Cálculo de desviación estándar Cálculo del número de las muestras
	2.2. Se analizaron los métodos de trabajo de los operarios		Conocer si el método de trabajo empleado por los operarios se sigue como el manual del proceso.	Observación y entrevista a los operarios Diagramas de flujo de proceso Diagramas de recorrido
			Representación del lugar donde se efectúan los procesos determinados y el trayecto seguido por los operarios, materiales y máquinas a fin.	
2.3. Se midieron las condiciones de trabajo en términos de productividad		Determinación de los tipos de desperdicios que afectan la productividad de la Línea 1 Ensamble Final como las causas	Lista de verificación de desperdicios Lean <i>Manufacturing</i> Entrevista a PBIV	

### 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Etapa	Objetivo	Actividades	Resultados	Herramientas
Analizar		3.1. Se planteo las posibles propuestas de mejoras para los desperdicios identificados	Eliminar las actividades que no generan valor al proceso productivo. Determinación de mejoras en el proceso en aspectos de desperdicios	<i>Gemba Walk</i> Entrevistas a Operarios  5W2H
		3.1. Se analizo el muestreo de tiempos de la línea	Identificación de la estación o estaciones	Análisis de Cargas

<p><b>3.</b> Analizar los datos recolectados, causas de desperdicios, oportunidades de mejora para disminución de desperdicios que afectan la métrica de la línea 1.</p>		que generan cuellos de botella	Cálculo de productividad
		Determinar la medición de la productividad de la línea	
	<p><b>3.3.</b> Se evaluó la capacidad productiva de la línea</p>	Identificar y evaluar los indicadores que ayudarán a medir los distintos factores importantes que se involucren en el enfoque al cual se está orientando el proyecto	Estudio de tiempos
	<p><b>3.4.</b> Se resalto las fuentes de desperdicio</p>	Mapear la cadena de valor y establecer mejoras en el flujo de producción	Diagrama Bimanual Observación

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Etapa	Objetivo	Actividades	Resultados	Herramientas
<b>Mejorar</b>	<p><b>4.</b> Diseñar propuestas de mejora que disminuyan los tiempos improductivos</p>	<p><b>4.1.</b> Se efectuaron propuestas de mejora a partir de los desperdicios encontrados en la línea 1 como otros aspectos encontrados</p>	Consecuencias positivas para aumentar productividad y producir ahorros de tiempo como de costos.	Diagrama de recorrido Plan 5 s Diagramas bimanuales Estudio de tiempos
		<p><b>4.2.</b> Se dio involucramiento de los operarios de la línea</p>	Desarrollo de ideas de mejora para implementarlas en el plan de soluciones	Entrevistas a Operarios

### 3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Etapa	Objetivo	Actividades	Resultados	Herramientas
Controlar	5. Elaborar plan de implementación y control de las soluciones	5.1. Se analizo la viabilidad técnica, operativa y económica	Estudio de factibilidad para la línea 1 a lograr sus objetivos y cubrir las metas con los recursos actuales	Análisis de factibilidad: costo- beneficio
		5.2. Se confecciono el plan de implementación y control para el proyecto	Plan de implementación de las soluciones	Diagrama Gantt Matriz RASCI
			Plan de control de las soluciones	

Fuente: Elaboración propia

## **IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## 4.1 Diagnóstico de la situación actual

En el presente capítulo se estructura el modelo a seguir para el diagnóstico de la situación actual del proyecto, el cual se muestra en la Figura No. 6.

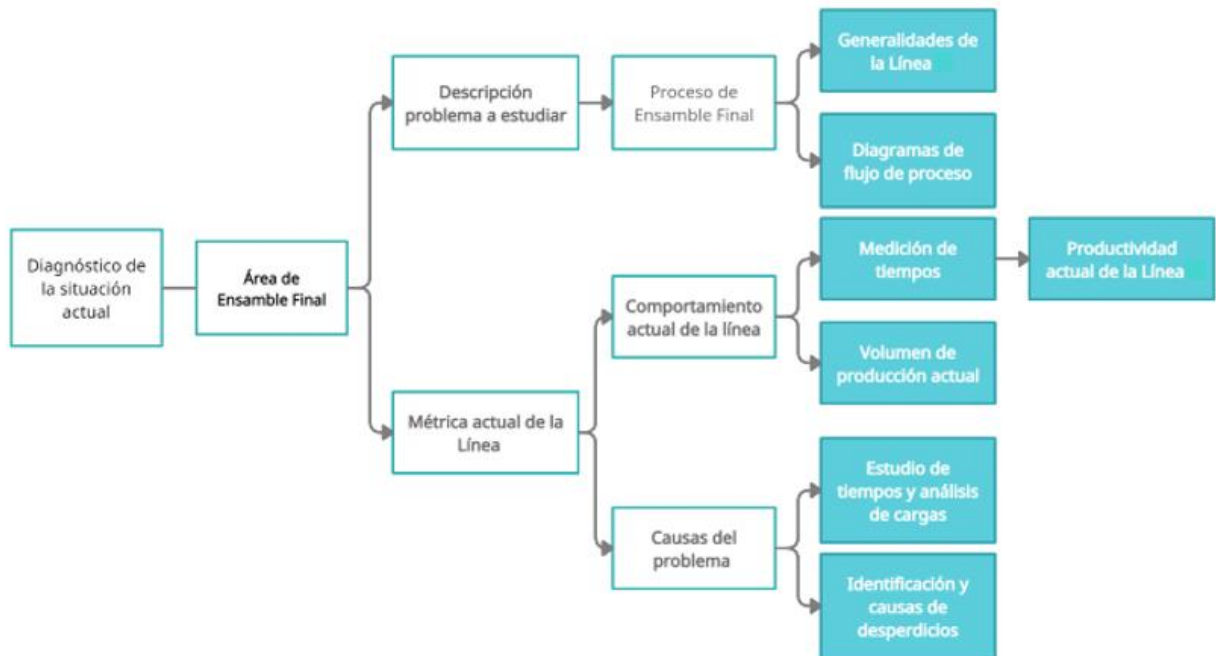


Figura No. 6 Modelo de desarrollo de la situación actual

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el diagnóstico de la situación actual enfocado en el área de Ensamble Final de la Línea 1 de *Boston Scientific* durante el año 2022, el cual se plantea para determinar la problemática existente en la empresa y conocer cuáles son las causas y los factores que intervienen en la productividad de la Línea 1.

Inicialmente, se realiza una entrevista al PBIV y al Supervisor de Producción encargado para entender el proceso general de la Línea 1, es decir todas las áreas que la conforman que son área de Subensamble, Ensamble

Final y Empaque Final. De esta manera se logra entender desde donde comienza el proceso productivo del catéter hasta donde termina una vez ya empacada la unidad.

Concluida esta primera parte, se realizan *Gemba Walks* en donde se llevan a cabo las operaciones del área a estudiar correspondiente a Ensamble Final, lo anterior es para realizar entrevistas a los operarios y así conocer propiamente del proceso. De esta manera, los operarios proceden a detallar qué es lo realizan en su puesto de trabajo, en qué consiste cada proceso, cuáles son sus responsabilidades y cómo funcionan las herramientas y equipos que utilizan. 4

Como cierre para esta etapa de entrevistas, se utiliza la herramienta de lluvia de ideas con el objetivo de generar un contenido de cómo funciona el proceso general de la Línea 1, de las características generales que la componen, así como la descripción de pasos de cada proceso.

Utilizando información de lo anterior, se documenta en un SIPOC como lo muestra la Figura No.5, el proceso general de manera ordenada para un mayor entendimiento de cómo funciona y se efectúan los procedimientos de producción y exportación en la Línea 1 involucrando una serie de parámetros elementales como el proveedor, entrada, una serie de procesos con una salida y resultado final satisfaciendo a un cliente.

Se caracterizan los procesos de manufactura del área de Ensamble Final por medio de diagramas de flujo de proceso y se diagnostica el estado actual de cada estación a través del estudio de tiempos donde se realizan 5 premuestras a los operarios requeridos en cada estación activa del área para luego obtener el tiempo promedio por proceso, así como el tiempo por unidad de cada proceso, las unidades producidas por el operario y estaciones activas tanto como las unidades producidas por turno. De esta manera se espera hallar las posibles problemáticas del área estudiada.

Una parte fundamental para realizar el estudio estadístico es obtener resultados confiables y que puedan ser aplicables. A la hora de determinar el tamaño que debe alcanzar una muestra se toma en cuenta varios factores: el error de la muestra, el nivel de confianza y la desviación estándar.

## **4.2 Descripción problema a estudiar**

Se elabora la base de planificación del proyecto, el *Project Charter* que se encuentra en el Apéndice 1. Este contiene una descripción básica del proyecto donde se define el caso de negocio, el problema a estudiar, la oportunidad de mejora, el alcance de la operación, miembros del equipo, el tiempo y las consecuencias a estudiar tanto como las personas/departamento interesadas en el proyecto.

## **4.3 Caracterización del proceso productivo de la Línea 1**

Esta segunda etapa, consiste en caracterizar el conjunto de operaciones y procedimientos requeridos que realiza el área de Ensamble Final para manufacturar el catéter de mapeo. Para ello se toman en cuenta lo siguiente.

### **4.3.1 Proceso productivo del área de Ensamble Final**

El proceso productivo de la Línea 1 de Ensamble Final se reduce en los diagramas de flujo de proceso realizados que se encuentran en los Apéndices 2 al 11; funcionando como una representación gráfica de cada proceso ya que se visualiza cada paso que sigue el proceso.

En cada diagrama de flujo de proceso de cada proceso del área estudiada, se identifica y registra en secuencia cada movimiento básico de la operación donde se asigna una actividad para cada paso según corresponda, esto con el fin de documentar el proceso a medida que fluye de inicio a fin para mostrar las relaciones entre los pasos.

### **4.3.2 Distancias recorridas por operarios y tiempos por proceso**

Por medio de los diagramas de flujo de proceso se mide la distancia que recorre el operario desde que inicia el proceso hasta que termina, estas distancias y tiempos son colocados por cada paso del proceso para desglosar el tiempo y distancia total de cada

proceso. En el Cuadro No.8 se muestra el desglose total por proceso de distancia recorridas por metros y el tiempo valorado de manufactura por unidad.

**Cuadro No. 8 Desglose de actividades de diagramas de flujo de proceso y distancias recorridas- tiempos por proceso**

Proceso	Actividades					Tiempo (min)	Tiempo (%)	Distancia (m)	Distancia (%)
	○	□	◻	➡	△				
1. Prueba Eléctrica del cableado	12	1	0	2	0	6.52	6%	3	6%
2. Coil Coating del cableado	11	2	0	2	0	5.56	5%	3.5	7%
3. Instalación del deployment y sensor	8	1	1	2	0	17.64	16%	6	12%
4. Ensamblaje del Array	12	0	3	2	0	23.28	21%	4	8%
5. Unión de cables y ensamblaje de cobertores	8	3	6	4	0	34.95	32%	18.5	37%
6. Soldado del Sensor y Conector	7	1	2	2	0	9.38	9%	5	10%
7. Pruebas de fuga y flujo	7	1	0	2	0	1.95	2%	1.35	3%
8. Inspección funcional	2	2	2	2	0	2.06	2%	3.6	7%
9. Prueba eléctrica	5	1	6	2	0	2.24	2%	2	4%
10. Inspección visual y fotos	4	2	1	3	0	5.02	5%	3.3	7%
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>108.6</b>	<b>100%</b>	<b>50.25</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir del Cuadro No.8 se evidencia que el proceso que mayor distancia recorre el operario es el número 5, Unión de cables y ensamblaje de cobertores con 18.5 metros representando un 37% del total de distancia de toda el área de Ensamble Final, siendo también el proceso que mayor transporte tiene con 4 de ellos por ende mayor tiempo, representando un 32% del total del tiempo del proceso.

#### 4.3.3 Generalidades de procesos de Ensamble Final

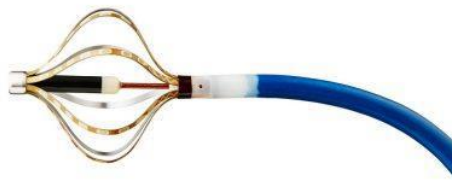
A continuación, se explica de manera general en que consiste cada proceso.

- **Prueba eléctrica del cableado:** En este proceso se verifica en los componentes eléctricos que no existan defectos cosméticos ni daños, es decir que estén dentro

de las especificaciones establecidas. Luego de su debida inspección, se conectan los componentes eléctricos al equipo de testeo eléctrico para asegurar que los circuitos internos del catéter estén en cumplimiento con las especificaciones.

- **Recubrimiento protector del cableado:** Este proceso consiste en aplicar un recubrimiento protector a las bobinas que cubren los cables que activan la curva bidireccional del catéter.
- **Instalación del *Deployment*<sup>3</sup> y sensores:** En este proceso se enhebra el sistema de actuación de la tarjeta eléctrica junto con el sensor principal a través del catéter, para luego colocar y pegar un tubo protector en la parte distal del sensor de la unidad.
- **Formado del *Array*:** Para este proceso, con la ayuda de un mandril se elabora la forma característica de canasta, el *Array* del catéter.

La característica principal y la más importante del catéter es el *Array* ya que es el encargado de censar mediante sus 64 electrodos los impulsos eléctricos de las paredes/venas del corazón, este se muestra en la Figura No.7.



**Figura No. 7 *Array* del catéter de la Línea 1**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2021**

---

<sup>3</sup> *Deployment*: Tarjeta eléctrica del catéter sin ser transformada en forma cilíndrica.

- **Unión de cables y ensamblaje de cobertores:** Este proceso inicia grabando la información de la unidad en el cobertor inferior del catéter con la máquina láser, para posteriormente colocar y pegar en su posición el cableado eléctrico del catéter y el sistema de irrigación que actúan la curva del catéter. Además, se termina de ensamblar el sistema de mecanismo del catéter para cerrar con los dos cobertores.
- **Soldado del sensor y conector:** Esta es la última estación de Ensamble Final en la cual se desforran y sueldan los cables del sensor enhebrados a través del catéter a la tarjeta eléctrica para luego colocar el conector en su cubierta con adhesivo especial y así, asegurar su posición.
- **Pruebas de fuga y flujo:** En este proceso se conecta la unidad al equipo para comprobar que la integridad del sistema de irrigación cumpla con las especificaciones verificando los niveles de fuga y oclusión del catéter.
- **Inspección funcional:** Se verifica que las medidas, geometría y funcionalidades mecánicas del catéter se cumplan.
- **Prueba eléctrica:** Se verifica que la integridad de los componentes eléctricos del catéter este en óptimas condiciones según las especificaciones luego de pasar por el proceso de Ensamble Final.
- **Inspección visual y fotos:** En este proceso se verifica que en el catéter no existan defectos cosméticos y que cumplan con las especificaciones establecidas, además se guarda como evidencia la integridad del Array a la hora de salir del área de Ensamble Final.

#### 4.3.4 Generalidades de la Línea 1

Es importante tener en cuenta las generalidades con las que cuenta la Línea 1, estas se muestran a continuación.

- Actualmente, la jornada laboral de Turno A se maneja de forma acumulativa con 9.5 horas diarias de lunes a viernes de 6:00 a.m. a 3:30 p.m. representando 47.5 horas semanales y la jornada laboral en Turno B es de 6.5 horas de lunes a viernes de 3:30 p.m. a 10:00 p.m. y, sábados 7.5 horas de 7:00 a.m. a 2:30 p.m. representando 40 horas semanales.
- En Turno A en Línea 1, trabajan 32 operarios y se encuentran divididos en las diferentes áreas de la línea, que son: Subensamble, Ensamble Final y Empaque. Lo anterior se desglosa de la siguiente manera en el Cuadro No. 9.

**Cuadro No. 9 Desglose de trabajadores por áreas de Línea 1**

Turno A	
Función	Cant. personas
Operarios Subensamble	9
Operarios Ensamble Final	15
Operarios Empaque Final	8
<b>Total</b>	<b>32</b>

Fuente: *Boston Scientific, 2022*

- En Turno B trabajan 11 operarios ya que solamente se trabaja en el área de Ensamble Final.

- En cada turno se encuentra un Supervisor de Producción, un PBIV, Técnico en calidad, Técnico de manufactura e ingeniero de entrenamiento de procesos.
- El área de Ensamble Final cuenta con 10 operaciones diferentes y cada operario que se encuentra en una estación de cualquier área se encuentra certificado para realizar los procedimientos. Para un operario obtener esta certificación debe cumplir con todo un proceso de entrenamiento de 3 meses y después un periodo de prueba supervisado por algún operario actualmente certificado, esto con el objetivo de garantizar el cumplimiento de forma permanente y claro del proceso sin haber mucha variabilidad en el tiempo de operación.
- Las horas efectivas en *Boston Scientific* debido a la pandemia son de 7.5 en Turno A y en Turno B de 5.1. Para Turno A se toma en cuenta suplementos fijos como los tiempos de comida de 30 minutos para el desayuno, 50 minutos para el almuerzo y 20 minutos de hora de café mientras que para el Turno B hay 1 hora repartida en todo el turno. Para efectos de detalle, en “cambio de turno” se toman en cuenta factores de protocolo debido al COVID-19 como lo son los siguientes: lavado de manos cada vez que se ingresa al cuarto limpio, limpieza de cada instrumento, herramienta o aparato que se ingresa al cuarto limpio, cambio de mascarillas incluyendo el distanciamiento en el *Gowning*<sup>4</sup> por lo que la capacidad no está en su máximo.

---

<sup>4</sup> *Gowning*: Es un área donde todos los miembros de la empresa deben completar antes de cada operación para entrar al cuarto limpio donde se coloca una bata quirúrgica estéril, cofia, cofia escafandra, mascarilla nueva, posteriormente lavado de manos y colocación de un par de guantes para crear un ambiente aséptico.

**Cuadro No. 10 Horas efectivas *Boston Scientific* Turno A y Turno B**

<b>Tiempo disponible</b>			
<b>Detalles</b>	<b>Turno A (h)</b>	<b>Turno B (Entre semana) (h)</b>	<b>Turno B (Sábado) (h)</b>
<b>Horas de trabajo</b>	9.5	6.5	7.5
<b>Comidas</b>	1.7	1.0	1.0
<b>Cambio de turno</b>	0.4	0.4	0.4
<b>Horas efectivas de trabajo</b>	7.5	5.1	6.1
<b>Total semanal</b>	37.5	25.5	6.1

Fuente: Brindado por *Boston Scientific*, 2022

- La producción de unidades de la Línea 1 en el área de Ensamble Final se muestra en el Cuadro No.11 donde se evidencia que el total de unidades diarias en ambos turnos es de 1.7

**Cuadro No. 11 Producción de unidades diarias Línea 1 Ensamble Final**

<b>Producción de unidades de Línea 1 en Ensamble Final</b>					
<b>Turno</b>	<b>Unidades producidas por hora por operario</b>	<b>Estaciones activas</b>	<b>Tiempo Productivo Efectivo (h)</b>	<b>Cantidad días</b>	<b>Total de unidades por turno</b>
<b>A</b>	1.7	4	7.5	1	51.5
<b>B</b>	1.7	3	5.1	1	26.5
<b>Total diario</b>					<b>78</b>

Fuente: Brindado por *Boston Scientific*, 2022

#### 4.3.5 Diseño del área del trabajo

El extracto del plano del área de trabajo de Ensamble Final se muestra en la Figura No. 8, en este se observa la cantidad de estaciones de trabajo existentes por proceso, en color amarillo los IPK5 de las estaciones como también la mesa del Core Team, mesa

---

5 IPK: In Process Kanban, carrito diseñado para colocar las unidades procesadas de una estación a otra para seguir siendo procesada

de ME<sup>6</sup>, jaula de cuarentena de unidades y almacenamiento de materiales. Se detalla con flechas en color negro el orden del flujo de proceso de la línea de inicio a fin.

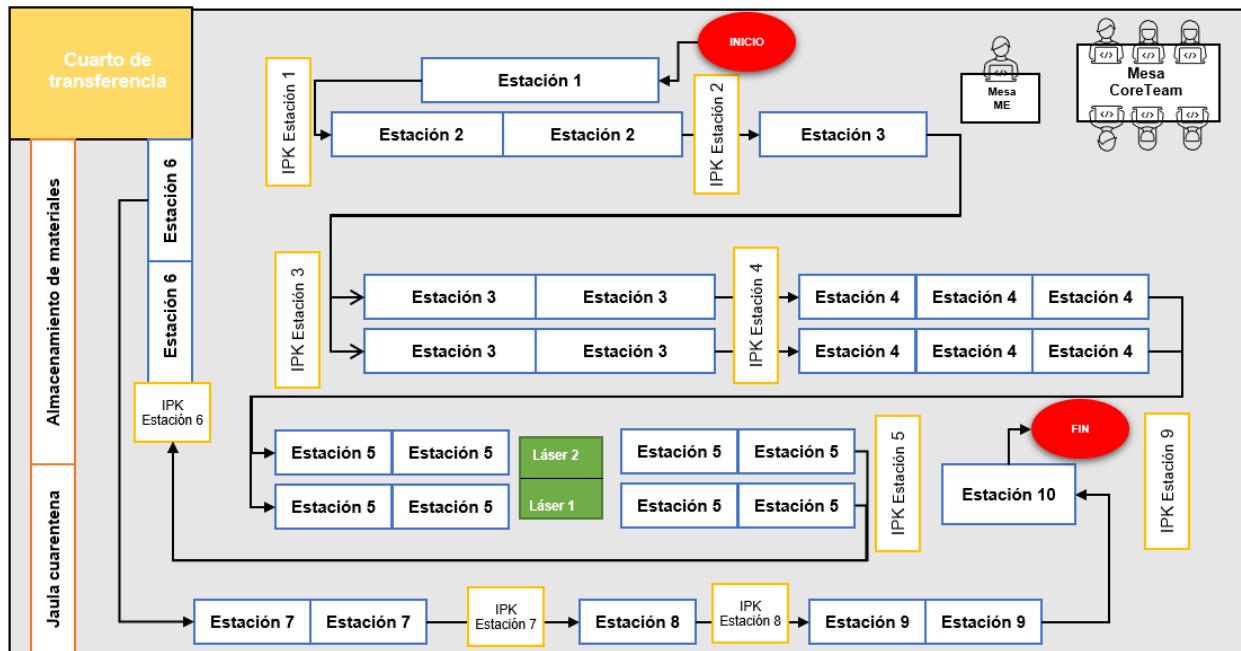


Figura No. 8 Plano del área de trabajo del área de Ensamble Final

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.6 Cálculo de número de muestras

Como primer paso de este apartado, se realiza la medición del trabajo del área de Ensamble Final con 5 premuestras de tiempos efectivos a los operarios calificados encargados de cada estación, estas se muestran en el Apéndice 12 para Turno A y en el Apéndice 13 para Turno B. Estas se realizan con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo estándar para efectuar cada proceso según el método establecido.

Para tener un buen control sobre el proceso de montaje del análisis de la situación actual es imprescindible tener datos robustos y flexibles de tiempos. Una vez se obtienen los tiempos efectivos por cada proceso, se calcula la desviación estándar, se conoce la medida de dispersión de los datos con respecto a la media y la variación general del

<sup>6</sup> ME: Manufacturing Engineer, Ingeniero de Manufactura

proceso. Luego se realiza el cálculo del tamaño de la muestra ya que es un proceso vital debido a que, de este depende en gran medida el nivel de confianza del estudio de tiempos. El método estadístico utilizado para determinar el número de muestras es el siguiente.

$$N: \frac{(S * (t)^2)}{(e)^2}$$

*Siendo:*

*t: Nivel de confianza t student*

*e: Error de la muestra*

*S: Desviación estándar*

Para darle peso estadístico al cálculo del tiempo valorado se utiliza la tabla de T Student que se muestra en el Anexo 1, para un valor de 95% de Nivel de Confianza que representa un 2.06 y el error de la muestra un 0.05, es decir 5%. En el Cuadro No.12 se ubica el valor correspondiente al número de muestras por estación realizadas para obtener un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión del  $\pm 5\%$  en Turno A y en el Cuadro No. 13 para el Turno B.

**Cuadro No. 12 Cálculo de número de muestras Turno A**

Cálculo de número de muestras Turno A				
Estación	Tiempo estándar promedio (min)	Desviación estándar (min)	N° muestras	Variación entre muestras
1	6.52	0.08	0.25	1.35%
2	5.56	0.03	0.03	1.40%
3	17.64	0.10	0.06	1.33%
4	23.36	0.35	0.38	1.08%
5	34.95	0.63	0.54	0.80%
6	9.38	0.16	0.47	1.27%
7	4.01	0.03	0.10	1.40%
8				
9	7.26	0.05	0.08	1.38%
10				

**Fuente: Elaboración propia**

Un aspecto importante que se sustrae del Cuadro No.12 es que hay de un 0.80% a un 1.40% de variabilidad en el cálculo de la desviación estándar, lo que quiere decir que la medida de dispersión de los datos es muy baja por lo que la muestra también lo es, como así lo evidencia la celda "N° de muestras" donde se observa que las muestras no sobrepasan las 0.54.

Por otro lado, otro aspecto significativo en Turno B es que el tiempo valorado promedio de los procesos 7, 8, 9, y 10 se toman en uno solo ya que todos ellos son realizados solamente por un operario de manera continua como un solo proceso, esto se debe a que el volumen de unidades, personal y tiempo efectivo es menor en Turno B por lo que las tareas se simplifican. En el Cuadro No. 13 se muestra el cálculo de muestras de Turno B.

**Cuadro No. 13 Cálculo de muestras Turno B**

<b>Cálculo de número de muestras Turno B</b>				
<b>Estación</b>	<b>Tiempo valorado promedio (min)</b>	<b>Desviación estándar (min)</b>	<b>N° muestras</b>	<b>Variación entre muestras</b>
1	6.38	0.11	0.49	1.39%
2	5.48	0.06	0.21	1.44%
3	17.39	0.12	0.08	1.38%
4	23.00	0.40	0.50	1.10%
5	34.63	0.57	0.45	0.93%
6	9.36	0.12	0.28	1.38%
7				
8				
9	11.23	0.12	0.17	1.38%
10				

**Fuente: Elaboración propia**

Como se logra evidenciar en el Cuadro No.13, Turno B presenta una misma baja dispersión de datos que Turno A con una variación entre muestras de un 0.93% a un 1.44% y un número de muestras que no superan las 0.50.

En los procesos siempre se van a presentar variaciones ya que en ellos intervienen diferentes factores a través de las 6 M. La variación se encuentra día a día, lote a lote y es aportada de forma natural por las condiciones de las 6M. Sin embargo, los porcentajes de variación plasmados en el Cuadro No.12 y 13 son bajos y esto es debido al completo entrenamiento que se les brinda a los operarios durante un periodo de 3 meses posterior a un periodo de prueba para finalmente certificarse en el proceso correspondiente. Lo anterior es de suma importancia para entender que los métodos de entrenamiento a los operarios son claves para esa poca variabilidad en los tiempos de trabajo.

### 4.3.7 Análisis de cargas

En el Cuadro No. 14 se muestra el desglose de los elementos utilizados para realizar el estudio de tiempos del Turno A y en el Cuadro No. 15 el del Turno B.

**Cuadro No. 14 Desglose de actividades y estudio tiempos de las estaciones del área de Ensamble Final Turno A**

Estudio de tiempos Área Ensamble Final Turno A								
Proceso	Número de encargados por estación	Número de estaciones activas	Número de estaciones existentes	Tiempo valorado por unidad (min)	Tiempo valorado por estación activa (min)	Unidades producidas por hora por operario	Unidades producidas por hora por estación activa	Unidades producidas por jornada
1. Prueba eléctrica del cableado	1	1	1	6.52	6.52	9.2	9.2	69.0
2. Recubrimiento protector del cableado	1	1	2	5.56	5.56	10.8	10.8	80.9
3. Instalación del Deployment	1	3	5	17.64	5.88	3.4	10.2	76.5
4. Formado del Array	1	3	6	23.36	7.79	2.6	7.7	57.8
5. Unión de cables y ensamblaje de cobertores	1	4	8	34.95	8.74	1.7	6.9	51.5
6. Soldado de sensores y conectores	1	1.2	2	9.38	7.82	6.4	7.7	57.6
7. Pruebas de fuga y flujo	1	1	2	1.95	4.01	15.0	15.0	112.2
8. Inspección funcional			1	2.06				
9. Prueba eléctrica	1	1	2	2.24	7.26	8.3	8.3	62.0
10. Inspección visual y fotos			1	5.02				
<b>Total</b>		<b>15.2</b>	<b>30</b>	<b>108.68</b>	<b>53.57</b>			<b>51.5</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro No. 15 Desglose de actividades y estudio tiempos de las estaciones del área de Ensamble Final Turno B**

Estudio de tiempos Área Ensamble Final Turno B								
Proceso	Número de encargados por estación	Número de estaciones activas	Número de estaciones existentes	Tiempo valorado por unidad (min)	Tiempo valorado por estación activa (min)	Unidades producidas por hora por operario	Unidades producidas por hora por estación activa	Unidades producidas por jornada
1. Prueba eléctrica del cableado	1	1	1	6.38	6.38	9.4	9.4	49.8
2. Recubrimiento protector del cableado	1	1	2	5.48	5.48	10.9	10.9	58.0
3. Instalación del Deployment	1	2	5	17.39	8.70	3.5	6.9	36.6
4. Formado del Array	1	2	6	23.00	11.50	2.6	5.2	27.7
5. Unión de cables y ensamblaje de cobertores	1	3	8	34.63	11.54	1.7	5.2	27.5
6. Soldado de sensores y conectores	1	1	2	9.36	9.36	6.4	6.4	34.0
7. Pruebas de fuga y flujo	1	1	2	11.23	11.23	5.3	5.3	28.3
8. Inspección funcional			1					
9. Prueba eléctrica			2					
10. Inspección visual y fotos			1					
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>30</b>	<b>107.47</b>	<b>64.19</b>			<b>27.5</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez registrados los tiempos valorados de trabajo y actividades correspondientes se analizan los datos y se determina lo siguiente a partir del Cuadro No. 14 del Turno A y del Cuadro No.15 del Turno B.

- En la Línea 1 en el Área de Ensamble Final no existe un equilibrio entre unidades producidas por estaciones activas. Se están presentando desbalance en la línea de producción.
- La restricción actual del área de Ensamble Final es de 1.7 unidades por hora y esta es establecida por el proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobtores ya que representan la cantidad más baja de unidades producidas por jornada efectiva de trabajo por estaciones activas con 6.9 unidades en Turno A y 5.2 unidades en Turno B, cabe mencionar que este proceso representa el cuello de botella del área.
- El mayor tiempo valorado por estación activa del Turno A es en el proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobtores con 8.74 min y en el Turno B, el mismo proceso con 11.54 min aproximadamente. Esta diferencia de tiempos se debe a la agilidad de los operarios de cada turno.
- El tiempo valorado por hora para crear una unidad de forma continua entre todas las estaciones es de 1.81 horas en Turno A y 1.79 horas en Turno B.
- La cantidad de unidades producidas por jornada en Turno A es de 51.5 unidades y 27.5 unidades en Turno B que al convertirlo en horas por operario representan 1,7 en ambos casos, demostrando que entre turnos hay una repartición equitativa de la carga.

La finalidad de establecer el análisis de cargas es para evaluar el rendimiento actual del área de Ensamble Final y así investigar, reducir tiempos improductivos, ya que esto repercute en la utilización de más recursos, más horas de trabajo, por ende, más gastos.

#### **4.3.8 Identificación y clasificación de los 8 desperdicios**

Una vez identificado el mayor cuello de botella del área, nace la necesidad de identificar los desperdicios generados en el proceso de Unión de Cables y ensamblaje de cobertores y para esto, se genera una lista de verificación de desperdicios *Lean Manufacturing* que se encuentra en el Cuadro No. 16, que funciona como un formulario plantilla de ayuda para rastrear cada tipo de desperdicio en el proceso.

Para aplicar esta lista de verificación se realizaron *Gemba Walks*, que consiste en desplazarse al lugar donde suceden los eventos de manufactura en este caso el área de Ensamble Final en la estación perteneciente al proceso de Unión de Cables y ensamblaje de cobertores, esto para observar a más detalle el proceso, entender la manera en que se está desarrollando el trabajo, hacer las preguntas de la lista y así luego, realizar un enfoque en la clasificación de las mudas encontradas. Lo anterior también se enfoca en poder identificar el valor agregado en el proceso, buscar entender “¿por qué se están realizando las cosas de esta manera?” y así, crear oportunidades de mejora de lo que se identificó en su respectivo capítulo.

Una vez que las mudas hayan sido identificadas, se debe detonar las acciones correctivas para finalmente eliminar las causas. Por lo que, para cada desperdicio identificado, se realiza un estudio a más profundidad de las causas.

**Cuadro No. 16 16 Lista de verificación de desperdicios *Lean Manufacturing***

Lista de verificación de desperdicios <i>Lean Manufacturing</i>			
Proceso: Unión de cables y ensamblaje de cobertores	Unión de cables y ensamblaje de cobertores	Área	Ensamble Final
Realizado por: Francis Alvarado Rojas	Francis Alvarado Rojas	Fecha	03/18/2022
Preguntas	SI	No	Observaciones
<b>Sobreproducción</b>			
¿Se planea la producción con base a un pronóstico de ventas?	X		
¿La producción se hace a través de grandes lotes?		X	
¿Se producen unidades confirmadas como producto terminado para generar inventario?		X	
<b>Movimientos</b>			
¿Todos los materiales se encuentran al alcance del operario?		X	Ya que el espacio de la mesa de trabajo es muy reducido, el operario debe realizar muchos movimientos para alcanzar una herramienta o material a utilizar.
¿Los movimientos del operario en la estación de trabajo cumplen con los principios de economía de movimientos?		X	Realizan muchos movimientos por acomodo de herramientas por falta de espacio y por cámara utilizada
<b>Transporte</b>			
¿Existen muchos traslados que requiere el operario en su estación para cumplir el proceso?	X		Solo existe una máquina láser activa por este motivo se realizan largos transportes
<b>Esperas</b>			
¿El operario espera a que termine la estación anterior para continuar con el trabajo productivo?		X	
¿Hay espera en la estación de trabajo por falta de material, máquina descompuesta, mantenimiento, etc.?		X	
<b>Reprocesos</b>			
¿Se realiza en orden de pasos el procedimiento?	X		
¿Se tienen que volver a procesar las unidades para que puedan ser consideradas como unidades aceptadas y terminadas?		X	
<b>Defectos</b>			
¿Existe rechazo de unidades por defectos?	X		Este proceso identifica rechazos de unidades por procesos anteriores mal elaborados
<b>Talento Humano</b>			
¿Se toman en cuenta las sugerencias de ideas para mejorar el proceso por parte de los operarios?	X		

¿Existe alta rotación de los operarios en los procesos?	X		
---	---	--	--

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.9 Causas en la identificación de los desperdicios encontrados

Como objetivo a partir de la lista de verificación realizada y debidamente completada, se identifican los siguientes desperdicios con sus respectivas causas.

#### 4.3.9.1 Movimientos

Realizando un análisis de la causa raíz de realizar muchos movimientos, para alcanzar una herramienta a utilizar se logra identificar a partir de la Figura No.9 el mal uso de la mesa de trabajo ya que la canoa donde se colocan las unidades a procesar que se encuentra dentro del rectángulo rojo, está posicionada sobre la mesa de trabajo de la estación, lo que causa que el espacio utilizado para procesar la unidad sea reducido.



Figura No. 9 Estación de trabajo 5-Unión de cables y ensamblaje de cobertores, Ensamble Final

Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Unión de cables y ensamblaje de cobertores

Las dimensiones de la mesa de trabajo son de 61 cm de ancho y 2.30 cm de largo, pero esta se ve aprovechada por la colocación de la canoa que mide 20 cm de ancho y 1.73 cm de largo por lo que el espacio total de la mesa utilizado por el operario para procesar la unidad es de 41 cm de ancho, representando un 32.8% de la mesa de trabajo como espacio muerto. Por lo que, si el operario no encuentra una manera de adecuar las herramientas, la incomodidad para procesar la unidad es alta ya que el espacio en la mesa de trabajo se encuentra limitado.

En cuanto al espacio reducido de la mesa de trabajo por la colocación de canoa se ve también afectado por la colocación de las herramientas, ya que la canoa hace que haya una movilidad restringida de ellas como se señala en los círculos rojos. En la Figura No. 10 se muestra la colocación actual de las herramientas en la mesa de trabajo.



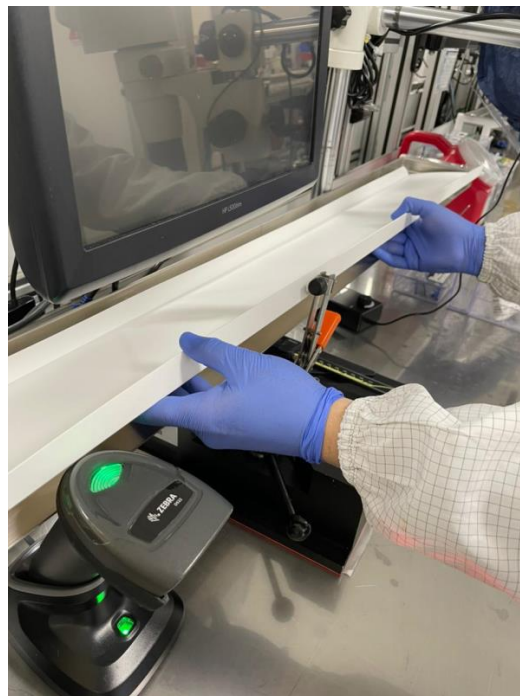
**Figura No. 10 Colocación actual de herramientas en estación de Unión de Cables y ensamblaje de cobertores**

**Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

Como se logra observar anteriormente, esta movilidad restringida de las herramientas por la colocación de la canoa hace que se sume aproximadamente 18 cm más de espacio muerto por las herramientas en la mesa de trabajo, teniendo un total de 23 cm de ancho efectivo para procesar la unidad, representando un 37.7% de espacio efectivo en la mesa de trabajo de un 100%. Este espacio reducido demostrado en el área de trabajo puede provocar incluso adopción de posturas incómodas tanto como des confort por incomodidad al realizar el proceso en los operarios.

Otra de las causas encontradas por la colocación de la canoa sobre la mesa de trabajo se debe a que el operario no tiene un óptimo alcance de la unidad. En la Figura No. 11 se muestra la forma en que el operario debe tomar la unidad de la canoa para retirarla y posteriormente colocarla sobre la mesa de trabajo y así ser procesada.

La mala colocación de la canoa y las herramientas en la mesa de trabajo, contribuyen a una poca y restringida libertad de movimientos para retirar la unidad tanto como la suma de tiempo por evitar que la unidad caiga al suelo.



**Figura No. 11 Colocación actual de canoa y herramientas de la estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

**Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

Otra causa de desperdicio en movimientos identificados en la estación de trabajo del debido proceso es producto de la cámara utilizada que se muestra en la Figura No.12.

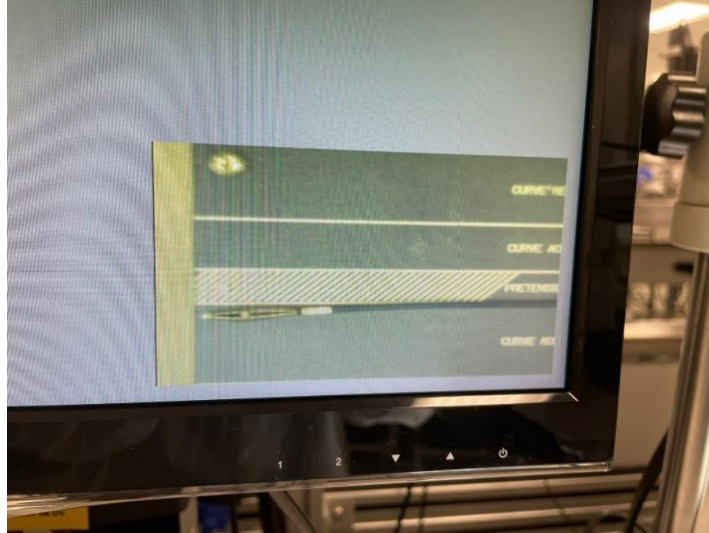


**Figura No. 12 Cámara utilizada en proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

**Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

Esta cámara tiene como función, la inspección del *Array* tanto como para confirmar la colocación correcta de este mismo a la hora de unir el cableado y componentes del catéter. El problema de la cámara se encuentra debido a lo siguiente:

- La cámara se localiza instalada de manera estática y al estar colocada a una altura de 34 cm de la unidad en la mesa de trabajo.
- La visibilidad del *Array* no se aprecia de manera clara por lo que se analizan dos factores contribuyentes: baja resolución de la cámara e imagen en pantalla en color amarillo por el tipo de lente de la cámara como se muestra en la Figura No.13.



**Figura No. 13 Imagen mostrada en pantalla de estación cuello de botella**

**Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

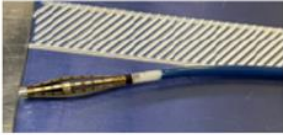
Debido a esto, el operario debe desplazarse con la silla hasta el *Array* para realizar la inspección por el mismo (manual) y no por medio de la cámara/pantalla, ocasionando que el operario realice movimientos que no están contemplados en el procedimiento ya que la cámara es parte de este.

#### **4.3.9.2 Análisis de movimientos**

Debido a todos los desperdicios encontrados en la lista de verificación de la estación del proceso Unión de Cables y ensamblaje de cobertores, se procede a realizar un análisis de movimientos en un diagrama Bimanual de las causas halladas para conocer el estado actual de las operaciones causantes de desperdicio de movimientos.

En el Cuadro No. 17 se muestra el diagrama Bimanual para la operación de Inspección y acomodo del *Array* con la cámara utilizada que se muestra en la Figura No.12.

**Cuadro No. 17 Diagrama Bimanual para Inspección y acomodo del Array**

<b>Diagrama Bimanual</b>										
Diagrama Num. 1		Hoja Num. 1 de 1								
Lugar: Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores		Herramienta utilizada y Pieza:								
Operación: Inspección y acomodo del Array				Elaborado por: Francis Alvarado		Fecha: 03/31/2022				
Método: Actual				Operario (s): Especialista 9, 10, 11 y 12						
		Simbolo		Simbolo						
<b>Descripcion Mano Izquierda</b>		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	<b>Descripcion Mano Derecha</b>
Toma parte inferior de la mesa de trabajo		1				1				Toma parte inferior de la mesa de trabajo
Sostiene parte inferior de la mesa de trabajo					1	1				Empuja el cuerpo al lado izquierdo
Jala el cuerpo al lado izquierdo		1							1	Sostiene parte inferior de la mesa de trabajo
Sostiene Spline 5					1	1				Inspecciona Spline 5
Toma parte inferior de la mesa de trabajo		1			1	1				Toma parte inferior de la mesa de trabajo
Empuja el cuerpo al lado derecho		1							1	Sostiene parte inferior de la mesa de trabajo
Sostiene parte inferior de la mesa de trabajo					1	1				Jala el cuerpo al lado derecho
Toma parte distal del cateter		1						1		Demora
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	
<b>Tiempo total cronometrado (s)</b>										<b>27.5</b>

**Fuente: Elaboración propia**

El diagrama Bimanual Número 1, muestra el registro que el operario ejecuta para la debida operación. En este se refleja que el operario con la mano izquierda debe realizar 5 acciones de operación y 4 de sostener; y con la mano derecha debe realizar 5 acciones de operaciones, 1 de demora y 2 de sostener. Lo anterior se cronometra con un tiempo total actual de 27.5 segundos promedio.

Por otra parte, en el Cuadro No.18 se muestra un segundo diagrama Bimanual para la operación de colocar/posicionar el Fixture utilizado en la mesa de trabajo. Esta operación consiste en que el operario debe tomar la herramienta del *Fixture* para realizar la articulación de la curva del *Shaft 7* y luego volver a acomodar la herramienta de manera vertical encontrando una manera que no afecte el espacio efectivo de trabajo del operario.

---

7 Shaft: Ejes trenzados, también conocidos como ejes reforzados con trenzas, son una de las mejores soluciones para diseñar catéteres con una respuesta de par significativa, resistencia a la torcedura y resistencia a la tracción. Entiéndase como manguera conductora protectora color azul del catéter.

**Cuadro No. 18 Diagrama Bimanual para Colocación del Fixture utilizado, en la mesa de trabajo**


<b>Diagrama Bimanual</b>										
<b>Diagrama Num. 2</b>		<b>Hoja Num. 1 de 1</b>								
<b>Lugar:</b> Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores		<b>Herramienta utilizada y Pieza:</b>								
<b>Operación:</b> Colocación del Fixture utilizado en la mesa de trabajo										
<b>Método:</b> Actual										
<b>Operario (s):</b> Especialista 9, 10, 11 y 12		<b>Elaborado por:</b> Francis Alvarado		<b>Fecha:</b> 03/31/2022						
		<b>Símbolo</b>		<b>Símbolo</b>						
<b>Descripción Mano Izquierda</b>		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	<b>Descripción Mano Derecha</b>
Toma el Fixture		1				1		1		Demora
Coloca Fixture en su posición proximal horizontalmente		1						1		Demora
Coloca unidad dentro del Fixture		1				1				Coloca unidad dentro del Fixture
Demora				1		1				Acciona palanca del Fixture
Saca la unidad del Fixture		1				1				Saca la unidad del Fixture
Coloca unidad en la mesa de trabajo		1				1				Coloca unidad en la mesa de trabajo
Posiciona Fixture en posición vertical		1				1				Posiciona Fixture en posición vertical
Empuja Fixture hacia posición de la canoa		1						1		Demora
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	
<b>Tiempo total cronometrado (s)</b>		48								

**Fuente: Elaboración propia**

El diagrama Bimanual Número 2, refleja que el operario con la mano izquierda debe realizar 7 acciones de operación, y 1 de demora; y con la mano derecha debe realizar 6 acciones de operaciones y 3 de demora. Lo anterior se cronometra con un tiempo total actual de 48 segundos promedio.

Y, por último, se realiza el diagrama Bimanual Número 3 para la operación de colocar la unidad a ser procesada sobre la mesa de trabajo en el Cuadro No. 19.

**Cuadro No. 19 Diagrama Bimanual para Colocación de unidad a ser procesada sobre mesa de trabajo**

<b>Diagrama Bimanual</b>										
<b>Diagrama Num. 3</b>		<b>Hoja Num. 1 de 1</b>								
<b>Lugar</b>	Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores			<b>Acción:</b>						
<b>Operación:</b>	Colocación de unidad a ser procesada en la mesa de trabajo									
<b>Método:</b>	Actual									
<b>Operario (s):</b>		Especialista 9, 10, 11 y 12			<b>Elaborado por:</b>	Francis Alvarado		<b>Fecha:</b>	03/31/2022	
		<b>Símbolo</b>				<b>Símbolo</b>				
<b>Descripción Mano Izquierda</b>		○	⇨	□	▽	○	⇨	□	▽	<b>Descripción Mano Derecha</b>
Toma parte inferior de la bandeja		1				1				Toma parte inferior de la bandeja
Alza la bandeja		1							1	Sostiene parte inferior de la bandeja
Sostiene parte inferior de la bandeja					1	1				Alza la bandeja
Coloca la bandeja hacia su posición proximal		1				1				Coloca la bandeja hacia su posición proximal
Coloca la bandeja sobre la mesa de trabajo		1				1				Coloca la bandeja sobre la mesa de trabajo
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
<b>Tiempo total cronometrado (s)</b>		15								

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que esta operación actualmente tiene una duración de 15 segundos promedio.

Entonces realizando un desglose del tiempo total por desperdicios en movimientos se calcula que son 1.31 minutos aproximadamente.

#### 4.3.9.3 Transporte

En la línea de producción 1 se presentan operaciones tanto como transportes ya que de modo que se añade un subensamble a la unidad se mueve a la siguiente estación de trabajo a otra y así sucesivamente hasta finalizar su proceso.

Los desperdicios por transporte corresponden a que una de las dos máquinas Láser se encuentra inactiva, para ser más específicos la máquina Láser número 2 que se encuentra señalada en la Figura No. 14 y esto se debe a que no cuenta con sus respectivas validaciones y contraseñas.

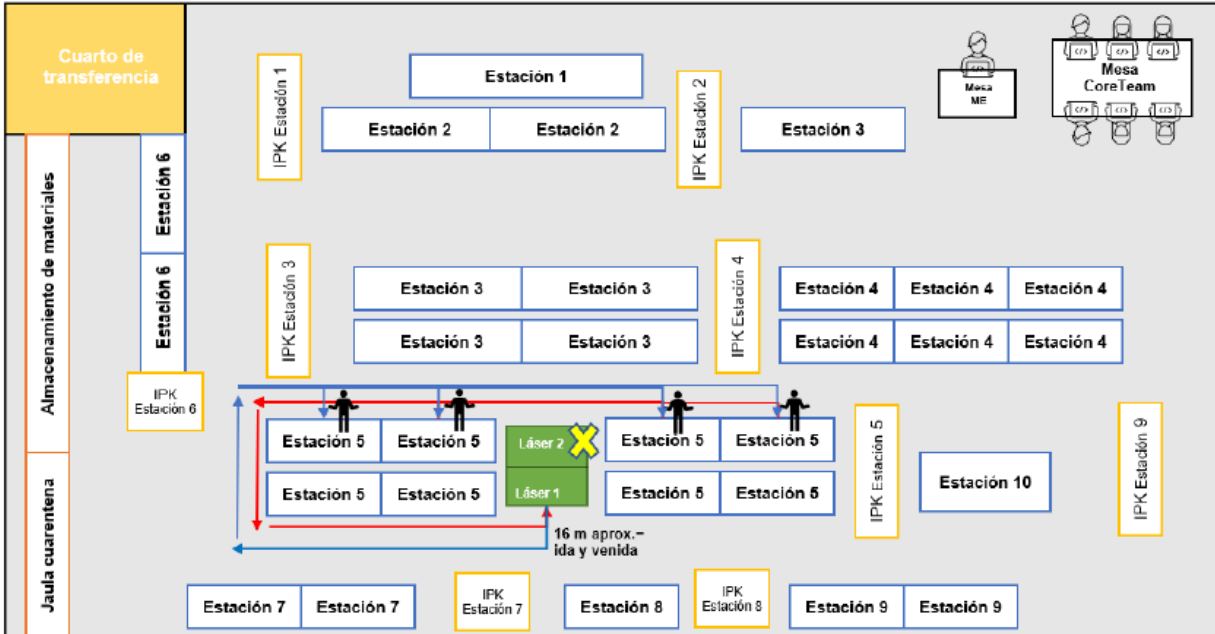


**Figura No. 14 Máquinas Láser utilizadas en proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobertores**

**Fuente: Línea 1, Ensamble Final, Ensamblaje del *Handle***

Además de esto, se evidencia en el Cuadro No. 8 que las estaciones donde se ejecuta el proceso número 5 realiza más transportes que los demás procesos, con 4 movimientos de transporte, dos de ellos representan el recorrido ida y vuelta que debe realizar el operario hasta la máquina Láser activa número 1. La distancia total recorrida a esta máquina láser es de 16 metros aproximadamente contemplando ida y vuelta.

En la Figura No. 15 se muestra el diagrama de recorrido elaborado para visualizar los transportes realizados por los operarios en las estaciones activas del proceso 5 con el fin de observar el panorama de la situación actual de transportes. Las líneas color rojo representan cuando el operario se transporta a la máquina láser para realizar el grabado de la información a la unidad y la línea azul cuando el operario se devuelve de la máquina láser a su respectiva estación de trabajo.



**Figura No. 15 Diagrama de recorrido actual para proceso Unión de cables y ensamblaje de cobretores hacia máquina láser 1**

**Fuente: Elaboración propia**

Este transporte se considera parte del procedimiento, sin embargo, lo que se está considerando como desperdicio, es el resultado de trasladarse a la única máquina láser activa por consecuencia más distancia y mayor tiempo.

Se realizan 5 muestras del tiempo recorrido actual de ida y vuelta hacia la máquina Láser 1 para obtener el tiempo promedio actual de transporte en las estaciones de trabajo del proceso Unión de cables y ensamblaje de cobretores de los 4 operarios ya que actualmente se encuentran activas esta cantidad de estaciones. En el Cuadro No. 20 se muestran los datos de las 5 muestras.

Cuadro No. 20 Tiempos de transporte actuales hacia máquina Láser 1

*Tiempos de transporte actuales con máquina Láser 1 activa*

Muestra	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
1	2.36	2.47	2.50	2.45
2	2.42	2.38	2.26	2.39
3	2.21	2.26	2.15	2.59
4	2.27	2.14	2.18	2.18
5	2.10	2.21	2.34	2.16
<b>Promedio</b>	<b>2.35 minutos</b>			

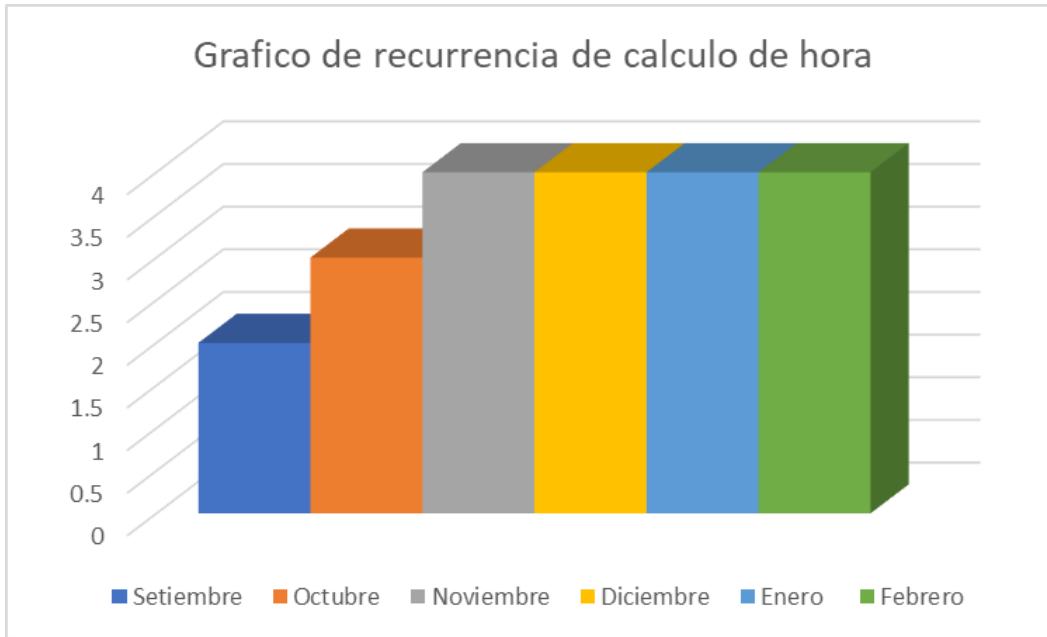
Fuente: Elaboración propia

Actualmente el tiempo promedio en transporte hacia la máquina Láser 1 para estas 4 estaciones activas es de 2.35 minutos y representa un 6.72% del tiempo estándar del proceso y aproximadamente hace 17 meses se encuentra inactiva lo que equivale a ¢3 045 736 de pérdidas.

#### 4.3.10 Método de balance de cargas y cálculo de horas extra

Otra variable que afecta actualmente la Línea 1 es el modo en que suelen ser determinadas las horas extras cuando lo requieren, ya que la manera en que balancean la línea para ello suele ser manual lo que implica que no pueden jugar rápidamente con diversas iteraciones para ver el comportamiento de los costos tanto como el beneficio de la producción en horas extra. Estas iteraciones hacen referencia a su necesidad, las cuales pueden ser por asignación de unidades completas y/o parciales tanto como la asignación de las horas extra, para ambas tomando en cuenta la cantidad de especialistas que van a realizar las operaciones como el tipo de rango en que están.

Se requiere conocer que tan recurrente ha sido durante los últimos 6 meses el cálculo de las horas extra en la Línea 1, por lo que se muestra un gráfico con información de lo anterior en la Figura No. 16.



**Figura No. 16 Gráfico de recurrencia de horas extra-Línea 1**

**Fuente: Elaboración propia**

El gráfico anterior revela la existencia de patrones de 2 a 4 veces al mes en una serie de tiempo de seis meses durante el año 2021 y 2022. El patrón que más se repite es de 4 veces mensuales en los meses de noviembre, diciembre del 2021 y enero y febrero 2022. Ya que el objetivo de este análisis nació una vez iniciado esos 6 meses, no hay un registro de cuánto es la duración oficial que ha tenido esta tarea para el supervisor y/o PBIV. Sin embargo, se toman tiempos en los meses de agosto, septiembre y octubre de la duración empleada para poder generar una decisión acerca del balance de línea para horas extra junto con su costo/beneficio, estos datos se muestran en el Cuadro No. 21.

**Cuadro No. 21 Muestreo de tiempos para balance de línea/cálculo de horas extra**

**Muestreo de tiempos para balance de línea/cálculo de horas extra**

<b>Mes</b>	<b>Tiempo Requerido (Min)</b>
<b>Diciembre</b>	31
	25
	22
	35
<b>Enero</b>	25
	24
	34
	22
<b>Febrero</b>	18
	30
	32
	34
<b>Promedio</b>	28

**Fuente: Elaboración propia**

El cuadro anterior evidencia que el tiempo promedio del cálculo que realiza el supervisor o PBIV para encontrar varios escenarios factibles para balancear la línea es de 28 minutos aproximadamente.

#### 4.4 Resumen de la situación actual

A continuación, a modo de resumen se presentan las conclusiones del diagnóstico de la situación actual.

- El proceso que mayor representa el tiempo valorado por unidad es Unión de cables y ensamblaje de cobertores con 34.95 minutos promedio según los diagramas de flujo de proceso elaborados. Esto se debe a que cada paso o actividad combinada realizada son muy complejos comparado a los demás, lo que causa que el tiempo de manufactura sean mucho más largos.
- La productividad actual del área de Ensamble Final en Turno A es de 1.7 unidades por hora y en Turno B es de 5.6 unidades por hora, esta es definida por el cuello de botella, Unión de cables y ensamblaje de cobertores.
- Por medio del análisis de balance de cargas actual de la Línea 1 en el área de Ensamble Final, se evidencia que las estaciones críticas son las del proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores ya que representan los mayores cuellos de botella de la línea de producción con 6.9 unidades producidas por hora por estaciones activas en Turno A y 5.2 en Turno B.
- Actualmente las unidades producidas en la jornada de Turno A son 51.5 unidades y en Turno B 26.5.
- El mayor problema de desperdicios por movimientos encontrados en las estaciones del proceso 5 se debe a una mala colocación de canoas sobre las mesas de trabajo afectando el espacio efectivo del área de trabajo del operario. La segunda por cámaras obsoletas utilizadas en la estación por lo que se contemplan movimientos y tiempos para realizar la inspección del *Array* de manera manual.
- El tiempo total actual de desperdicios por movimientos es de 1.50 minutos representando un 4.29% del tiempo estándar del proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores.
- El mayor problema por transporte se debe a que, de las dos máquinas Láser la Número 2 se encuentra inactiva, debido a esto los operarios se desplazan 18.5 metros durando 2.35 minutos aproximadamente hacia la máquina Láser

- Número1 activa, representando un 6.72% lo que ocasiona recorridos excesivos agregando ningún valor a la unidad ni al proceso.
- El total de desperdicios corresponde a 3.85 minutos que representa un 11.01% del tiempo estándar actual del proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores.
- La máquina láser ha estado inactiva por 17 meses aproximadamente, lo que representa ¢3 045 736 de pérdidas.
- Se evidencia que el tiempo de duración en los últimos tres meses para realizar el balance de línea para horas extra fue de 28 minutos aproximadamente.
- A partir de la información obtenida, se demuestra la necesidad de una herramienta para calcular el balance de cargas adecuado para la Línea 1 en el área de Ensamble Final para realizar ajustes de número de trabajadores por estaciones activas tanto como ayuda visual para medir las variables de unidades producidas por hora por operario, por estaciones activas y jornada laboral, ya que el propósito es mejorar y aprovechar de una mejor manera el personal en la Línea.

## V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Se presentan cuatro propuestas de solución con las herramientas ingenieriles por utilizar y los sistemas operativos necesarios, al igual que el resultado esperado de las propuestas.

## **5.1 Oportunidades de mejora encontradas según lista de verificación de desperdicios**

A partir de la implementación de la lista de verificación de desperdicios de la estación cuello de botella del área de Ensamble Final se encuentran las siguientes propuestas de mejoras.

### **5.1.1 Propuesta No.1. Solución en desperdicio de Movimientos: canoas aéreas**

Una vez se conoce cuáles son los problemas que surgen en la estación cuello de botella del área de Ensamble Final con respecto a desperdicios en movimientos, se propone una reubicación de las canoas donde se colocan las unidades a procesar para aumentar el espacio del área de trabajo de la estación.

A más detalle, la idea del diseño propuesto es implementar canoas ajustables por tema de requerimientos de las características antropométricas de los operarios (estatura) en la parte superior de la estación de trabajo para aumentar el espacio efectivo en la mesa de trabajo en un 32.7% que representan los 20 cm de ancho de la canoa, obteniendo un espacio efectivo de. un 70.4% el cual equivale a 43 cm de 61 cm.

En la Figura No. 17 y Figura No. 18 se muestra un ejemplo de la canoa aérea en material de acrílico como primera propuesta.



**Figura No. 17 Propuesta de mejora de canoas aéreas acrílico 1**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**



**Figura No. 18 Propuesta de mejora de canoas aéreas acrílico 2**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**

En la Figura No. 19 se muestra un ejemplo de la canoa aérea en material de metal como segunda propuesta.



**Figura No. 19 Propuesta de mejora de canoas aéreas metálicas**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2021**

Cabe mencionar que, para la segunda propuesta de canoas aéreas metálicas, deben de encontrarse en una posición fija, es decir soldada a las bases de la estación, esto por ser de material pesado y al estar ajustando la altura en los soportes se dañarían con gran facilidad.

Por otro lado, se consideran los beneficios en general que trae consigo la recolocación de canoas áreas en la estación de trabajo, como la facilitación del desarrollo del proceso por aumento de espacio efectivo en el área de trabajo como así lo ejemplifica la Figura No. 20. Este aumento representa los 20 cm de ancho de la canoa, por lo que el espacio efectivo pasaría a ser de 23 cm a 43 cm.



**Figura No. 20** Espacio efectivo propuesto de estación de trabajo sin canoa

**Fuente:** *Boston Scientific, 2022*

Al aumentar esta área de trabajo se obtiene un mayor valor de ese espacio al tiempo que se le dedicaba a acomodar las herramientas utilizadas y los segundos serán reducidos como también genera motivación a los operarios por trabajar en un lugar confortable. Según dicho lo anterior, se mide de nuevo en el diagrama Bimanual número 2 que se encuentra el Cuadro No.22, el método propuesto para la colocación del Fixture utilizado en la estación de trabajo sin la canoa en la mesa de trabajo.

**Cuadro No. 22 Diagrama Bimanual de propuesta sin canoa en la estación de trabajo para herramientas utilizadas**


<b>Diagrama Bimanual</b>									
<b>Diagrama Num. 2</b>	<b>Hoja Num. 1 de 1</b>								
<b>Lugar</b>	Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores			<b>Herramienta utilizada y Pieza:</b>					
<b>Operación:</b>	Colocación del Fixture utilizado en la mesa de trabajo								
<b>Método:</b>	Propuesto								
<b>Operario (s) :</b>	Especialista 9, 10, 11 y 12			<b>Elaborado por:</b>	Francis Alvarado	<b>Fecha:</b>	04/05/2022		
		<b>Simbolo</b>			<b>Simbolo</b>				
<b>Descripcion Mano Izquierda</b>	○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	<b>Descripcion Mano Derecha</b>
Toma el Fixture	1				1		1		Demora
Coloca Fixture en su posición proximal horizontalmente	1						1		Demora
Coloca unidad dentro del Fixture	1				1				Coloca unidad dentro del Fixture
Demora			1		1				Acciona palanca del Fixture
Saca la unidad del Fixture	1				1				Saca la unidad del Fixture
Coloca unidad en la mesa de trabajo	1				1				Coloca unidad en la mesa de trabajo
Empuja Fixture hacia adentro de la estación	1						1		Demora
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	
<b>Tiempo total cronometrado (s)</b>	30.2								

**Fuente: Elaboración propia**

El diagrama Bimanual anterior indica que se realizan 11 operaciones y 4 demoras al colocar el Fixture y herramientas al fondo de la estación con un total de 30.2 segundos. Por lo que, de 40 segundos, se estarían disminuyendo 9.8 segundos del tiempo actual. Ahora bien, el entorno físico laboral constituye un elemento fundamental en el rendimiento y desarrollo del proceso, ya que el espacio de la mesa de trabajo debe ajustarse en tamaño a la necesidad y complejidad del proceso y esto puede influir de forma positiva la productividad e incluso motivación.

También se espera reducir movimientos que no agregan valor al proceso tanto como tiempos en la colocación de la unidad al ser procesado en la mesa de trabajo, por lo que se vuelve a elaborar el diagrama Bimanual Número 3 mostrado en el Cuadro No. 23 con el método propuesto. Para ello se realiza una simulación de como seria la operación si la canoa estuviese colocada en la parte superior de la estación de trabajo.

**Cuadro No. 23 . Diagrama Bimanual de propuesta de canoas aéreas**

<b>Diagrama Bimanual</b>										
Diagrama Num. 3		Hoja Num. 1 de 1								
<b>Lugar</b>	Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores			<b>Acción:</b>						
	<b>Operación:</b> Colocación de unidad a ser procesada en la mesa de									
	<b>Método:</b> Propuesto									
<b>Operario (s):</b> Especialista 9, 10, 11 y 12		<b>Elaborado por:</b> Francis Alvarado		<b>Fecha:</b> 04/05/2022						
		<b>Símbolo</b>		<b>Símbolo</b>						
<b>Descripcion Mano Izquierda</b>		○	⇨	D	▽	○	⇨	D	▽	<b>Descripcion Mano Derecha</b>
Toma parte inferior de la bandeja		1				1				Toma parte inferior de la bandeja
Coloca la bandeja sobre la mesa de trabajo		1				1				Coloca la bandeja sobre la mesa de trabajo
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Tiempo total cronometrado (s)</b>		<b>4</b>								

**Fuente: Elaboración propia**

El diagrama Bimanual anterior nos indica que se realizan en total 4 operaciones sin ninguna acción de sostener la pieza con un tiempo total de 4 segundos. Lo que quiere decir que con esta propuesta se disminuirían 11 segundos de tiempo por proceso.

El monto de inversión de estas nuevas canoas para las 8 estaciones existentes tanto como la instalación de ellas en material acrílico es de \$700 y material metálico de \$2500. Por lo que se escogen las acrílicas frente a las metálicas debido a que las primeras son más baratas, más livianas, y ambas cumplen la misma función sin embargo las acrílicas tienen el beneficio de ajustarse a la altura del especialista y las metálicas tendrían que ser soldadas por su peso como se mencionó anteriormente.

### 5.1.2 Propuesta No. 2. Solución en desperdicio de Movimientos: implementación de nuevas cámaras

Con respecto a la otra causa de desperdicios en movimientos como lo son las cámaras utilizadas en las estaciones de trabajo, se propone la colocación de nuevas cámaras ya que las que se encuentran actualmente han de ser obsoletas, esto porque no cumplen con las necesidades actuales del proceso como es de inspeccionar y corroborar el buen posicionamiento del *Array* por su poca capacidad de resolución. En la Figura No.21 se muestra el tipo de cámara a implementar con brazo flexible.



**Figura No. 21 Propuesta de cámaras nuevas para proceso de Unión de cables y Ensamblaje de cobertores**

**Fuente: *Boston Scientific*, 2022**

La propuesta de un soporte de brazo flexible tiene como función objetivo el ajuste preciso situado en la unidad como también la modificación de los diferentes ángulos de visión del *Array*, ya que resulta difícil que en una misma posición estática se logre el enfoque deseado.

Con base a lo anterior, se vuelve a realizar el diagrama Bimanual Número 1 que se muestra en el Cuadro No. 24 en donde se analizan los movimientos que tendría que realizar el operario con esta propuesta.

**Cuadro No. 24 Diagrama Bimanual de propuesta de nuevas cámaras**

<b>Diagrama Bimanual</b>										
Diagrama Num. 1		Hoja Num. 1 de 1								
Lugar		Estación Unión de cables y ensamblaje de cobertores		Herramienta utilizada y Pieza:		 				
Operación:		Inspección y acomodo del Array								
Método:		Propuesto		Elaborado por:		Francis Alvarado		Fecha:		
Operario (s):		Especialista 9, 10, 11 y 12						04/05/2022		
				Simbolo		Simbolo				
Descripcion Mano Izquierda		○	⇨	D	▽	○	⇨	D	▽	Descripcion Mano Derecha
Demora				1				1		Demora
Total		0	0	1	0	0	0	1	0	
Tiempo total cronometrado (s)		5								

**Fuente: Elaboración propia**

Se eliminarían todos los movimientos que se encontraban establecidos actualmente tanto en la mano derecha como la mano izquierda, por lo que solo se encuentra el tiempo de demora de 5 segundos, que sería el momento que el operario efectúa la inspección del *Array* ya que lo único que tendría que realizar actualmente es levantar la mirada hacia la pantalla, inspeccionar y seguir con su debido procedimiento.

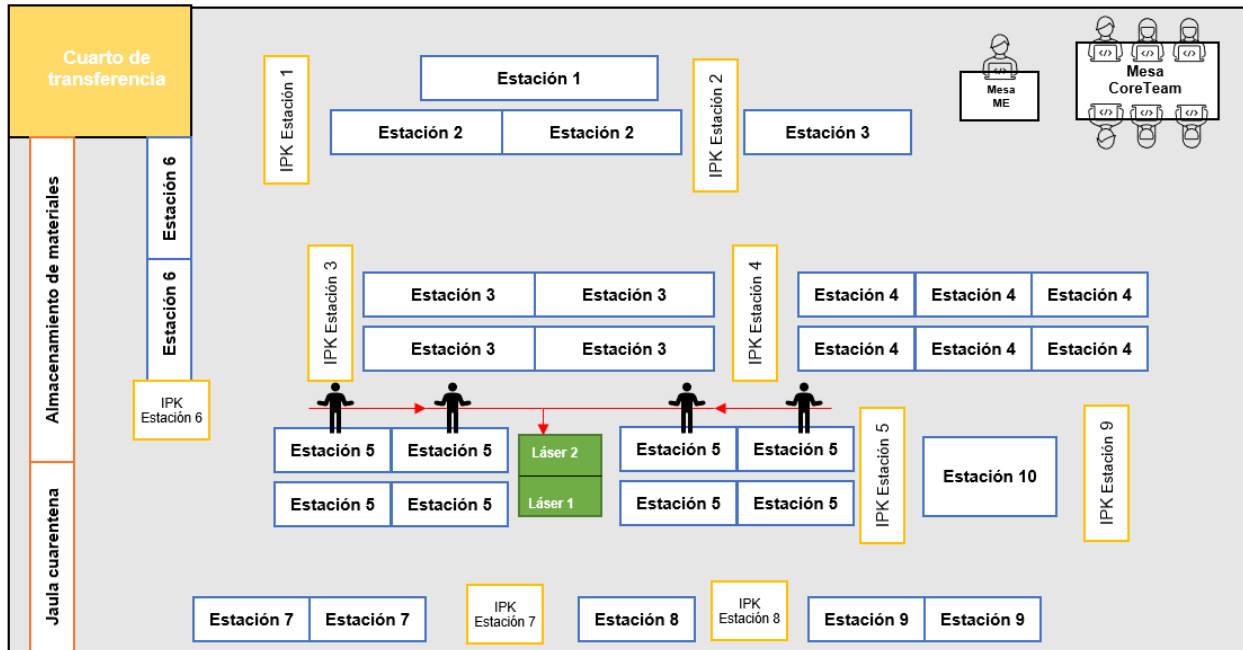
El monto de inversión de una cámara con una magnificación 10x y brazo flexible de 60 cm es de \$339. Se ocuparían 4 cámaras ya que hay 4 estaciones de Unión de cable y ensamble de cobertores activas en la línea 1.

### 5.1.3 Propuesta No.3. Solución en desperdicio de Transportes- activación Láser 2

El transporte como tal no añade ningún valor a la unidad, pero resulta necesario que se realice ya que se requiere el marcado de la información al cobertor de la unidad y para ello es indispensable trasladarse hasta la máquina láser. Al comprobarse que el transporte no puede ser eliminado y que ya se encuentra un punto medio de las

estaciones existentes, se valora la optimización de este desperdicio, por lo cual se propone la activación de la máquina láser 2.

Con la activación de la Láser 2 se vería favorecido el traslado de los operarios y el flujo del transporte se presentaría como lo muestra el diagrama de flujo en la Figura No. 22.



**Figura No. 22 Diagrama de recorrido propuesto para proceso Unión de cables y ensamblaje de cobertores hacia máquina láser 2**

Fuente: Elaboración propia

Se toman 5 tiempos de transporte simulacro a cada operario hacia la máquina Láser 1 activa, estos datos se muestran en el Cuadro No. 25.

**Cuadro No. 25 Tiempos de transporte propuestos hacia máquina Láser 2**

<i>Tiempos de transporte propuestos con máquina Láser 2 activa</i>				
Muestra venida	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
1	36.12	32.21	34.16	35.21
2	34.29	38.46	34.22	33.23
3	30.20	31.26	35.46	36.10
4	32.41	38.51	33.21	34.16
5	38.50	38.22	33.44	35.11
<b>Promedio</b>	<b>34.72</b>		<b>segundos</b>	

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior demuestra que el tiempo promedio propuesto sería de 34.72 segundos por lo que el tiempo estándar actual del proceso se vería reducido en un 5.09% contra el 6.72% que representa actualmente 2.35 minutos.

#### **5.1.4 Propuesta No.4. Herramienta para cálculo de horas extra y balance de cargas**

El objetivo de esta herramienta corresponde al cálculo de horas extra de manera fácil y rápida observando diferentes escenarios al ingresar datos como las horas extras a realizar o unidades requeridas a realizar, colocando los especialistas por estación.

Esta propuesta no solo sirve como ayuda para el cálculo de horas extra, sino también para lograr ver como balancear la línea de producción. Una línea bien diseñada, es una línea bien balanceada por lo que la cantidad de unidades producidas deben ser iguales parecidas a todas las estaciones. Con lo cual se logra que el tiempo muerto sea mínimo y así exista un tiempo adecuado para que los operarios terminen las operaciones fijadas y un costo de capital mínimo.

Es necesario conocer la manera en que funciona la herramienta por lo que se explica por medio de pasos su modo de uso. Ahora bien, para que esta herramienta funcione en diferentes escenarios, se necesita una base de datos con los nombres de los especialistas de cada turno y su tipo de rango ya que el costo por hora laboral regular es diferente tanto como el tipo de jornada por lo que el costo de hora extra también lo será. Como primer paso, en los espacios color gris deben ingresar la información del especialista y colocar el rango en que se encuentran: tipo 1, 2 o 3. En la Figura No. 23 se muestra un ejemplo de lo anterior para Turno Diurno y Turno Mixto.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			<b>Nombre Especilistas</b>	<b>Tipo Especialista</b>	<b>Especialista</b>		<b>Costo/Hora Laboral Regular</b>	<b>Diurno</b>	<b>Nocturno</b>	<b>Mixto</b>
3		<b>Turno Diurno</b>	Valerie Sanchez Sanchez	1	Especialista 1		<b>Especialista 1</b>	€1,690	€2,248	€1,927
4			Yendry Castillo Bejarano	2	Especialista 2		<b>Especialista 2</b>	€1,860	€2,474	€2,120
5			Angie Angulo Rios	1	Especialista 1		<b>Especialista 3</b>	€2,100	€2,793	€2,394
6			William Contreras Ramirez	1	Especialista 1					
7			Lindsay Alvarado Chacon	2	Especialista 2					
8			Yanina Solis Campos	1	Especialista 1					
9			Daniela Morales Herrera	1	Especialista 1					
10			Marcela Jimenez Ruiz	1	Especialista 1					
11			Daniela Montero Cespedes	1	Especialista 1					
12			Suyen Guerrero Ucles	1	Especialista 1					
13			Cristofer Mora Ruiz	2	Especialista 2					
14			Mariana Almengor Sanchez	3	Especialista 3					
15			Maria Lopez Mesen	1	Especialista 1					
16			Stephanie Chavarria Espinoza	3	Especialista 3					
17			Melany Segura Baars	3	Especialista 3					
18			0	-	-					
19			<b>Turno Nocturno</b>	Cintia Bermudez Rodriguez	1	Especialista 1				
20		David Reyes Sanchez		1	Especialista 1					
21		Geniar Reyes Altamirano		2	Especialista 2					
22		Giselle Perez Berrocal		1	Especialista 1					
23		Graciela Sanchez Arce		2	Especialista 2					
24		Hillary Badilla Cascante		3	Especialista 3					
25		Kariana Cespedes Monge		1	Especialista 1					
26		Karol Sanchez Camacho		2	Especialista 2					
27		Kevin Molina Sagot		1	Especialista 1					
28		Laura Solera Cespedes		1	Especialista 1					
29		Kevin Gazo Ponce	2	Especialista 2						
30		0	-	-						
31		<b>Turno Mixto</b>	Nombre27	0	Especialista 0					
32			Nombre28	0	Especialista 0					
33			Nombre29	0	Especialista 0					
34			Nombre30	0	Especialista 0					
35			Nombre31	0	Especialista 0					
36			Nombre32	0	Especialista 0					
37			Nombre33	0	Especialista 0					
38			Nombre34	0	Especialista 0					
39			Nombre35	0	Especialista 0					
40		Nombre36	0	Especialista 0						
41		Nombre37	0	Especialista 0						
42		Nombre38	0	Especialista 0						
43		Nombre39	0	Especialista 0						
44		0	-	-						

**Figura No. 23 Base de datos de la herramienta**

**Fuente: Elaboración propia**

Una vez esta información se encuentra actualizada y correcta, se puede utilizar cualquier hoja de Turno Diurno, Nocturno o Mixto, en donde el valor de la hora puede variar según el tipo de jornada en las que realicen las horas extra.

Un aspecto importante que mencionar es que no todos los especialistas se encuentran certificados en todos los procesos, es por esto por lo que PBIV y/o Supervisor se encarga de llenar el archivo ya que ellos conocen el estado de certificaciones del especialista en ese momento.

Ahora bien, como paso número 2 se asignan las unidades a producir y se define si van a producir unidades completas o unidades parciales para luego asignar la cantidad de especialistas por estación. En este caso se ejemplifica en la Figura No.24, la asignación de especialistas para unidades completas, lo que quiere decir que para todas las

estaciones deben ir asignados especialistas ya que la unidad debe ir pasando de manera continua por todos los procesos hasta llegar al final.

Turno Diurno	Unidades a Producir
Uds Extra a Producir	

**Tabla 1**  
Asignación de Especialistas por procesos y estaciones

Proceso	Especialistas Asignados	Especialista (Nombre)	Cargo	Costo por hora Extra	Costo Total Horas Extras Asignadas
1) Prueba eléctrica del cableado	0	0	-		∅0
2) Recubrimiento protector del cableado	0	Valerie Sanchez Sanchez	-		∅0
3) Instalación del Deployment	0	Yendry Castillo Bejarano	-		∅0
		Angie Angulo Rios	-		
		William Contreras Ramirez	-		
		Lindsay Alvarado Chacon	-		
4) Formado del Array	0	Yanina Solis Campos	-		∅0
		Daniela Morales Herrera	-		
		Marcela Jimenez Ruiz	-		
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	0	0	-		∅0
		0	-		
		0	-		
		0	-		
6) Soldado de sensores y conectores	0	0	-		∅0
7) Pruebas de fuga y flujo	0	0	-		∅0
8) Inspección funcional	0	0	-		∅0
9) Prueba eléctrica	0	0	-		∅0
10) Inspección visual y fotos	0	0	-		∅0

**Figura No. 24 Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes**

Fuente: Elaboración propia

Una vez se completa la Tabla 1 con la información correspondiente, se calcula el costo total por hora extra de la persona que se seleccionó y el costo total de la hora extra si fuese más de un especialista por estación y por su tipo de rango, lo anterior queda de la manera que lo muestra la Figura No.25.

Tabla 1					
Asignación de Especialistas por procesos y estaciones					
Turno Diurno					
Proceso	Especialistas Asignados	Especialista (Nombre)	Cargo	Costo por hora Extra	Costo Total Horas Extras Asignadas
1) Prueba eléctrica del cableado	1	Valerie Sanchez Sanchez	Especialista 1	€2,535	€2,535
2) Recubrimiento protector del cableado	1	Yendry Castillo Bejarano	Especialista 2	€2,790	€2,790
3) Instalación del Deployment	3	William Contreras Ramirez	Especialista 1	€2,535	€7,605
		Suyen Guerrero Ucles	Especialista 1	€2,535	
		Daniela Montero Cespedes	Especialista 1	€2,535	
4) Formado del Array	3	Yanina Solis Campos	Especialista 1	€2,535	€7,605
		Maria Lopez Mesen	Especialista 1	€2,535	
		Suyen Guerrero Ucles	Especialista 1	€2,535	
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	4	Daniela Montero Cespedes	Especialista 1	€2,535	€10,395
		Cristofer Mora Ruiz	Especialista 2	€2,790	
		Angie Angulo Rios	Especialista 1	€2,535	
		Maria Lopez Mesen	Especialista 1	€2,535	
6) Soldado de sensores y conectores	1	Mariana Almengor Sanchez	Especialista 3	€3,150	€3,150
7) Pruebas de fuga y flujo	1	Lindsay Alvarado Chacon	Especialista 2	€2,790	€2,790
8) Inspección funcional	1	Lindsay Alvarado Chacon	Especialista 2	€2,790	€2,790
9) Prueba eléctrica	1	Marcela Jimenez Ruiz	Especialista 1	€2,535	€2,535
10) Inspección visual y fotos	1	Marcela Jimenez Ruiz	Especialista 1	€2,535	€2,535

**Figura No. 25 Costo total horas extra con Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes para unidades completas**

**Fuente: Elaboración propia**

La Tabla 1 alimenta de información a la Tabla 2 que se muestra en la Figura No. 26 y lo que refleja es la cantidad de horas extra que debe estar el especialista en esa estación específica para completar las unidades ingresadas a producirse, también se refleja el costo por esa cantidad de horas requeridas según el tipo de rango del especialista o especialistas.

Tabla 2							
Unidades Completas							
(Asignar en la tabla 1 todos los especialistas por estación)							
Turno Diurno							
Proceso	Tiempo Estándar (min/ud)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Estaciones Activas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra
1) Prueba eléctrica del cableado	6.52	0.11	1.63	1	1	1.63	€4,132
2) Recubrimiento protector del cableado	5.56	0.09	1.39	1	1	1.39	€3,878
3) Instalación del Deployment	17.64	0.29	4.41	3	3	1.47	€11,179
4) Formado del Array	23.36	0.39	5.84	3	3	1.95	€14,804
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	34.95	0.58	8.74	4	4	2.18	€22,707
6) Soldado de sensores y conectores	9.38	0.16	2.35	1	1	2.35	€7,387
7) Pruebas de fuga y flujo	1.95	0.03	0.49	1	1	0.49	€1,960
8) Inspección funcional	2.06	0.03	0.52	1	1	0.52	€1,437
9) Prueba eléctrica	2.24	0.04	0.56	1	1	0.56	€1,420
10) Inspección visual y fotos	5.02	0.08	1.26	1	1	1.26	€3,181
<b>Total</b>	<b>108.68</b>	<b>1.81</b>	<b>26</b>				<b>€71,485</b>

**Figura No. 26 Horas Extras requeridas por especialista por proceso y costo horas extra según asignación de unidades completas**

**Fuente: Elaboración propia**

Por otro lado, si no se encuentran los suficientes especialistas que se requieren para realizar la unidad completa por tema de certificaciones o falta de personal, existe la opción de calcular en la herramienta, unidades parciales. Para ello, de igual manera se debe llenar la Tabla 1 y el número de unidades extra a producir. En este caso como no se encuentran todas las estaciones activas, se muestra la Tabla 1 de la siguiente manera en la Figura No. 27.

3	Turno Diurno	Unidades a Producir
4	Uds Extra a Producir	15
5		

Tabla 1 Asignación de Especialistas por procesos y estaciones					
Turno Diurno					
Proceso	Especialistas Asignados	Especialista (Nombre)	Cargo	Costo por hora Extra	Costo Total Horas Extras Asignadas
1) Prueba eléctrica del cableado	1	Valerie Sanchez Sanchez	Especialista 1	€2,535	€2,535
2) Recubrimiento protector del cableado	1	Yendry Castillo Bejarano	Especialista 2	€2,790	€2,790
3) Instalación del Deployment	3	William Contreras Ramirez	Especialista 1	€2,535	€7,605
		Suyen Guerrero Ucles	Especialista 1	€2,535	
		Daniela Montero Cespedes	Especialista 1	€2,535	
4) Formado del Array	3	Yanina Solis Campos	Especialista 1	€2,535	€7,605
		Maria Lopez Mesen	Especialista 1	€2,535	
		Suyen Guerrero Ucles	Especialista 1	€2,535	
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	3	Daniela Montero Cespedes	Especialista 1	€2,535	€7,860
		Cristofer Mora Ruiz	Especialista 2	€2,790	
		Angie Angulo Rios	Especialista 1	€2,535	
		0	-		
6) Soldado de sensores y conectores	1	Mariana Almengor Sanchez	Especialista 3	€3,150	€3,150
7) Pruebas de fuga y flujo	0	0	-		€0
8) Inspección funcional	0	0	-		€0
9) Prueba eléctrica	0	0	-		€0
10) Inspección visual y fotos	0	0	-		€0

**Figura No. 27 Costo total horas extra con Asignación de especialistas por procesos en las estaciones existentes para unidades parciales.**

**Fuente: Elaboración propia**

En la Tabla 3 en la Figura No.28 se refleja el segundo escenario donde de igual manera se calculan las horas que deben de quedarse los especialistas por estación para producir las 15 unidades ingresadas y el costo de esas horas extra por especialistas.

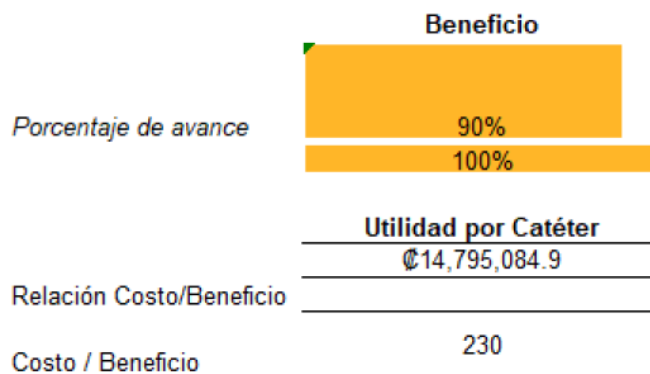
Tabla 3						
Unidades Parciales						
(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar)						
Turno Diurno						
Proceso	Tiempo Estándar (min/ud)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra
1) Prueba eléctrica del cableado	6.52	0.11	1.63	1	1.63	€4,132
2) Recubrimiento protector del cableado	5.56	0.09	1.39	1	1.39	€3,878
3) Instalación del Deployment	17.64	0.29	4.41	3	1.47	€11,179
4) Formado del Array	23.36	0.39	5.84	3	1.95	€14,804
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	34.95	0.58	8.74	3	2.91	€22,892
6) Soldado de sensores y conectores	9.38	0.16	2.35	1	2.35	€7,387
7) Pruebas de fuga y flujo	1.95	0.03	0.49	0		
8) Inspección funcional	2.06	0.03	0.52	0		
9) Prueba eléctrica	2.24	0.04	0.56	0		
10) Inspección visual y fotos	5.02	0.08	1.26	0		
<b>Total</b>	<b>108.68</b>	<b>1.81</b>	<b>26</b>			<b>€64,273</b>

**Figura No. 28 Horas Extras requeridas por especialista por proceso y costo horas extra según asignación de unidades parciales**

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de la Tabla 3 a la Tabla 2 es que se muestra un porcentaje de avance automáticamente, es decir que en este caso como se trabajaron las unidades hasta la estación 6, el porcentaje de avance es de un 90% como así lo muestra el Cuadro No. 26

**Cuadro No. 26 Porcentaje de Avance de unidades parciales horas extra y relación costo-beneficio**



Fuente: Elaboración propia

Este porcentaje se calcula realizando la suma de los tiempos estándar de los procesos que se realizaron entre el tiempo total estándar. En esta misma sección se obtiene la

relación costo beneficio que es la utilidad que obtenemos de las unidades parciales producidas, donde al precio de venta del catéter se le resta el costo de fabricación por las unidades producidas por el porcentaje de avance. Y el costo beneficio de la relación costo beneficio entre el costo total de horas extras a pagar a los especialistas.

Como último escenario se encuentra la Tabla 4 en la Figura No.29 que de igual manera se alimenta de la Tabla 1 donde se asignan los especialistas, en este caso se establecen las horas extra requeridas en las celdas grises en lugar de la cantidad de unidades a producir. De esta manera se pueden conocer cuantas unidades se van a producir según la cantidad de horas ingresadas por estación y especialistas.

Tabla 4							
Unidades Parciales / Asignación de horas extra por proceso							
(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar y asignar en columna E las horas extra totales por proceso)							
Turno Diurno							
Proceso	Tiempo Estándar (min/ud)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra	Unidades Producidas
1) Prueba eléctrica del cableado	6.52	0.11	3.0	1	3.00	€7,605	27.6
2) Recubrimiento protector del cableado	5.56	0.09	3.0	1	3.00	€8,370	32.4
3) Instalación del Deployment	17.64	0.29	3.0	3	3.00	€22,815	10.2
4) Formado del Array	23.36	0.39	3.0	3	3.00	€22,815	7.7
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	34.95	0.58	3.0	3	3.00	€23,580	5.2
6) Soldado de sensores y conectores	9.38	0.16	3.0	1	3.00	€9,450	19.2
7) Pruebas de fuga y flujo	1.95	0.03	3.0	1	3.00	€7,605	92.3
8) Inspección funcional	2.06	0.03	3.0	1	3.00	€7,605	87.4
9) Prueba eléctrica	2.24	0.04	3.0	1	3.00	€7,605	80.4
10) Inspección visual y fotos	5.02	0.08	3.0	1	3.00	€7,605	35.9
<b>Total</b>	<b>108.68</b>	<b>2</b>				<b>€125,055</b>	

**Figura No. 29 Asignación de horas extra por proceso**

**Fuente: Elaboración propia**

Al ingresar una misma cantidad de horas a todas las estaciones, en la celda de “Unidades Producidas” se marcará en color amarillo la menor cantidad de unidades ya que será el cuello de botella por lo que en 3 horas, las unidades que se podrán producir son 20.6. Todas estas diversas variaciones en horas extra se pueden aplicar en jornada Nocturna tanto como Mixta como así lo muestran los apéndices 14 al 21.

## 5.2 Implementación de Soluciones

En esta sección se presenta el plan de implementación para las propuestas de las soluciones según los problemas encontrados. Para comunicar visualmente de manera simple y comprensible el cronograma del proyecto se elabora un diagrama Gantt con las diferentes tareas a realizarse para lograr la implementación de la propuesta con sus respectivas fechas. También se presenta la Matriz RASCI que nos ayudará a responder quien es el responsable de la ejecución, aprobador, el apoyo, el consultado e informado de la realización de las tareas.

### 5.2.1 Plan de implementación de Propuesta No. 1: Solución en desperdicio de Movimientos- canoas aéreas

En la Figura No. 30 se muestra el diagrama de Gantt elaborado con las tareas a realizar para el desarrollo de las soluciones de la propuesta No.1 junto a sus responsables o departamento a cargo en cada una de ellas tanto como el progreso, si fueron completadas o se encuentran quedan pendientes y en la Figura No.31 el diagrama RASCI.

Plan de Mejora No.1					May-22																
Boston Scientific					d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m
Francis Alvarado					15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Tarea	Asignado	Proceso	Inicio	Fin																	
1. Analisis de la estacion de trabajo	F. Alvarado	Completado	15-May	20-May	█	█	█	█	█												
2. Creacion de prototipo de canoas a utilizar	F. Alvarado	Completado	23-May	24-May								█	█								
3. Cotizacion de canoas con diferentes materiales	Ing.Industrial	Completado	25-May	25-May										█							
4. Validacion de mejor opcion de canoas	F. Alvarado	Completado	26-May	26-May											█						
5. Reunion con el Core Team	F. Alvarado	Completado	27-May	27-May												█					
6. Aprobacion de compra de canoas	Supervisor Produccion	Completado	27-May	27-May												█					
7. Instalacion de canoas en las estaciones de trabajo	Departamento de Equipos	Completado	28-May	31-May													█	█	█	█	

Figura No. 30 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.1: canoas aéreas

Fuente: Elaboración propia

		Francis Alvarado	Supervisor de Producción	PBIV (líder de línea)	Ingeniería Industrial	Ingeniería Manufactura	Ingeniero de entrenamientos	Técnico de proceso	Técnico de calidad	Ingeniero de Equipos
Tareas		Roles / Responsables								
<b>Fase 1</b>										
1.1	Análisis de la estación proceso 5	R	I	S		I	I	I	I	
1.2	Creación de prototipo de canoa	R	I	S	S	I	I	I	I	I
<b>Fase 2</b>										
2	Cotización de canoas nuevas	A	I		R					
<b>Fase 3</b>										
3.1	Aprobación de canoas nuevas	A	R		I					
3.2	Compra de canoas nuevas	A	R		I					
<b>Fase 4</b>										
4.1	Instalación de canoas	I	I	I						R
4.2	Verificación de funcionalidad	R	I	S		I	I	I	I	S

Figura No. 31 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.1: canoas aéreas

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Plan de implementación de Propuesta No. 2: Solución en desperdicio de Movimientos- implementación de nuevas cámaras

En la Figura No. 32 se muestra el diagrama de Gantt de la propuesta No.2 y en la Figura No.33 el diagrama RASCI de la misma.

Plan de Mejora No.2		Jun-22																						
Boston Scientific																								
Francis Alvarado																								
Tarea	Asignado	Proceso	Inicio	Fin	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l
1. Analisis de la estacion de trabajo	F. Alvarado	Completado	1-Jun	7-Jun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2. Cotizacion de las camaras nuevas con brazo flexible	Ing.Industrial	Completado	8-Jun	10-Jun																				
3. Reunion con el Core Team	F. Alvarado	Completado	11-Jun	11-Jun																				
4. Aprobacion y compra de camaras	Supervisor de Produccion	Completado	12-Jun	14-Jun																				
5. Instalacion de camaras	Departamento de Equipos	Completado	15-Jun	18-Jun																				
6. Reunion con el core team	F. Alvarado	Completado	19-Jun	20-Jun																				

Figura No. 32 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.2: cámaras nuevas

Fuente: Elaboración propia

		Francis Alvarado	Supervisor de Producción	PBIV (líder de línea)	Ingeniería Industrial	Ingeniería Manufactura	Ingeniero de entrenamientos	Técnico de proceso	Técnico de calidad	Ingeniero de Equipos
Tareas		Roles / Responsables								
<b>Fase 1</b>										
1	Análisis de la estación proceso 5	R	I	S		I	I	I	I	
<b>Fase 2</b>										
2	Cotización de cámaras nuevas	A	I		R					
<b>Fase 3</b>										
3.1	Aprobación de compra	A	R		I					
3.2	Compra de cámaras nuevas	A	R		I					
<b>Fase 4</b>										
4.1	Instalación de cámaras	I	I	I						R
4.2	Verificación de funcionalidad	R	I	S		I	I	I	I	S

Figura No. 33 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.2: cámaras nuevas

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Plan de implementación de Propuesta No. 3: Solución en desperdicio de Movimientos- activación Láser 2

En la Figura No. 34 se muestra el diagrama de Gantt de la propuesta No.3 y en la Figura No.35 el diagrama RASCI de la misma.

Plan de Mejora No.3		Jun-22																													
Boston Scientific																															
Francis Alvarado																															
Tarea	Asignado	Proceso	Inicio	Fin	l	m	j	v	s	d	l	m	j	v	s	d	l	m	j	v	s	d	l	m	j	v	s	d	l	m	j
1. Analisis de la estacion de trabajo	F. Alvarado	Completado	6-Jun	11-Jun																											
2. Reunion con Ingeniero de Equipos	F. Alvarado	Completado	13-Jun	15-Jun																											
3. Activacion de la maquina laser #2	Ing. Equipos	Completado	16-Jun	27-Jun																											
4. Reunion con el Core Team	F. Alvarado	Completado	28-Jun	30-Jun																											

Figura No. 34 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.3: activación máquina láser 2

Fuente: Elaboración propia

Tareas		Roles / Responsables									
<b>Fase 1</b>											
1	Análisis de la estación proceso 5	R	I	S	I	I	I	I	I	I	I
<b>Fase 2</b>											
2	Recuperación de contraseña de láser 2 con proveedor	A	A	I		S					R
<b>Fase 3</b>											
3.1	Calibración de láser 2	A	A								R
3.2	Activación de láser 2	A	A								R
<b>Fase 4</b>											
4	Verificación de funcionalidad	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R

Figura No. 35 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.3: activación máquina láser 2

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 Plan de implementación de Propuesta No. 4: Herramienta para cálculo de horas extra y balance de cargas.

En la Figura No. 36 se muestra el diagrama de Gantt de la propuesta No.4 y en la Figura No.37 el diagrama RASCI de la misma.

Plan de Mejora No.4		Jun-22														Jul-22													
Boston Scientific																													
Francis Alvarado																													
Tarea	Asignado	Proceso	Inicio	Fin	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v			
1. Analisis en la Linea 1	F. Alvarado	Completado	24-Jun	3-Jul																									
2. Concepto de Herramienta de implementar	F. Alvarado	Completado	4-Jul	7-Jul																									
3. Realizacion de la Herramienta	F. Alvarado	Completado	8-Jul	11-Jul																									
4. Reunion con el Core Team	F. Alvarado	Completado	12-Jul	13-Jul																									
5. Entrenamiento en uso de Herramienta	F. Alvarado	Completado	14-Jul	15-Jul																									

Figura No. 36 Diagrama Gantt para implementación de propuesta No.4: Herramienta para cálculo de horas extras y balance de cargas

Fuente: Elaboración propia

		Francis Alvarado	Supervisor de Producción	PBIV (líder de línea)	CoreTeam
	Tareas	Roles / Responsables			
<b>Fase 1</b>					
1	Análisis en la Línea 7	R	S	S	S
<b>Fase 2</b>					
2	Concepto de herramienta a implementar	R	C	S	S
<b>Fase 3</b>					
3	Realización de la herramienta	R	A	S	
<b>Fase 4</b>					
4.1	Entrenamiento para uso de herramienta	R	A		
4.2	Verificación de funcionalidad	R	A	S	I

**Figura No. 37 Diagrama RASCI para implementación de propuesta No.4: Herramienta para cálculo de horas extra y balance de línea**

**Fuente: Elaboración propia**

Para cada propuesta inicialmente se necesita realizar el análisis de la estación crítica; por lo que es importante conocer el proceso que desarrollan y observar si la manera en que lo están ejecutando es el correcto o si se encuentra algún tipo de desperdicio presente causante de tiempos que no generan valor a la unidad.

Luego de la tarea de evaluación de los principales desperdicios o problemas relacionados en el área, se plantean acciones correctivas para cada propuesta elaborada con un responsable a cargo de la ejecución, tanto como personas que pueden ser responsables del proceso en conjunto, apoyo, consultado y persona que deben tener informado de la realización de las tareas.

Y por último, la verificación de la funcionalidad de la propuesta implementada y para elaborar lo anterior, se necesita realizar una reunión con todos los involucrados en la propuesta para evitar que abandonen sus tareas o que se establezcan otras fechas si no pueden cumplir con el plazo. Por otro lado, se debe realizar una nueva toma de tiempos

en las estaciones para llevar control del tiempo que se realmente se ahorra al haber implementado las propuestas de solución.

### 5.3 Análisis de factibilidad

Como los recursos a veces se encuentran limitados, es necesario valorar las decisiones sobre la base de evidencias y cálculos correctos de manera que se realiza un análisis de factibilidad para determinar si las cuatro propuestas de solución son factibles a lo largo del tiempo. El propósito de este es analizar los costos de la implementación de las propuestas contra el ahorro para poder relacionar el costo beneficio.

Antes de iniciar con el análisis, es importante tener en cuenta ciertos puntos relevantes para desarrollar y/o interpretar el Cuadro No.27 a continuación.

- El costo de las canoas para todas las estaciones es de \$700 que pertenece a ₡455.000 según cambio de dólar.
- El costo de cada una de las cámaras nuevas con brazo flexible es de \$339 que pertenece a ₡220.350 según cambio de dólar.
- El costo de operario por hora es de aproximadamente ₡2.178 y con cargas sociales de un 1.5 corresponde a ₡3.267.
- El costo del ingeniero de equipos por hora es de aproximadamente ₡2.900 y con cargas sociales del 1.5 corresponde a ₡4.350.
- El costo para la empresa de un pasante es de aproximadamente ₡150.000 la quincena.
- El costo del PBIV por hora es de ₡2600 y con cargas sociales de un 1.5 corresponde a ₡3,900. ₡1,626
- Las unidades producidas por ambos turnos son de 78.
- Se calcula la relación costo/beneficio anual por cada propuesta de mejora tanto como por un marco de tiempo de 4 años que se presenta en la última columna.

Para cada propuesta se calcula cada una de las variables como lo son el costo total de implementación de la herramienta, el ahorro diario y anual, la relación costo beneficio y relación costo beneficio anual.

**Cuadro No. 27 Estudio de factibilidad de propuestas de solución**

<b>Estudio de factibilidad</b>				
<b>Variables</b>	<b>Propuesta de mejora</b>			
	<b>Activación de la máquina láser</b>	<b>Cámaras nuevas</b>	<b>Canoas acrílicas</b>	<b>Herramienta de balance</b>
Costo Total de Inversion	₴ 348,000	₴ 881,400	₴ 455,000	₴ 30,000
Ahorro Total de Inversion	₴ 2,149,712	₴ 450,278	₴ 595,528	₴ 95,367
Tiempo Antes de la mejora (h)	0.0392	0.0076	0.0175	0.0553
Tiempo Después de la mejora (h)	0.0096	0.0014	0.0093	0.0542
Tiempo de ahorro (h)	0.0296	0.0062	0.0082	0.0011
Unidades diarias totales producidas	78	78	78	78
Tiempo en horas por día	2.309	0.484	0.640	0.086
Costo Operario por hora	₴ 3,267	₴ 3,267	₴ 3,267	₴ 3,900
Ahorro diario	₴ 7,543	₴ 1,580	₴ 2,090	₴ 335
Ahorro anual	₴ 2,149,712	₴ 450,278	₴ 595,528	₴ 95,367
Relacion costo beneficio Annual	6.18	0.51	1.31	3.18
Relacion costo beneficio a 4 años	24.71	2.04	5.24	12.72

**Fuente: Elaboración propia**

Del Cuadro No. 27 anterior podemos evidenciar lo siguiente para:

## **5.4 Propuestas**

### **5.4.1 Propuesta de activación de la máquina láser número 2**

- El costo total de inversión es de ₴348 000 ya que el costo por día del ingeniero de equipos el cual es el encargado de activar la máquina láser 2, es multiplicado por los días que debería dedicarle al 100% para realizar la tarea, el cual se aproxima a 10 días.
- Ya que el costo total de inversión es de ₴348 000 para activar la láser 2 y el ahorro total de inversión anual es de ₴2 149 712 se puede concluir que esta propuesta generará ganancias y no pérdidas. El ahorro anual se calculó basado en el ahorro de horas días de 2.309 horas, por el costo de Operario por hora que es ₴3.267, por un promedio anual de días laborales de 285 días según calendario productivo de *Boston Scientific*.
- La relación costo/ beneficio es viable ya que indica que es de 6.18 anual lo cual significa que los beneficios son mayores a los costos ya que logra cubrir el costo total de inversión en consecuencia, la propuesta debería ser considerada a

implementarse. Por otro lado, se realiza la relación costo beneficio a 4 años la cual es de 24.71, lo que quiere decir que en 4 años se puede obtener 23.7 veces más de lo que se invirtió inicialmente.

#### **5.4.2 Propuesta de compra de cámaras nuevas**

- El costo total de inversión es de ₡881 400 ya que el costo de cada cámara es de ₡220 350 y por decisión del equipo solamente se requiere la compra de 4 ellas, ya que son solamente para las estaciones que se encuentran activas.
- El costo total de inversión para esta propuesta es de ₡881 400 y el ahorro total de inversión anual es de ₡450 278 por lo que es más grande mi gasto de inversión que mi ahorro anual de la propuesta. El ahorro anual se calculó basado en el ahorro de horas días de 0.484 horas, por el costo de Operario por hora que es ₡3.267, por un promedio anual de días laborales de 285 días según calendario productivo de *Boston Scientific*.
- La relación costo/ beneficio anual indica que es de 0.51 lo cual significa que los costos superan a los beneficios en consecuencia, la propuesta debería ser reconsiderada con una cantidad menor de cámaras nuevas ya que así la relación costo/beneficio anual será superior a 1. Ahora bien, en el caso de la relación costo/beneficio a 4 años, nos indica un 2.04, lo que quiere decir que se obtienen resultados de beneficios hasta ese determinado tiempo.

#### **5.4.3 Propuesta de colocación de canoas acrílicas aéreas**

- El costo total de inversión para esta propuesta es de ₡455 000 y el ahorro total de inversión anual es de ₡595 528. El ahorro anual se calculó basado en el ahorro de horas días de 0.640 horas, por el costo de Operario por hora que es ₡3.267, por un promedio anual de días laborales de 285 días según calendario productivo de *Boston Scientific*.
- La relación costo/ beneficio anual indica que es de 1.31 lo que quiere decir que va a haber una ganancia y la propuesta debe ser considerada. La relación costo/beneficio a 4 años, nos calcula un 5.24, lo que quiere decir que en 4 años

se puede obtener 4.23 veces más de lo que se invirtió inicialmente si colocamos las canoas acrílicas aéreas.

#### **5.4.4 Propuesta de Herramienta de balance de cargas y cálculo de horas extra**

- El costo total de inversión es de ₡30 000 ya que se toma en cuenta el subsidio que le da la empresa al estudiante, por lo que el costo se calcula entre los días que le dedicó el estudiante de manera efectiva a la elaboración de la herramienta que fueron 3 y; el ahorro total de inversión anual de ₡95 367. El ahorro anual se calculó basado en el ahorro de horas días de 0.086 horas, por el costo del PBIV por hora que es ₡3.900, por un promedio anual de días laborales de 285 días según calendario productivo de *Boston Scientific*.
- La relación costo/ beneficio anual indica que es de 3.18 lo que quiere decir que va a cubrir el costo total de inversión y van a haber ganancias de 2.18 veces más de lo que se invirtió en un año. Ahora bien, la relación costo/beneficio a 4 años, indica un 12.72, lo que significa que en 4 años se puede obtener 11.71 veces más de lo que se invirtió inicialmente en esta herramienta.

## **VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

- Se caracterizaron los procesos de la línea 1 en el IV capítulo, en la sección 3 “Generalidades de procesos de Ensamble Final” adicional de la implementación de diagramas de flujo de proceso realizados que se encuentran en los Apéndices 2,3,4,5,6,7,8,9,10 y 11, logrando el entendimiento y la identificación de oportunidades para el desarrollo de las propuestas.
- Los desperdicios identificados en la estación cuello de botella son por transportes de 2.35 minutos representando un 6.72% del proceso Unión de Cables y ensamblaje de cobertores; en desperdicios por movimientos 1.50 minutos representando un 4.29% del proceso, por lo que se concluye que el total de tiempos por desperdicios es de 3.85 minutos siendo un 11.01% del proceso, sin embargo con las propuestas de mejora este 11.01% de desperdicios se vería reducido a un 7.52% ya que se disminuyen 2.63 minutos del proceso.
- Se evidencia que el cuello de botella de la Línea 1 en el área de Ensamble Final es el proceso de Unión de cables y ensamblaje de cobertores con un tiempo estándar actual por unidad en Turno A de 34.95 minutos y en Turno B de 34.63 minutos, sin embargo, una vez que se presentan las propuestas de mejoras en desperdicios nos indica que el tiempo de ahorro sería de 2.63 minutos por lo que ese tiempo estándar pasaría a ser de 32.33 minutos en Turno A y 32.00 minutos para Turno B.
- La productividad de la Línea 1 en el área de Ensamble Final es definida por el proceso cuello de botella Unión de cables y ensamblaje de cobertores por lo que actualmente en Turno A es de 1.7 unidades por hora y en Turno B de 1.7 por hora, pero al implementar las propuestas de mejora para desperdicios en transporte y movimientos su productividad pasaría a ser de 1.9 unidades por hora para ambos turnos, Turno A y Turno B.

- Con los datos obtenidos en la simulación de las propuestas para la disminución de desperdicios en transporte se demuestra que se obtiene 1.78 minutos de ahorro en el proceso cuello de botella con la activación de la máquina láser 2 y en movimientos 0.85 minutos de ahorro con la implementación de canoas aéreas acrílicas y cámaras nuevas, con un total de 2.63 minutos que representa una reducción de desperdicios de un 11.01% a un 7.52%.
- Se estima que la cantidad de minutos ahorrados por desperdicios por unidad es de 1.22 minutos lo que representa por día 95.16 minutos ya que se realizan 78 unidades diarias por ambos turnos, esto quiere decir que al mes van a dejar de ser improductivos 412 minutos que son 6.86 horas si se implementan las propuestas de canoas aéreas acrílicas, nuevas cámaras y activación de la láser 2, lo cual representa un 1,5% de reducción en el tiempo estándar total del proceso.
- Con la utilización de la propuesta de la herramienta para el cálculo de las horas extra y balance de cargas, el PBIV y/o supervisor del área duraría aproximadamente 3 minutos cuando antes duraba aproximadamente 28 minutos. Es decir, si 4 veces al mes necesitaban realizar estos cálculos de manera manual como la cantidad de horas extra que se necesitan para completar las unidades requeridas por estación tanto el costo de las horas extra de los especialistas que se requieren, 112 minutos eran improductivos mensualmente. Al implementar esta herramienta el tiempo requerido para esta tarea sería de 3 minutos por lo que el tiempo al mes si se realiza 4 veces es de 12 minutos, lo que reduce 100 minutos mensuales que el PBIV y/o supervisor pueden dedicar a otras tareas.
- Con la determinación de ahorros se obtiene que el beneficio de la implementación de las propuestas de solución de desperdicios corresponde a ₡3 195 518 anuales y con la suma de la implementación de la herramienta de cálculo de horas extra y balance de cargas se tendría un ahorro total de ₡3 290 885 anuales.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda a *Boston Scientific Corporation* la implementación de las propuestas con el siguiente orden de mayor a menor factibilidad económica:

- Activación de Láser 2, ya que es la que resulta con mayor relación costo/ beneficio anual con un 6.18 y a 4 años con un 24.71. También porque el ahorro total de inversión es de ¢2 149 712 versus su costo de inversión de ¢348 000 por lo que factible darle seguimiento a esta propuesta. Además de esto, el tiempo de reducción por transporte de 2.35 minutos se vería reducido en 34.72 segundos, por lo que su productividad aumentaría y tiempos muertos bajarían.
- Como segunda recomendación de implementación de propuestas se encuentra la herramienta de balance de cargas y cálculo de horas extra ya que su relación costo/beneficio anual es de un 3.18 y a 4 años un 12.72. Su costo total de inversión es muy bajo y corresponde a ¢30 000 y su ahorro total es de ¢95 367. Además de esto, facilita al PBIV y/o supervisor a realizar un balance de cargas de la línea de manera fácil y rápida para así crear diferentes iteraciones de escenarios de distintas personas en las estaciones de trabajo tanto como el conocimiento instantáneo del costo de horas extra a pagar.
- Como tercera recomendación de implementación de propuestas se encuentra la colocación de nuevas canoas de material acrílico de forma aérea en las estaciones de trabajo ya que su costo beneficio anual es de 1.31 y a 4 años, 5.24 veces más de lo que se gastó en su inversión de ¢455 000 y su ahorro anual sería de ¢595 528. Cabe mencionar, otros beneficios con la recolocación de estas canoas de manera aérea y es que el operario tendrá 20 cm más de espacio efectivo en la estación de trabajo lo que ocasiona que se reduzcan movimientos de más por falta de espacio e incomodidad al trabajar.

- Como última pero no menos importante, la implementación de nuevas cámaras para la inspección del *Array* tiene un costo total de inversión de ₡881 400 y un ahorro de ₡450 278 anual. Debido a que su relación costo/beneficio anual es de 0.51 con la adquisición de 4 cámaras, no se recomienda esta compra ya que no llegaría a generar ninguna ganancia, pero se propone la compra de 2 cámaras para que su relación costo beneficio sea mayor a 1 es decir que recupere la inversión en un año y genere ganancias, de esta manera el siguiente año se compran 2 cámaras más.

## BIBLIOGRAFÍA

ACTION GROUP *Education & Consulting* . (s.f.). *Action Group*. Obtenido de Técnica para el Análisis de Problemas 5W2H: <http://www.actiongroup.com.ar/download/5w2h.pdf>

*Boston Scientific* (2020). *Acerca De – Ubicaciones*. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/es-co/acerca-de/ubicaciones.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses - Endoscopy* [Negocios - Endoscopía]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/endoscopy.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses – Interventional Cardiology* [Negocios – Intervención *Caradíaca*]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/interventional-cardiology.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses - Neuromodulation* [Negocios - *Neuromodulación*]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/neuromodulation.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses – Peripheral Intervention* [Negocios – Intervención *Periférica*]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/peripheral-interventions.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses – Urology and Pelvic Health* [Negocios – Urología y *Salud Pélvica*]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses/urology-pelvic-health.html>

*Boston Scientific* (2020). *Businesses* [Negocios]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/core-businesses.html>

*Boston Scientific* (2020). *Historia*. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/es-ES/acerca-de/historia.html>

*Boston Scientific* (2020). *Leadership* [Liderazgo]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/leadership.html>

*Boston Scientific* (2020). *Medical Specialties – Electrophysiology* [Especialidades Médicas – Electrofisiología]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/en-US/medical-specialties/electrophysiology.html>

*Boston Scientific* (2020). *Mission and Values* [Misión y Valores]. Recuperado de [https://www.bostonscientific.com/kr-KR/company-overview/Mission\\_Value.html](https://www.bostonscientific.com/kr-KR/company-overview/Mission_Value.html)

*Boston Scientific* (2020). *Our History* [Nuestra Historia]. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/kr-KR/company-overview/history1.html#1980>

*Boston Scientific* (2020). *Productos*. Recuperado de <https://www.bostonscientific.com/es-ES/productos.html>

*Boston Scientific* (2021). *Q2 2021 Highlights* [Aspectos destacados del Segundo Trimestre 2021]. Recuperado de *Q2 2021 Financial & Operational Highlights* (bostonscientific.com)

Conesa, J. E. P. (2007). *Kaizen: Cuando la mejora se hace realidad*. *Técnica Industrial*, 271, 31. Recuperado de *Kaizen.\_Cuando\_la\_mejora\_se\_hace\_realidad-with-cover-page-v2.pdf* (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)

Hinojosa, M. A. (2003). *Diagrama de Gantt*. Producción, procesos y operaciones.

McKeever, C. (2006). *The Project Charter – Blueprint for Success* [El Charter del Proyecto – Plan para el Éxito]. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.208.9423&rep=rep1&type=pdf>

Minetto, B. (3 de abril de 2021). *Qualitiex*, Blog de Calidad. Obtenido de <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>

*Rasmusson, D. (2006). The SIPOC Picture Book: A Visual Guide to the SIPOC/DMAIC*

*Relationship [El libro de imágenes SIPOC: Una guía visual de la relación SIPOC/DMAIC].*  
Oriental Corporation.

*Vorne. (2019). OOE.com. Retrieved from WHAT IS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS?: <https://www.oeo.com/>*

## APENDICES

### APÉNDICE 1. *Project Charter* del Proyecto

<b>Compañía</b>		<i>Boston Scientific Costa Rica</i>
<b>Proyecto</b>		Propuestas de mejoras productivas en la Línea 1 en la empresa <i>Boston Scientific Costa Rica</i> donde se realizan catéteres de mapeo de corazón.
<b>Departamento</b>		Producción
<b>Proceso</b>		Ensamble Final del catéter
<b>Caso de negocio</b>		<b>Alcance de proyecto</b>
Por disposiciones internas, cada año la empresa <i>Boston Scientific</i> en la Aurora de Heredia, compromete una mejora en su nivel porcentual de productividad en la Línea 1. Debido a esto es de gran necesidad el estudio de las variables que afectan la línea de producción en el año 2022.		Implementar un plan de mejora para la eliminación de mudas de las estaciones críticas identificadas en Línea 1 en dicha empresa médica.
<b>Líder del proyecto</b>		Francis Alvarado Rojas
<b>Problema/ Declaración de oportunidad</b>	<b>Miembros del equipo</b>	<b>Departamento</b>
Durante el pasado año 2022, la productividad de la Línea 1 ha sido de 1.7 unidades por hora. El gap del 11% de la meta para el año 2022 representa aproximadamente \$250 000 de ahorro.	Francis Alvarado Rojas	Ingeniería en Producción
<b>Meta del proyecto</b>		<b>Interesados en el proyecto</b>
Aumentar la productividad de la Línea al menos a 1.9 unidades por hora		Departamento de Finanzas, Producción y Planeación
<b>Plan preliminar</b>		<b>Riesgos del proyecto</b>
<b>Fase</b>	<b>Fecha inicio-entrega</b>	El monitoreo de procesos es un proyecto a nivel planta que tiene sus respectivas normas y reglamentos para su implementación, debido a esto una de las limitaciones es la aprobación de cualquier mejora por toda la cadena de mando, dígase ingeniero de calidad, ingeniero de manufactura y el experto en el área.
<i>Definir</i>	Enero	
<i>Medir</i>	Febrero	
<i>Analizar</i>	Marzo	
<i>Mejorar</i>	Marzo	
<i>Controlar</i>	Abril	

## APÉNDICE 2. Diagrama de flujo de procesos Estación 1 Prueba eléctrica del cableado

Proceso	Prueba Eléctrica del cableado
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 1	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	⊗	➔	▽		
1. Realice limpieza del equipo con una toalla humedecida con alcohol isopropílico	●					0.6	0
2. Prepare los fluidos de agua salina, agua esterilizada y alcohol isopropílico en un beaker	●					1.1	0
3. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo, específicamente debajo del microscopio				●		0.16	1.5
4. Realice la inspección de los cables, la laminación del FPC, Shaft y Feeder Tube		●				1.2	0
5. Encienda la alimentación eléctrica de la Electrical Tester	●					0.03	0
6. Realice los preparativos para la Electrical Tester en la pantalla de autenticación e ingrese su usuario y su contraseña	●					1.1	0
7. Conecte la herramienta conectora para prueba de cables y espere que cargue información en pantalla	●					0.05	0
8. Escanee número de lote y número de unidad para inicio de estación	●					0.03	0
9. Realice prueba de funcionamiento eléctrico del "FPC" en la solución salina que se encuentre en el beaker	●					1.17	0
10. Presione ENTER y la prueba de circuitos abiertos empezará automáticamente	●					0.01	0
11. Enjuagar gentilmente el "FPC" en agua estéril	●					0.4	0
12. Enjuagar gentilmente el "FPC" en alcohol isopropílico	●					0.34	0
13. Remueva y gentilmente limpie cualquier exceso con una toalla de residuos	●					0.1	0
14. Someta la unidad al sistema para cierre de estación	●					0.08	0
15. Coloque la unidad en el IPK de la siguiente estación				●		0.15	1.5
<b>Total</b>	12	1	0	2	0	6.52	3

### APÉNDICE 3. Diagrama de flujo de procesos Estación 2 *Coil Coating* del cableado

Proceso	<i>Coil Coating</i> del cableado
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 2	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	⊗	➔	▽		
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo, específicamente debajo del microscopio				●		0.15	1.5
2. Confirme que el coil no está abierto, sino contacte a un miembro del CoreTeam		●				0.83	0
3. Inserte la unidad en el sistema al confirmar que inicio de estación	●					0.25	0
4. Tome la unidad y limpie cuidadosamente los coils con un hisopo impregnado de alcohol	●					0.5	0
5. Coloque la unidad en el fixture cuidadosamente y asegúrese que los cables queden por fuera	●					0.13	0
6. Con una botella de Loctite dispense adhesivo de forma que cubra por completo la cavidad del fixture de lado a lado	●					0.33	0
7. Mueva el recipiente donde va el adhesivo hacia su posición más proximal	●					0.08	0
8. Accione la palanca para levantar el recipiente donde va el adhesivo de manera que se cubran los coils completamente con el adhesivo	●					0.08	0
9. Limpie el exceso de adhesivo de izquierda a derecha de forma que quede distribuido uniformemente	●					0.33	0
10. Cure el adhesivo sobre los coils con la pistola de Luz UV por 2 minutos	●					2	0
11. Remueva la pieza del fixture con cuidado de no maltratar o estirar los coils	●					0.45	0
12. Deslice los peek tubes sobre el coil con el coating para confirmar que cumple con el grosor	●					0.11	0
13. Mda con un caliper digital que el coating tenga una longitud mayor a 22 mm		●				0.09	0
14. Someter la unidad lista al sistema para cierre de estación	●					0.07	0
15. Coloque la unidad en el IPK de la siguiente estación				●		0.16	2
<b>Total</b>	11	2	0	2	0	5.56	3.5

## APÉNDICE 4. Diagrama de flujo de procesos Estación 3 Instalación del Deployment y el Sensor

Proceso	Instalación del <i>Deployment</i> y el Sensor
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 3	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	⊗	➔	▽		
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la superficie limpia de trabajo, con la parte del pigtail hacia el microscopio						0.5	2
2. Inserte la unidad en el sistema para confirmar que inicio de estación						0.33	0
3. Realice inspección de la pieza y verifique que se cumpla con las características indicadas						2	0
4. Tome la unidad y coloque el extremo Distal enfrente suyo y el extremo Proximal a la izquierda						0.2	0
5. Acomode los Cables tanto en el área distal y proximal del shaft de izquierda a derecha						0.6	0
6. Inserte la punta del mandril cuidadosamente en el extremo proximal de la unidad						0.33	0
7. Utilice el Shrink Tubing para unirlo con el mandril del extremo distal del shaft y el sensor de cables						3	0
8. Encoja los shrink tubing con la pistola de calor de forma que se adhiera al mandril y el sensor de cables para formar una sola pieza						4	0
9. Coloque la unidad en el fixture para la entrada del tip distal y enebre desde el extremo proximal halando el mandril con el sensor de cables hasta el extremo proximal						3.2	0
10. Pegue con loctite el sensor con el deployment y cure con la pistola UV						3	0
11. Sometala unidad lista al sistema para cierre de estación						0.25	0
12. Coloque la unidad en el IPK de la estación						0.23	4
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>17.64</b>	<b>6</b>

## APÉNDICE 5. Diagrama de flujo de procesos Estación 4 Ensamble del Array

Proceso	Ensamble del Array
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 4	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	⊗	➔	▽		
1. Realice limpieza de tips en lavadora ultrasonica con alcohol	●					3.23	0
2. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo de manera que quede el shaft hacia su posición más proximal				●		0.18	2
3. Con la Hot Box, aplique calor con la Hot Box, en el shaft moviendo lentamente	●					2.6	0
4. Coloque la unidad en la mesa de trabajo de manera que quede la tarjeta eléctrica hacia su posición más proximal	●					0.52	0
5. Remueva la pieza del fixture con cuidado y coloque la parte de la tarjeta eléctrica debajo del microscopio	●					0.66	0
6. Limpie cuidadosamente la tarjeta eléctrica con un hisopo impregnado de alcohol	●					0.51	0
7. Coloque la tarjeta eléctrica en un mandril de forma cilíndrica	●					0.25	0
8. Realice el mandril de la tarjeta eléctrica y luego inserte el collar para cerrar la tarjeta eléctrica			●			3.6	0
9. Inserte el tip en la tarjeta eléctrica	●					0.08	0
10. Tome la unidad y colóquela sobre el fixture del procedimiento de manera que compruebe que esté alineada con las medidas del mismo	●					2.5	0
11. Con una botella de Loctite dispense adhesivo de forma que cubra por completo la cavidad del tip, el collar y la parte más proxima de la unidad	●					4.07	0
12. Cure el adhesivo sobre las cavidades de los componentes del paso 8, con la pistola de Luz UV	●					2	0
13. Tome la tarjeta eléctrica ya terminada (en forma de cono) e inserte molde de vidrio	●					0.13	0
14. Con la Hot Box, aplique calor en el molde de vidrio moviendo lentamente y luego remueva el molde			●			1.3	0
15. Coloque la tarjeta eléctrica terminada bajo microscopio e inspeccione que no tenga ninguna incoformidad			●			1.03	0
16. Someter la unidad lista al sistema para cierre de estación	●					0.48	0
17. Coloque la unidad en el IPK de la siguiente estación				●		0.14	2
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>23.28</b>	<b>4</b>

## APÉNDICE 6. Diagrama de flujo de procesos Estación 5 Unión de cables y ensamble de cobertores

Proceso	Unión de cables y ensamble de cobertores
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 5	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	◻	➔	▽		
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre el bandeja del aéreo de la estación						0.4	1.5
2. Escanee el número universal del producto de la unidad	●					0.5	0
3. Transládese al equipo Laser y realice el encendido del equipo						1.18	8
4. Abra las compuertas y jale la bandeja del fixture que se encuentra al lado izquierdo del equipo	●					0.06	0
5. Posicione el Handle Housing en la cavidad del fixture de la Laser , cierre la bandeja y compuertas	●					0.24	0
6. Presione el botón de Iniciar ciclo para que el equipo inicie proceso de marcado del Handle Housing	●					0.02	0
7. Abra las compuertas y el fixture y retire la unidad y asegúrese de dejar todas las compuertas del Equipo Laser cerradas						0.63	0
8. Verifique que el Equipo Laser marcó el logo de Boston Scientific, el QR y el número serial de la unidad sino rechace el componente		●				0.13	0
9. Transládese a la mesa de trabajo de la estación con el Handle Housing						1.17	8
10. Escanee número de lote, número de unidad para inicio de estación y tanto como el QR del Handle Housing y los componentes a utilizar	●					1.2	0
11. Coloque el Handle Housing en el Fixture de Base, posicione cuidadosamente el subensamble en el Handle Housing y luego coloque la unidad debajo del microscopio						1.3	0
12. Realice la unión del subensamble de los cables al Handle Housing con locitte seguldamente cure con pistola UV						12.83	0
13. Realice articulación del distal tip y curva del shaft hasta que el plano de articulación coincida con la superficie del Handle base del Fixture	●					5.2	0
14. Confirme que el Spline 5 este hacia arriba (reposicione según sea necesario)		●				0.36	0
15. Ensamble los componentes de ajuste de función al Handle Housing con locitte y cure con pistola UV						4.9	0

16. Ensamble y pegue con loctite tarjeta de memoria en el Handle Housing, luego cure con pistola UV						2.33	0
17. Coloque la unidad en el fixture de pretensión de manera que las articulaciones cumplan con los parametros del fixture						0.4	0
18. Retire la unidad de fixture de pretensión y verifique el diametro del shaft con el Ring Gage						0.67	0
19. Coloque la unidad en el fixture de Base y coloque el Handle Cover sobre el Handle Housing de forma que los pines esten alineados y apriete para ensamblar						1.43	0
20. Realice cierre de estación en sistema y someta la unidad						0.4	0
21. Coloque la unidad en el IPK de la siguiente estación						0.6	1
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>35.95</b>	<b>18.5</b>

## APÉNDICE 7. Diagrama de flujo de procesos Estación 6 Soldado de Sensor y Conector

Proceso	Soldado de Sensor y Conector
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 6	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	⊗	➡	▽		
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo				●		0.13	4
2. Escanee la unidad en el sistema al confirmar que inició de estación	●					0.25	0
3. Coloque la unidad sobre el fixture sujetador frente a usted	●					0.6	0
4. Recorte los cables trenzados de la salida de la unidad	●					0.66	0
5. Suelde cada cable destrenzado	●					3.7	0
6. Utilice el multimetro digital y verifique los sets de cables soldados y asegúrese que cumplan las condiciones establecidas			●			1.3	0
7. Ensamble la base del conector al conector	●					0.23	0
8. Asegure con adhesivo y cure con pistola de luz UV				●		0.83	0
9. Guíe el cableado y cierre el conector				●		1.3	0
10. Coloque el colector del conector de tal forma que se alineen los pines de acoplamiento	●					0.12	0
11. Realice cierre de estación en sistema y someta la unidad	●					0.12	0
12. Coloque la unidad en el IPK de la siguiente estación				●		0.14	1
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>9.38</b>	<b>5</b>






## APÉNDICE 8. Diagrama de flujo de procesos Estación 7 Prueba de fuga y flujo

Proceso	Prueba de fuga y flujo
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 7	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
	○	□	◻	➡	▽		
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo de la estación				●		0.09	1
2. Encienda el interruptor del equipo para prueba del cateter	●					0.06	0
3. Escanee la unidad en sistema para inicio de estación	●					0.08	0
3. Coloque el shaft dentro del conector del equipo	●					0.58	0
4. Presione el botón para iniciar la prueba y espere que se ejecute la prueba	●					0.58	0
5. Verifique que el resultado de la prueba no indique hay alguna fuga en la prueba. Acepte cuando el resultado indique "ACEPTADO"		●				0.03	0
6. Remueva el cateter del equipo de prueba de fugas	●					0.21	0
7. Apague el equipo una vez terminado	●					0.1	0
8. Realice cierre de estación en sistema y someta la unidad	●					0.16	0
9. Coloque la unidad en el IPK de la estación				●		0.06	0.35
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1.95</b>	<b>1.35</b>














## APÉNDICE 9. Diagrama de flujo de procesos Estación 8 Inspección Funcional

Proceso	Inspección Funcional
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 8	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
							
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo de la estación						0.05	0.6
2. Escanee la unidad y realice inicio de estación en sistema						0.08	0
3. Coloque la unidad en el fixture de inspección y verifique cumple la geometría. Rechace si no cumple este requerimiento						0.7	0
4. Coloque la unidad debajo del microscopio y verifique el diámetro del distal (punta del cateter)						0.38	0
5. Verifique la articulación y frenado de la unidad. Rechace si no cumple este requerimiento						0.3	0
6. Verifique que la unidad no se encuentre fuera del plano establecido. Rechace si no cumple este requerimiento						0.2	0
7. Realice cierre de estación en sistema y someta la unidad						0.25	0
9. Coloque la unidad en el IPK de la estación						0.1	3
<b>Total</b>	2	2	2	2	0	2.06	3.6
















## APÉNDICE 10. Diagrama de flujo de procesos Estación 9 Prueba Eléctrica

Proceso	Prueba Eléctrica
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 9	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
							
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo de la estación						0.14	1
2. Prepare los fluidos a utilizar en un beaker						0.23	0
3. Coloque la pastilla de agitación dentro del beaker y setee la velocidad de agitación del equipo						0.06	0
4. Confirme que el rack del IPK ha sido preparado como para el final de la estación ya que solo un cateter debe de estar en la estación de trabajo al mismo tiempo						0.03	0
5. Realice los preparativos de inicio para la Electrical Tester						0.25	0
6. Escanee el número serial de la unidad y realice inicio de estación						0.06	0
7. Sumerja el Array en el beaker con agua salina						0.05	0
8. Presione ENTER para iniciar la prueba de circuitos abiertos y verifique si pasa o falla la prueba. Si no cumple, contacte al CoreTeam						0.45	0
9. Remueva el Array de la solución salina y enjuaguelo en el beaker con agua esteril						0.05	0
10. Enjuague el Array en el beaker con alcohol y remueva exceso con una toalla						0.13	0
11. Coloque la unidad en el fixture de Registro Magnético y confirme funcionalidad del Array						0.5	0
12. Use una toalla para remover cualquier sustancia del fixture Registro Magnético						0.08	0
13. Someta la unidad al sistema y realice el cierre de estación						0.16	0
14. Coloque la unidad en el IPK de la estación						0.05	1
<b>Total</b>	5	1	6	2	0	2.24	2

## APÉNDICE 11. Diagrama de flujo de procesos Estación 10 Inspección Visual y Fotos

Proceso	Inspección Visual y Fotos
Fecha	03/04/2022
Analista:	Francis Alvarado Rojas
Línea:	Línea 1 ensamble final

Estación 10	Actividad					Tiempo (min)	Distancia recorrida (m)
	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenaje		
							
1. Tome la unidad del IPK y colóquela sobre la mesa de trabajo de la estación						0.05	2
2. Confirme que se tengan espacios para colocar la unidad en el IPK para la siguiente estación						0.03	0
3. Escanee la unidad e realice inicio de estación en sistema						0.1	0
4. Realice una inspección visual y táctil del cateter a simple vista y remueva cualquier partícula o fibra suelta con una toalla impregnada de alcohol						1.1	0
5. Traslade la unidad donde se encuentra el microscopio Keyence para revisar la unidad a una magnificación de 200X						1.2	0.3
6. Coloque la unidad en un fixture de soporte y tome fotos de las regiones del cateter establecidas						1.41	0
7. Dirijase a la carpeta de Producción y cree una carpeta con el número de la unidad y coloque las fotos dentro de esta carpeta						0.83	0
8. Un representante de producción debe firmar que los datos ingresados en sistema sean correctos.						0.13	0
9. Una vez lista la firma, someta la unidad al sistema y realice el cierre de estación						0.08	0
10. Coloque la unidad en el IPK de la estación						0.09	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>5.02</b>	<b>3.3</b>

## APÉNDICE 12. Premuestro de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno A

<b>Estación 1 Prueba Eléctrica del cableado</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 1	1	6.48
	2	6.56
	3	6.42
	4	6.63
	5	6.51
<b>Promedio</b>		<b>6.52</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.08</b>

<b>Estación 2 Coil Coating del cableado</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 2	1	5.56
	2	5.58
	3	5.53
	4	5.59
	5	5.56
<b>Promedio</b>		<b>5.56</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.02</b>

<b>Estación 3 Instalación del deployment y sensor</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 3	1	16.52
	2	17.72
	3	17.69
	4	17.45
	5	17.34
Especialista 4	6	17.76
	7	17.68
	8	17.72
	9	17.91
	10	17.45
Especialista 5	11	17.71
	12	17.9
	13	17.92
	14	17.97
	15	17.92
<b>Promedio</b>		<b>17.64</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.36</b>

Continuación del muestreo de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno A

<b>Estación 4 Ensamblaje del Array</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 6	1	23.25
	2	23.32
	3	23.26
	4	23.71
	5	23.87
Especialista 7	6	23.36
	7	23.26
	8	23.11
	9	23.87
	10	23.28
Especialista 8	11	23.42
	12	23.86
	13	22.66
	14	23.33
	15	22.86
<b>Promedio</b>		<b>23.36</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.35</b>

<b>Estación 5 Ensamblaje del Handle</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 9	1	34.25
	2	35.87
	3	34.89
	4	34.21
	5	35.88
Especialista 10	6	34.85
	7	34.87
	8	35.12
	9	34.98
	10	34.78
Especialista 11	11	34.95
	12	35.56
	13	35.94
	14	34.84
	15	35.71
Especialista 12	16	34.94
	17	33.69
	18	34.88
	19	34.89
	20	33.92
<b>Promedio</b>		<b>34.95</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.63</b>

Continuación del muestreo de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno A

<b>Estación 6 Soldado del Sensor y Conector</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 13	1	9.26
	2	9.37
	3	9.58
	4	9.21
	5	9.5
<b>Promedio</b>		<b>9.38</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.16</b>

<b>Estación 7-8 Pruebas de fuga y flujo Inspección funcional</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 14	1	3.98
	2	4.02
	3	4.05
	4	4.03
	5	3.98
<b>Promedio</b>		<b>4.01</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.03</b>

<b>Estación 9-10 Prueba eléctrica e Inspección visual y fotos</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 15	1	7.34
	2	7.23
	3	7.26
	4	7.27
	5	7.2
<b>Promedio</b>		<b>7.26</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.05</b>

### APÉNDICE 13. Premuestro de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno B

<b>Estación 1 Prueba Eléctrica del cableado</b>		
Encargado	N° de muestra	Tiempo
Especialista 1	1	6.26
	2	6.34
	3	6.52
	4	6.47
	5	6.32
<b>Promedio</b>		<b>6.38</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.11</b>

<b>Estación 2 Recubrimiento protector del cableado</b>		
Encargado	N° de muestra	Tiempo
Especialista 2	1	5.45
	2	5.5
	3	5.58
	4	5.47
	5	5.42
<b>Promedio</b>		<b>5.48</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.06</b>

<b>Estación 3 Instalación del Deployment y sensor</b>		
Encargado	N° de muestra	Tiempo
Especialista 3	1	17.26
	2	17.34
	3	17.51
	4	17.54
	5	17.56
Especialista 4	6	17.43
	7	17.29
	8	17.23
	9	17.31
	10	17.38
<b>Promedio</b>		<b>17.39</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.12</b>

Continuación del muestreo de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno B

<b>Estación 4 Formado del Array</b>		
Encargado	Nº de muestra	Tiempo
Especialista 5	1	22.31
	2	23.05
	3	23.14
	4	23.25
	5	23.22
Especialista 6	6	23.1
	7	23.26
	8	22.21
	9	23.25
	10	23.24
<b>Promedio</b>		<b>23.00</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.40</b>

<b>Estación 5 Unión de cables y ensamblaje de cobertores</b>		
Encargado	Nº de muestra	Tiempo
Especialista 7	1	34.2
	2	34.11
	3	35.01
	4	34.26
	5	33.55
Especialista 8	6	34.49
	7	34.58
	8	35.12
	9	34.36
	10	34.33
Especialista 9	11	34.49
	12	35.6
	13	35.54
	14	34.54
	15	35.24
<b>Promedio</b>		<b>34.63</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.57</b>

Continuación del muestreo de los procesos Línea 1 Ensamble Final Turno B

<b>Estación 6 Soldado del Sensor y Conector</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 10	1	9.23
	2	9.41
	3	9.5
	4	9.42
	5	9.23
<b>Promedio</b>		<b>9.36</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.12</b>

<b>Estación 7-8-9-10 Finales: Pruebas fuga y flujo, inspección funcional, prueba eléctrica e inspección visual y fotos</b>		
Encargado	N de muestra	Tiempo
Especialista 11	1	11.2
	2	11.15
	3	11.1
	4	11.36
	5	11.34
<b>Promedio</b>		<b>11.23</b>
<b>Desviación estandar</b>		<b>0.12</b>

**APÉNDICE 14. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 1 Turno Mixto**

Turno Diurno	Unidades a Producir
Uds Extra a Producir	

Tabla 1 Asignación de Especialistas por Estación Turno Mixto					
Proceso	Especialistas Asignados	Especialista (Nombre)	Cargo	Costo por hora Extra	Costo Total Horas Extras Asignadas
1) Wiring	0	0	-	-	€0
2) Coil	0	0	-	-	€0
3) Instalación del Deployment	0	0	-	-	€0
4) Formado del Array	0	0	-	-	€0
5) Handle	0	0	-	-	€0
6) Soldado de sensores y conectores	0	0	-	-	€0
7) Pruebas de fuga y flujo	0	0	-	-	€0
8) Inspección funcional	0	0	-	-	€0
9) Prueba eléctrica	0	0	-	-	€0
10) Inspección visual y fotos	0	0	-	-	€0

**APÉNDICE 15. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 2 Turno Mixto**

Tabla 2							
Unidades Completas							
(Asignar en la tabla 1 todos los especialistas por estación)							
Turno Mixto							
Proceso	Tiempo Estándar (min/ea)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Estaciones Activas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra
1) Wiring	6.38	0.11	0.0	1	0	0.00	€0
2) Coil	5.48	0.09	0.0	1	0	0.00	€0
3) Instalación del Deployment	17.39	0.29	0.0	2	0	0.00	€0
4) Formado del Array	23.00	0.38	0.0	3	0	0.00	€0
5) Handle	34.63	0.58	0.0	4	0	0.00	€0
6) Soldado de sensores y conectores	9.36	0.16	0.0	1	0	0.00	€0
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.05	0.0	1	0	0.00	€0
8) Inspección funcional	2.80	0.05	0.0	1	0	0.00	€0
9) Prueba eléctrica	2.80	0.05	0.0	1	0	0.00	€0
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.05	0.0	1	0	0.00	€0
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.74</b>	<b>0.00</b>				<b>€0</b>

**APÉNDICE 16. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 3 Turno Mixto**

<b>Tabla 3</b>						
<b>Unidades Parciales</b>						
<b>(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar)</b>						
<b>Turno Mixto</b>						
<b>Proceso</b>	<b>Tiempo Estándar (min/ea)</b>	<b>Tiempo Estándar (h/ud)</b>	<b>Total Horas Extra Requeridas</b>	<b>Especialistas Asignados</b>	<b>Horas Extra por Especialista</b>	<b>Costo Horas Extra</b>
1) Wiring	6.38	0.11	0.0	0		
2) Coil	5.48	0.09	0.0	0		
3) Instalación del Deployment	17.39	0.29	0.0	0		
4) Formado del Array	23.00	0.38	0.0	0		
5) Handle	34.63	0.58	0.0	0		
6) Soldado de sensores y conectores	9.38	0.16	0.0	0		
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.05	0.0	0		
8) Inspección funcional	2.80	0.05	0.0	0		
9) Prueba eléctrica	2.80	0.05	0.0	0		
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.05	0.0	0		
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.74</b>	<b>0</b>			<b>€0</b>

**APÉNDICE 17. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 4 Turno Mixto**

Tabla 4							
Unidades Parciales / Asignación de horas extra por proceso							
(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar y asignar en columna E las horas extra totales por proceso)							
Turno Mixto							
Proceso	Tiempo Estándar (min/lea)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra	Unidades Producidas
1) Wiring	6.38	0.11		0			0.0
2) Coil	5.48	0.09		0			0.0
3) Instalación del Deployment	17.39	0.29		0			0.0
4) Formado del Array	23.00	0.38		0			0.0
5) Handle	34.63	0.58		0			0.0
6) Soldado de sensores y conectores	9.36	0.16		0			0.0
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.05		0			0.0
8) Inspección funcional	2.80	0.05		0			0.0
9) Prueba eléctrica	2.80	0.05		0			0.0
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.05		0			0.0
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.74</b>				<b>€0</b>	

**APÉNDICE 18. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 1 Turno Nocturno**

<b>Turno Diurno</b>	<b>Unidades a Producir</b>
<b>Uds Extra a Producir</b>	

<b>Tabla 1</b>					
<b>Asignación de Especialistas por Estación</b>					
<b>Turno Nocturno</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Especialistas Asignados</b>	<b>Especialista (Nombre)</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo por hora Extra</b>	<b>Costo Total Horas Extras Asignadas</b>
1) Prueba eléctrica del cableado	0	0	-		00
2) Recubrimiento protector del cableado	0	0	-		00
3) Instalación del Deployment	0	0	-		00
4) Formado del Array	0	0	-		00
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	0	0	-		00
6) Soldado de sensores y conectores	0	0	-		00
7) Pruebas de fuga y flujo	0	0	-		00
8) Inspección funcional	0	0	-		00
9) Prueba eléctrica	0	0	-		00
10) Inspección visual y fotos	0	0	-		00

**APÉNDICE 19. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 2 Turno Nocturno**

Tabla 2							
Unidades Completas							
(Asignar en la tabla 1 todos los especialistas por estación)							
Turno Nocturno							
Proceso	Tiempo Estándar (min/ud)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Estaciones Activas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra
1) Prueba eléctrica del cableado	6.38	0.1	0.0	1	0	0.00	€0
2) Recubrimiento protector del cableado	5.48	0.1	0.0	1	0	0.00	€0
3) Instalación del Deployment	17.39	0.3	0.0	2	0	0.00	€0
4) Formado del Array	23.00	0.4	0.0	2	0	0.00	€0
5) Unión de cables y ensamble de cobertores	34.63	0.6	0.0	3	0	0.00	€0
6) Soldado de sensores y conectores	9.36	0.2	0.0	1	0	0.00	€0
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.0	0.0	1	0	0.00	€0
8) Inspección funcional	2.80	0.0	0.0	1	0	0.00	€0
9) Prueba eléctrica	2.80	0.0	0.0	1	0	0.00	€0
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.0	0.0	1	0	0.00	€0
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.79</b>	<b>0.00</b>				<b>€0</b>

**APÉNDICE 20. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 3 Turno Nocturno**

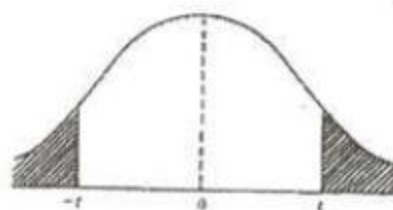
<b>Tabla 3</b>						
<b>Unidades Parciales</b>						
<b>(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar)</b>						
<b>Turno Nocturno</b>						
<b>Proceso</b>	<b>Tiempo Estándar (min/ud)</b>	<b>Tiempo Estándar (h/ud)</b>	<b>Total Horas Extra Requeridas</b>	<b>Especialistas Asignados</b>	<b>Horas Extra por Especialista</b>	<b>Costo Horas Extra</b>
1) Prueba eléctrica del cableado	6.38	0.11	0.0	0		
2) Recubrimiento protector del cableado	5.48	0.09	0.0	0		
3) Instalación del Deployment	17.39	0.29	0.0	0		
4) Formado del Array	23.00	0.38	0.0	0		
5) Unión de cables y ensamblaje de cobertores	34.63	0.58	0.0	0		
6) Soldado de sensores y conectores	9.36	0.16	0.0	0		
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.05	0.0	0		
8) Inspección funcional	2.80	0.05	0.0	0		
9) Prueba eléctrica	2.80	0.05	0.0	0		
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.05	0.0	0		
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.74</b>	<b>0</b>			<b>€0</b>

**APÉNDICE 21. Herramienta de Excel para balance de línea y cálculo de horas extras: Tabla 4 Turno Nocturno**

Tabla 4							
Unidades Parciales / Asignación de horas extra por proceso							
(asignar en tabla 1 los procesos que se quieren adelantar y asignar en columna E las horas extra totales por proceso)							
Turno Nocturno							
Proceso	Tiempo Estándar (min/ud)	Tiempo Estándar (h/ud)	Total Horas Extra Requeridas	Especialistas Asignados	Horas Extra por Especialista	Costo Horas Extra	Unidades Producidas
1) Prueba eléctrica del cableado	6.38	0.11		0			0.0
2) Recubrimiento protector del cableado	5.48	0.09		0			0.0
3) Instalación del Deployment	17.39	0.29		0			0.0
4) Formado del Array	23.00	0.38		0			0.0
5) Unión de cables y ensamble de cobertores	34.63	0.58		0			0.0
6) Soldado de sensores y conectores	9.36	0.16		0			0.0
7) Pruebas de fuga y flujo	2.80	0.05		0			0.0
8) Inspección funcional	2.80	0.05		0			0.0
9) Prueba eléctrica	2.80	0.05		0			0.0
10) Inspección visual y fotos	2.80	0.05		0			0.0
<b>Total</b>	<b>104.64</b>	<b>1.74</b>				<b>€0</b>	

# ANEXO 1. Tabla T Student

**TABLA IV**  
Valores porcentuales de la distribución  $t$



$v$	$\alpha = .4$ $2\alpha = .8$	.25 .5	$\alpha = .1$ .2	$\alpha = .05$ .1	.025 .05	.01 .02	.005 .01	.0025 .005	.001 .002	.0005 .001	← 1 COLA ← 2 COLAS
1	.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62	
2	.289	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.598	
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.214	12.924	
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610	
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869	
6	.265	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959	
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408	
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.504	5.041	
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781	
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587	
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437	
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318	
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221	
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140	
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073	
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015	
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965	
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922	
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883	
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850	
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819	
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792	
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767	
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745	
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725	
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707	
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690	
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674	
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659	
30	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646	
40	.255	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551	
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460	
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373	
$\infty$	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291	

$\alpha = 1 - P(t|v)$  es el área de la cola superior de la distribución con  $v$  grados de libertad, adecuada para empleo contrastes de una cola. Para contrastes de dos colas debe utilizarse  $2\alpha$

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 9 de Octubre del 2022

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Francis Alvarado Rojas con número de identificación 113400561 autor (a) del trabajo de graduación titulado DISMINUCIÓN DE MUDAS Y DESPERDICIOS EN EL ÁREA DEL ENSAMBLE FINAL DE LÍNEA 1 DE LA EMPRESA BOSTON SCIENTIFIC SEDE HEREDIA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2022 presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Bachillerato de Ingeniería Industrial; NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



---

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)**  
**LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y**  
**PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.