

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD
MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL
ÁREA DE SWISS DEL DEPARTAMENTO
DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA
TEGRA MEDICAL PARA EL SEGUNDO
SEMESTRE DEL 2021**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

DANIELA MOREIRA SERRANO

ING. JORGE FRANCISCO ROVIRA GUZMÁN

SAN JOSÉ, JUNIO, 2022

Declaración Jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo **Daniela Moreira Serrano**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **4-0249-0747** egresado de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido 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: **Determinación de la capacidad mediante estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra Medical para el segundo semestre del 2021**, 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 **12** días del mes de **junio** del año dos mil **veintidós**.



Firma del estudiante

Cédula: 4-0249-0747

Carta del tutor

CARTA DEL TUTOR

San José, 11 de junio, 2022.

Señores:
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante, **DANIELA MOREIRA SERRANO**, cédula de identidad número, **4-0249-0747**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL ÁREA DE SWISS DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA TEGRA MEDICAL PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2021.", 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%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		99%

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

Atentamente,

Jorge Rovira
Guzman

Firmado digitalmente
 por Jorge Rovira
 Guzman
 Fecha: 2022.06.11
 13:34:47 -06'00'

Nombre: Jorge Rovira Guzmán
Cédula identidad 1-0749-0253
Carné Colegio Profesional N: II-29011

Carta del lector

CARTA DEL LECTOR

Cartago 12 de julio de 2022

señores
Departamento de registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante Daniela Moreira Serrano, titulado "Determinación de la capacidad mediante estudio de tiempos en el área de swiss del departamento de producción de la empresa Tegra Medical para el segundo semestre del 2021", 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 a la siguiente etapa del proceso.

Atentamente,

ROLANDO
JOSE MOLINA
SOLIS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
ROLANDO JOSE MOLINA
SOLIS (FIRMA)
Fecha: 2022.07.12
10:09:24 -06'00'

Ing. Rolando José Molina Solís
Cédula identidad 1-0957-0454

Autorización del CENIT

**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, 17 de julio del 2022

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Daniela Moreira Serrano con número de identificación 4-0249-0747 autor (a) del trabajo de graduación titulado Determinación de la capacidad mediante estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra Medical para el segundo semestre del 2021 presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; (SI) 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,



4-0249-0747

Firma y Documento de Identidad

Dedicatoria

En primer lugar, se lo dedico a Dios, por no dejarme sola en ningún momento, sin importar la situación en la que me encuentre.

A mi novio Johan y a mi perrita Princesa, por hacer mis días más felices y ser la mayor bendición de mi vida.

A mis padres y a mi hermano, por apoyarme desde el inicio de la carrera.

Me lo dedico a mí misma, por todo mi esfuerzo al afrontar mi ansiedad y demostrar que siempre podré contra ella.

Agradecimientos

Le agradezco a Dios, él es el que me ha dado la fortaleza para seguir adelante a pesar de toda adversidad.

A mi novio Johan y a mi mejor amiga Princesa, quienes han estado conmigo en todo momento incondicionalmente, apoyándome desde inicio a fin.

A mis padres y mi hermano, quienes con mucho esfuerzo me han brindado la oportunidad de estudiar.

A mi tutor Ing. Jorge Rovira, quien me ha ayudado en el transcurso de todo este proyecto y, además, me hizo esforzarme para completarlo exitosamente.

Epígrafe

“El trabajo que nunca se empieza es el que tarde más en realizarse”

J.R.R Tolkien

ÍNDICE

Tabla de contenidos

Declaración Jurada	ii
Carta del tutor	iii
Carta del lector	iv
Autorización del CENIT	v
Dedicatoria	vi
Agradecimientos	vii
Epígrafe	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	xix
RESUMEN EJECUTIVO	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción general del proyecto.....	2
1.2 Identificación de la empresa	4
1.2.1. Descripción general de la empresa.....	4
1.2.3. Antecedentes del contexto de la empresa.....	6
1.3 Planteamiento del problema.....	8
1.3.1 La idea del problema	8
1.3.2 Definición del problema.....	8
1.3.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos del proyecto	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
1.5 Alcances y limitaciones	10
1.5.1 Alcances	10
1.5.2 Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	12
2.1.1 Marco Teórico.....	12

2.1.2 Marco conceptual	12
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	14
2.2.1 Antecedentes investigativos	14
2.2.2 Desarrollo de software	14
2.2.3 Análisis Causa Raíz (ACR).....	15
2.2.4 D.M.A.I.C.....	15
2.2.5 Diagnóstico.....	17
2.2.6 Mejoramiento	17
2.2.7 Mejora continua.....	17
2.2.8 Procesos.....	17
2.2.9 Mapa de procesos	18
2.2.10 Diagrama de procesos	18
2.2.11 Diagrama de flujo del proceso	19
2.2.12 Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto)	19
2.2.13 Diagrama Pareto.....	19
2.2.14 Indicadores	20
2.2.15 Gráfica de Gantt	21
2.2.16 Teoría de colas	21
2.2.17 Escala de Likert.....	21
2.2.18 Estudio de tiempos	22
2.2.19 Estudio de movimientos	22
2.2.20 Takt Time	23
2.2.21 Ciclo de Deming.....	23
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	24
2.3.1 Impacto mediato.....	24
2.3.2 Evaluación económica.....	24
2.3.3 Tipo y clasificación de costos	24
2.3.4 Análisis beneficios/costos	25
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	26
2.4.1 Investigación sobre el aumento de la capacidad mediante un estudio de tiempos y movimientos.....	26
2.4.2 Investigación sobre estudio de tiempos y análisis de capacidad del personal.	26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	27

3.1 Metodología para la definición del problema	28
3.1.1 Elementos para la etapa de definir en la ejecución de la investigación	28
3.1.2 Tipo de estudio	33
3.1.3 Tipo de investigación	34
3.1.4 Identificación de los factores críticos para el éxito (FCE) de la organización.....	34
3.1.5 Métodos de investigación.....	34
3.1.6 Investigación documental.....	35
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	36
3.2.1 Instrumentos de medición	36
3.2.2 Validación de instrumentos.....	40
3.2.3 Sujeto y fuentes	41
3.2.3.1 Fuentes de información	41
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	42
3.3.1 Herramientas metodológicas para el análisis de la investigación	42
3.3.2 Tratamiento de la información	46
3.3.3 Variables.....	47
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	48
3.4.1 Impacto económico	48
3.4.2 Diagrama de Gantt	49
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	50
3.5.1 Metodología PHVA.....	50
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	52
A. Definir	53
4.1 Descripción de la situación actual.....	53
4.2 Determinación de las causas que afectan al área de Swiss del departamento de producción de la empresa.....	53
4.2.3 Diagrama de flujo al entrar una orden de producción en la empresa	54
4.2.4 Diagrama de flujo de la producción en el área de Swiss en la empresa.....	55
B. Medir	57
4.2.5 Observación.....	57
4.2.6 Mapa de procesos actual del área de Swiss en el departamento de producción...	58

4.2.7 Estudio de tiempos	60
4.2.7 Análisis de la encuesta	61
C. Analizar	71
4.4 Diagrama de Ishikawa del departamento de producción	71
4.4.1 Medición.....	73
4.4.2 Maquinaria	73
4.4.3 Medio Ambiente.....	73
4.4.4 Mano de Obra.....	74
4.4.5 Material	74
4.4.6 Método	75
4.5 Clasificación de las causas identificadas	75
4.6 Diagrama de Pareto.....	78
4.7 Registro de datos del departamento de producción en el área de Swiss en la empresa	80
4.8 Demanda de producción en el área de Swiss del departamento de producción.....	81
4.8.1 Takt Time	82
4.9 Escenario comparativo.....	83
4.9.1 Comparativo entre el costo de producción y costo por unidad	83
4.11 Conclusiones del diagnóstico.....	87
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	90
D. Implementar	91
5.1 Fundamentos de las propuestas de mejora.....	91
5.2 Desarrollo de las propuestas de mejora	92
5.2.1 Plan de inversión para la adquisición del Vision System.....	92
5.2.2 Plan de validación de maquinaria.....	100
5.2.3 Distribución y contratación de personal.....	105
E. Controlar.....	111
5.3 Ciclo de Deming	111
5.3.1 Primer etapa: Planear	111
5.3.2 Segunda etapa: Hacer	113
5.3.3 Tercer etapa: Verificar	115
5.3.4 Cuarta etapa: Actuar.....	116
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121

6.1 Conclusiones.....	122
6.2 Recomendaciones	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS.....	135
Anexo 1.....	136
Anexo 2.....	137
Anexo 3.....	138
Anexo 4.....	139
Anexo 5.....	141
Anexo 6.....	142
Anexo 7.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Tendencia mensual en el área de Swiss</i>	2
Figura 2. <i>Estructura Organizativa de Tegra Medical</i>	5
Figura 3. <i>Instrumentos de Tegra Medical</i>	6
Figura 4. <i>Tegra Medical</i>	7
Figura 5. <i>Fórmula de la población finita</i>	29
Figura 6. <i>Diagrama de flujo para realizar una inspección de entrada de un material</i>	31
Figura 7. <i>Mapa de procesos del Instituto Nacional de Estadística y Censos</i>	32
Figura 8. <i>Bitácora de observación para el área de Swiss</i>	37
Figura 9. <i>Encuesta para la determinación de la capacidad mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss</i>	39
Figura 10. <i>El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años</i>	43
Figura 11. <i>Gráfica de Pareto: Tipos quejas de clientes</i>	44
Figura 12. <i>Fórmula del Takt Time</i>	45
Figura 13. <i>Diagrama de Gantt</i>	49
Figura 14. <i>Diagrama de flujo al entrar PO a Tegra Medical</i>	54
Figura 15. <i>Diagrama de flujo de la producción en el área de Swiss en Tegra Medical</i>	56
Figura 16. <i>Mapa de procesos actual del área de Swiss</i>	59
Figura 17. <i>Pregunta 1</i>	62
Figura 18. <i>Pregunta 2</i>	63
Figura 19. <i>Pregunta 3</i>	64
Figura 20. <i>Pregunta 4</i>	65
Figura 21. <i>Pregunta 5</i>	66
Figura 22. <i>Pregunta 6</i>	67
Figura 23. <i>Pregunta 7</i>	68

Figura 24. <i>Pregunta 8</i>	69
Figura 25. <i>Pregunta 9</i>	70
Figura 26. <i>Pregunta 10</i>	71
Figura 27. <i>Diagrama de Ishikawa sobre la capacidad instalada en el área de Swiss</i>	72
Figura 28. <i>Diagrama de Pareto del área de Swiss</i>	79
Figura 29. <i>Vision System</i>	93
Figura 30. <i>Cámara de Vision System</i>	94
Figura 31. <i>Pantalla de Vision System</i>	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Impacto mensual en el área de Swiss</i>	3
Tabla 2. <i>Escala de Likert</i>	30
Tabla 3. <i>Ciclo de Deming</i>	51
Tabla 4. <i>Análisis de tiempos del área de Swiss</i>	60
Tabla 5. <i>Causas identificadas en el área de Swiss y sus frecuencias</i>	76
Tabla 6. <i>Causas identificadas y sus frecuencias ordenadas de mayor a menor</i>	77
Tabla 7. <i>Datos de producción en el segundo semestre del 2021</i>	81
Tabla 8. <i>Takt Time del segundo semestre del 2021</i>	83
Tabla 9. <i>Job Jul</i>	84
Tabla 10. <i>Job Ago</i>	84
Tabla 11. <i>Job Sep</i>	85
Tabla 12. <i>Job Oct</i>	85
Tabla 13. <i>Job Nov</i>	86
Tabla 14. <i>Job Dic</i>	86
Tabla 15. <i>Definición, medir y analizar</i>	89
Tabla 16. <i>Propuestas de mejora en relación con las causas identificadas</i>	91
Tabla 17. <i>Costo de inversión para la adquisición de Vision System</i>	96
Tabla 18. <i>Salarios de los encargados de la primer propuesta</i>	98
Tabla 19. <i>Análisis costo-beneficio de la primer propuesta</i>	99
Tabla 20. <i>Plan de validación</i>	101
Tabla 21. <i>Salarios de encargados de la segunda propuesta</i>	102
Tabla 22. <i>Cantidad de horas detenida en la maquinaria</i>	103
Tabla 23. <i>Análisis costo-beneficio de la segunda propuesta</i>	104
Tabla 24. <i>Salarios de encargados de la tercer propuesta</i>	106

Tabla 25. <i>Análisis costo-beneficio de la tercer propuesta</i>	107
Tabla 26. <i>Salarios de encargados de la cuarta propuesta</i>	109
Tabla 27. <i>Análisis costo-beneficio de la cuarta propuesta</i>	110
Tabla 28. <i>Diagrama de Gantt de la implementación de las propuestas de mejora</i>	112
Tabla 29. <i>KPI's</i>	116
Tabla 30. <i>Plan de acción</i>	118
Tabla 31. <i>Definir, medir, analizar, implementar y controlar</i>	120

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ACR: Análisis causa raíz.

BOM: Bills of materials (lista de materiales).

CCSS: Caja Costarricense del Seguro Social.

OEM: Original Equipment Manufacturer (fabricante de equipamiento original).

CNC: Computer Numerical Center (control numérico).

DFMA: Design for manufacturing and assembly (diseño para la fabricación y el ensamblaje).

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

MTSS: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica.

PHVA: Plan, Do, Check, Act (planear, hacer, verificar y actuar).

PO: Purchase Order (orden de compra).

RRHH: Recursos Humanos.

SMART: Specific, Measurable, Attainable, Relevant y Timely (específico medible, alcanzable, relevante, a tiempo).

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación consiste en determinar la capacidad de producción mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra Medical, este mismo se realiza en el período comprendido del segundo semestre del 2021, además, contando como objetivo general el analizar la capacidad instalada, esto por medio de la herramienta mencionada anteriormente, con el fin de maximizar los porcentajes en el panorama actual.

En las primeras fases de la metodología DMAIC, es decir, definir, medir y analizar, se aplicó el estudio de tiempos, dicho anteriormente, donde se analizó que las unidades producidas por hora en las 14 máquinas existentes es de 28,5 unidades por hora, sin embargo, cabe mencionar que hay una gran variante entre maquinaria, como es el caso de la máquina 5, la cual se encuentra produciendo 80,2 unidades por hora, pero, por otro lado, la máquina 12, produce 6,5, por lo tanto, observando la gran diferencia entre ambas máquinas, se determinaron las posibles causas de la maquinaria detenida en el área. De igual forma, se logró identificar las causas que se encontraban generando afectación en el área, entre ellas la falta de herramientas de medición, falta de producción en la maquinaria, falta de personal, siendo estas mismas la que generaban mayor impacto.

Prosiguiendo con el desarrollo, se elaboraron tres propuestas de mejora, las cuales se enfocaban en las causas detectadas según el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, por medio de la regla del 80/20, la primer propuesta se enfocaba en la adquisición del Vision System cubriendo un 9% del impacto, la segunda propuesta consistía en un plan de validación de la maquinaria del área de Swiss tomando en cuenta un 33% y la tercera propuesta con un 38% trataba de la distribución de personal en entrenamiento y la contratación de nuevo personal.

En cuanto a las etapas de implementar y controlar de la metodología DMAIC, se aplicó las cuatro etapas de la metodología PHVA, de esta manera, las propuestas se implementaron por medio del diagrama de Gantt, donde se indicó las tareas para cada una, el responsable a cargo de desarrollarla, su estado actual y el período que comprende. Luego se elaboraron KPI's para verificar los resultados de las propuestas implementadas y así mismo, un plan de acción con el fin de actuar ante los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

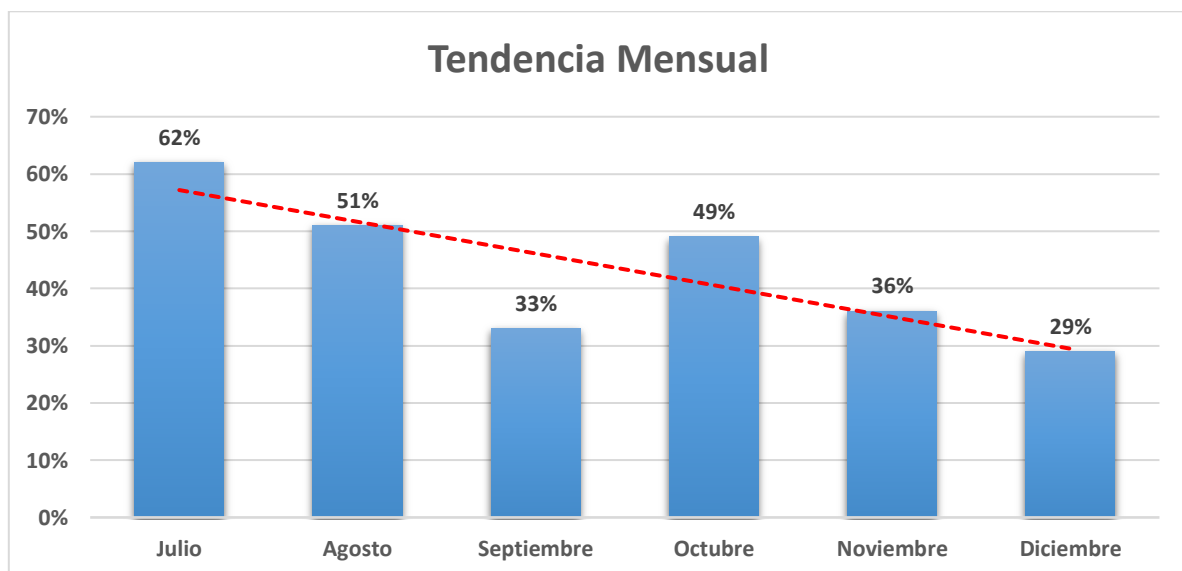
1.1 Descripción general del proyecto

El presente proyecto de investigación consiste en exponer las propuestas de mejora que permitirán mejorar la capacidad instalada que actualmente mantienen en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra Medical, esto se llevará a cabo por medio de un estudio de tiempos, así como con diferentes diagramas, tal como es el diagrama de flujo, Ishikawa, Pareto, entre otros, de igual forma, se aplicará el análisis de capacidad, conocido como Takt Time y otras herramientas ingenieriles. Cabe mencionar que dicha área se encuentra enfocada en la manufactura de tornos suizos y máquinas Centerless Grinding rectificadoras.

Además, Tegra Medical cuenta con métricas que se encuentran centradas en medir la adherencia al plan, confeccionado por ellos mismos, en el cual se pueden analizar los diferentes departamentos de producción que poseen. Con respecto al área de Swiss, esta misma, actualmente, llega a representar un mayor impacto negativo por causas como lo son los paros no programados, los cuales corresponden a la falta de personal y de una definición y programación de los tiempos de producción, lo que se refiere a las órdenes de trabajo en la maquinaria de producción del área mencionada.

Figura 1.

Tendencia mensual en el área de Swiss.



Nota: En la figura 1 se puede observar la tendencia baja que se mantiene en el área de Swiss, en el período comprendido por el segundo semestre del 2021. Tomado de *Tegra Medical, 2021*.

Como podemos observar en la figura 1, en el área de Swiss se ha mantenido una tendencia a la baja en lo que corresponde al segundo semestre del 2021, además, se puede analizar que la tendencia comienza a descender en el mes de julio con un 62%, considerando el período de tiempo establecido en la presente investigación de forma ascendente, el mes de diciembre sería el más afectado con un 29%, siguiendo consecutivamente el mes de septiembre con un 33%, prosiguiendo el mes de noviembre con un 36%, siguiendo el mes de octubre con un 49% y finalizando con el mes de agosto con un 51%. Por esta misma razón, se plantearán diversas propuestas de mejora con el fin de lograr maximizar los porcentajes de adherencia al plan, significando ganancias para la empresa.

Tabla 1.

Impacto mensual en el área de Swiss.

Impacto mensual					
Departamento	Razón de job incompleto	Plan de recuperación			
		Tiempo Extra	Reprogramación	Total	Impacto %
Producción	Personal	217	1	218	74%
	Maquinaria detenida	26	12	38	13%
	Materia prima Swiss	27	1	28	10%
	Material habilitado en el centro de trabajo	9	0	9	3%
	Total	279	14	293	100%

Nota: En la tabla se puede analizar el impacto generado en el área de Swiss por causa del incumplimiento del plan. Tomado de *Tegra Medical, 2021*.

Tal y como indica la tabla 1, al contar con el respectivo incumplimiento del plan de producción, este mismo llega a generar un impacto negativo en Tegra Medical, esto debido a retrasos en la producción y entregas, por lo tanto, se produce una disminución en la capacidad y en las ventas, provocando, de esta manera, clientes insatisfechos y la inevitable

afectación del área y de la empresa por las correspondientes pérdidas económicas. Como se ejemplifica en dicha tabla, las causas principales del incumplimiento mencionado anteriormente corresponden a: falta de personal, la cual se encuentra representada por un 74%, maquinaria detenida que genera un impacto del 13%, materia prima del área de Swiss un 10% y, por último, un 3% del material habilitado para el centro de trabajo del área, tomando en cuenta el 100% del impacto generado.

Es preciso recalcar que la línea de investigación que se utilizará en la elaboración del presente proyecto, tomando en cuenta lo planteado por la de Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, corresponde a la línea misma de los procesos de producción, esto debido a que en este proyecto se encuentran presentes aquellos desarrollados y orientados en la transformación de recursos o factores productivos de bienes y/o servicios, incluidos los recursos para su adquisición.

1.2 Identificación de la empresa

La empresa en la que se desarrollará el presente proyecto de investigación corresponde a Tegra Medical, la cual, es un fabricante por contrato de dispositivos médicos terminados y componentes complejos, tomando en cuenta aquí instrumentos quirúrgicos, agujas e implantes. Dicha empresa se encuentra ubicada en la zona franca Global Park, en La Aurora de Heredia de Costa Rica.

1.2.1. Descripción general de la empresa

A continuación, se presentará una descripción general con respecto a la empresa Tegra Medical y el enfoque principal del mismo, en donde se mencionará su estructura, sus productos y antecedentes.

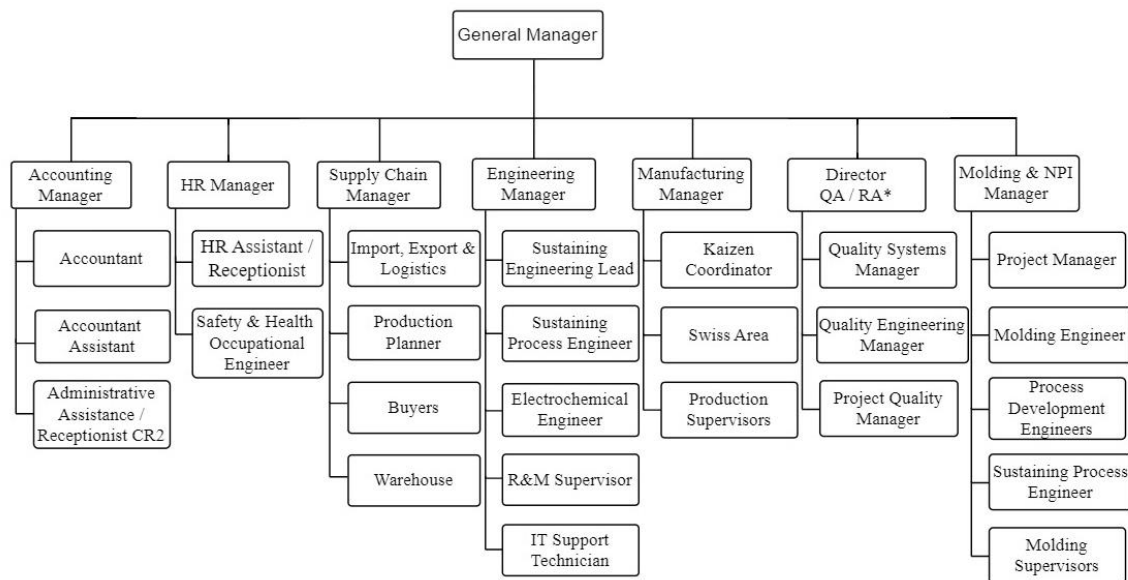
1.2.1.2 Estructura organizativa de la empresa

Tegra Medical se encuentra conformado por 300 colaboradores en Costa Rica. En su estructura organizativa se llega a distribuir como se presenta en el siguiente diagrama:

encabezada por el General Manager, se subdivide en los departamentos de: Accounting Manager, HR Manager, Supply Chain Manager, Engineering Manager, Manufacturing Manager, Director QA/RA y Molding & NPI Manager.

Figura 2.

Estructura Organizativa en Tegra Medical.



Nota: En el diagrama 1, se observa cómo se constituye la estructura organizativa en Tegra Medical. El proyecto se desarrollará en Swiss Area, en el departamento de Manufacturing. Tomado de *Tegra Medical*, 2021.

1.2.1.4 Tipos de productos

Tegra Medical fabrica dispositivos, ensambles y componentes para una amplia gama de especialidades médicas, incluyendo ortopedia, atención cardíaca, salud de la mujer y del hombre, neurología, oftalmología, otorrinolaringología, radiología, control del dolor, diabetes, entre otros.

Figura 3.

Instrumentos de Tegra Medical.



Nota: Adaptado de *About Tegra Medical* [Imagen], por Tegra Medical, 2022, (<https://www.tegramedical.com/about/>).

Los procedimientos en los que se llega a utilizar los productos incluyen artroscopia, endoscopia, reconstrucción de articulaciones, cirugía robótica, biopsias, administración de fármacos y otros. Por otra parte, entre unos de los ejemplos de un subconjunto de productos que se fabrican se encuentran los implantes, retractores y esparcidores, agujas, cánulas y catéteres y dispositivos de sutura.

1.2.3. Antecedentes del contexto de la empresa

Tegra Medical fue formada en el 2007, su sede se encuentra en Franklin, Massachusetts, donde sucede el proceso de fabricación. De igual forma, cuenta con otras filiales en Dartmouth, Massachusetts; Hernando, Mississippi; Heredia, Costa Rica;

Altstätten, Hallau y Heerbrugg, Suiza; y Johor Bahru, Malasia. Posteriormente, más concretamente en 2016, Tegra Medical fue adquirida por SFS y ahora son el núcleo de la división médica de SFS group, la cual abarca las capacidades de fabricación médica de otras partes, en donde está incluido, por ejemplo, el modelo por inyección de StamAG.

Figura 4.

Tegra Medical.



Nota: Adaptado de *More Medtech Outsourcers Buy Offshore Operations* [Fotografía], por Jamie Hartford, 2012, MD+DI (<https://www.mddionline.com/contract-manufacturing/more-medtech-outsourcers-buy-offshore-operations>).

En la industria son reconocidos por mantener el “extremo comercial” durante el proceso de fabricación, particularmente durante el moldeo por inserción. Cuentan con la capacidad única de integrar tecnologías comunes y no tradicionales, como lo es el corte por láser con rectificado CNC y conformado de metales para fabricar productos complejos. En las primeras etapas se encuentran asociados con clientes OEM, para guiar a los productos a lo largo de todo el proceso de fabricación, en donde habitualmente se incluye el diseño para

fabricación y ensamblaje (DFMA), mientras se realizan las mejoras a un producto para posibilitar un desarrollo más eficiente.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 La idea del problema

El área de Swiss del departamento de producción en Tegra Medical representa una tendencia baja en la recolección de datos por causa de la falta de personal y la maquinaria detenida.

1.3.2 Definición del problema

El problema detectado consiste en un incumplimiento del plan de producción ya establecido, el departamento ya cuenta con métricas enfocadas en medir la adherencia al plan de las diferencias áreas productivas. En el caso del área de Swiss, esta zona es la que presenta mayores datos negativos por causa de paros no programados, esto debido a la falta de personal, definición y programación de los tiempos en la maquinaria, en donde llega a generar una afectación directa en la empresa Tegra Medical, ya que dicho incumplimiento provoca retrasos en las entregas, en la producción, así como la disminución de la capacidad y de ventas.

Por lo tanto, se buscará determinar la capacidad en el área mediante un estudio de tiempos, en donde se busca realizar un análisis de la capacidad actual de la maquinaria con la finalidad de poder definir, de una manera más clara, las posibles mejoras que llegarían a ser futuras inversiones a largo plazo reflejadas en ganancias para la misma empresa, puesto que al reducir la maquinaria detenida, impactaría de manera positiva el aprovechamiento del tiempo y el uso de los recursos con el que cuentan actualmente, transformando así la operación más rentable.

1.3.3 Justificación

La implementación del proyecto se encuentra enfocada en alcanzar la maximización de los porcentajes del área de Swiss en el panorama en que se encuentran, esto mediante el

estudio de tiempos, que busca como llevar un control en la producción por medio de la recolección de datos. Así mismo, la presente investigación pretende hallar las posibles causas del problema que se encuentran provocando la afectación en dicha área y que como consecuencia genera pérdidas económicas para la empresa. Además, se tomará en cuenta como se mantiene la línea de producción actualmente en el área, con la intención de analizarla profundamente y desarrollar, de ser necesario, las modificaciones precisas para conseguir cumplir la demanda solicitada y así contar con un proceso más eficiente.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Analizar la capacidad instalada mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical durante el primer semestre del 2022.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar la situación actual mediante un diagnóstico con el fin de hallar las posibles causas del incumplimiento del plan de producción.
- Examinar las causas que se detectaron en la línea base provocando las afectaciones en el proceso productivo.
- Analizar el respectivo impacto generado de las causas identificadas en el área de Swiss.
- Desarrollar propuestas de mejora que permitan la maximización de los porcentajes de la capacidad de producción en el área.
- Crear un plan de control y seguimiento para la implementación de las propuestas de mejora.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

La implementación del presente proyecto de investigación, el cual busca determinar la capacidad instalada por medio de la realización de un estudio de tiempos, en el área de Swiss, más específicamente en el período que comprende el segundo semestre del 2021, permite la maximización de los porcentajes en relación con la adherencia al plan del departamento de producción, en donde se verá como beneficiado tanto el área mencionada como el mismo departamento y, por ende, la empresa Tegra Medical en Costa Rica.

1.5.2 Limitaciones

Para el desarrollo del proyecto se cuenta como limitación la información brindada por la empresa Tegra Medical, debido a que esta misma llega a ser de carácter confidencial, por lo tanto, no se podrán manejar las fuentes originales para la correspondiente recolección de datos en la investigación, sin embargo, se tomará en consideración la utilización de fuentes indirectas con el fin de poder lograr el desarrollo de este. (Ver Anexo 1)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

Esta sección se basa en una síntesis conformada de investigaciones sobre conceptos o conocimientos procedente de diversas fuentes, con el fin de asentar el problema y establecer el análisis del proyecto.

2.1.1 Marco Teórico

El marco teórico se centra en la recopilación de información científica relacionada al tema de investigación, el cual busca como exponer las teorías y los conceptos básicos de manera que encamine el proyecto. Con intención de aclarar esto Rojas (2002, como se citó en Hernández et al., 2006) indica:

Una vez planteado el problema de estudio, es decir, cuando ya se pose en objetivos y preguntas de investigación, y cuando además se ha evaluado su relevancia y factibilidad, el siguiente paso consiste en sustentar teóricamente el estudio, etapa que algunos autores también denominan elaboración del marco teórico. Ello implica exponer y analizar las teorías, las conceptualizaciones, las perspectivas teóricas, las investigaciones y los antecedentes en general, que se consideren válidos para el correcto encuadre del estudio. (p.64)

Es decir que el marco teórico se elabora cuando los objetivos y las preguntas del proyecto ya están planteadas, por consiguiente, se sujeta de un estudio teórico procedente de diferentes autores, explicando y a la vez analizando las ideas y teorías de las investigaciones que han realizado.

2.1.2 Marco conceptual

El marco conceptual se fundamenta en el desarrollo de conceptos de la investigación, presentando la información de diferentes fuentes enfocadas en el tema que se está analizando. Por otro lado, permite identificar el enfoque del proyecto y, de la misma manera, sustenta el objeto del estudio y por esta razón Reidl-Martínez (2012) menciona:

El marco teórico o conceptual es en realidad una investigación bibliográfica que habla de las variables que se estudiarán en la investigación, o de la relación existente entre

ellas, descritas en estudios semejantes o previos. Hace referencia a perspectivas o enfoques teóricos empleados en estudios relacionados, se analiza su bondad o propiedad. su pertinencia para el estudio actual proporciona información del tipo de sujetos, de la forma de recolección de los datos, de los análisis estadísticos utilizados, de las dificultades que se pueden encontrar y las maneras de resolverlas. (p.148)

2.1.2.1 Fundamentos científicos de ingeniería industrial

La ingeniería industrial se encarga de la optimización de los recursos con el objeto de desarrollar eficiencia para obtener productos o servicios de calidad, debido a que se llegan a mejorar los sistemas y herramientas de trabajo incluyendo bienes, personal, equipo y energía. Gutarra (2015), por su parte, afirma que los fundamentos científicos son:

Una actividad que usa el método científico para transformar de una manera óptima y ecológica los recursos naturales en formas útiles para el uso del hombre, un ingeniero es un profesional que, por medio de conocimientos científicos, su habilidad creadora y su experiencia, desarrolla los planes, métodos y procedimientos para transformar los recursos naturales. (p.16)

Por consiguiente, la ingeniería, mediante el método científico, pretende transformar los recursos naturales para que puedan ser provechosos para el manejo del hombre, esto por medio de métodos y procedimientos de modificación mediante su capacidad y destreza.

2.1.2.2 Gestión de Información

La gestión de la información consiste en el procedimiento por el que se obtienen recursos básicos para manipular la información apropiadamente, es decir, se define como el aprovechamiento de la información para el alcance de los objetivos. Además, procura maximizar los beneficios y minimizar el costo adquisitivo con el fin de llegar a determinar las necesidades. De la misma manera Rodríguez (2008, como se citó Suárez et al., 2015) manifiesta que la gestión de la información es:

El conjunto de las actividades que se realizan con el propósito de adquirir, procesar, almacenar y finalmente recuperar, de manera adecuada, la información que se

produce o se recibe en una organización y que permite el desarrollo de su actividad (p.73).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

La sección del marco conceptual proporciona un resumen que funcione como soporte teórico sobre las distintas etapas que se utilizan en la gestión del proyecto.

2.2.1 Antecedentes investigativos

Según Orozco y Díaz (2018), quienes se basan, a su vez, en diversos autores, definen que los antecedentes investigativos consisten en una revisión de un compendio bibliográfico que funciona como exploración de todo aquel conocimiento desarrollado sobre el tema a tratar. Es decir, el apartado de los antecedentes de la investigación lo que pretende es exponer todas aquellas principales referencias que existan con el fin de rellenar todos los espacios que no se han abarcado anteriormente. Además, con la intención de procurar un buen apartado de antecedentes investigativos es necesario proporcionar una revisión actualizada de los estudios pasados relacionados, esto para conocer cualquier nuevo descubrimiento que posteriormente permita facilitar el desenvolvimiento del tema propio y añadir cualquier resultado ajeno (p.67).

2.2.2 Desarrollo de software

Según Maida y Pacienza (2015) el desarrollo de software es un marco de trabajo que ha evolucionado mostrando grandes fortalezas con el paso del tiempo y el cual se basa en consideraciones técnicas y organizacionales específicas. Tal como aclaran, este marco es una herramienta utilizada para estructurar, planificar y controlar el desarrollo de los sistemas de información, los cuales se muestran de vital importancia para el óptimo desarrollo de una empresa, puesto que el software mismo es el encargado de suministrar la suficiencia y exactitud de la tan importante información (p.13).

2.2.3 Análisis Causa Raíz (ACR)

El análisis de causa raíz (RCA por sus siglas en inglés), tal como mencionan Poveda y Guardiola (2019) es un método adoptado que engloba un conjunto de técnicas y tiene por objetivo principal la resolución de los incidentes que perturban el desarrollo óptimo y deseado (p.87). Para esto, según mencionan Alfaro y Aranda (2014), el análisis se basa en estudiar profundamente e identificar todo aquello que se muestre como un causante principal de fallas, independientemente de si son estas por personal o procesos tecnológicos para posteriormente idear un plan que procure acabar con la recurrente incidencia de los errores hallados (p.21). Dicho de otro modo, el análisis causa raíz se muestra como una implementación necesaria y eficaz cuando se trata de localizar accidentes insatisfactorios que obstaculicen con el objetivo principal.

2.2.4 D.M.A.I.C

Según Acuña (2012), DMAIC es uno de los conceptos más aplicados mediante la filosofía Seis Sigma e intenta determinar el génesis de la modificación y al mismo tiempo fomentar las mejoras que reduzcan la misma (p. 792). Con el fin de comprender más a fondo el amplio proceso y todo lo que conlleva, el mismo Acuña desarrolló profundamente cada una de las siglas que constituye la famosa metodología de la siguiente manera:

D: Esta es la sigla para la primera de las etapas la cual es definir (define en inglés). Lo que se busca inicialmente es que el equipo de trabajo logre comprender de manera más detallada el problema a solucionar y definir las expectativas que el cliente tiene para el proceso. Además, esta etapa cuenta con tres distintos enunciados los cuales son: un enunciado inicial (el cual describe el alcance del problema), un enunciado específico (que trata el problema a solucionar) y un enunciado descriptivo (que enumera la localización y ocurrencia de los eventos problemáticos). Estas fases son las necesarias para que el equipo logre un proyecto de Seis Sigma exitoso (p. 793).

M: Una vez se abarca la primera fase se prosigue con el periodo de medir, el cual consiste en la caracterización del proceso. Para lograr dicha caracterización se busca identificar aquellos requisitos que los clientes consideren primordiales y los parámetros que obstaculicen el desempeño del procedimiento. Esta fase está diseñada para conseguir una recolección de datos confiable que mida el desempeño actual y el cumplimiento de las expectativas del cliente. En otras palabras, al concluir con esta etapa aquello que se busca es exactitud en la medición y atesoramiento de datos que permita posteriormente un análisis del problema (p. 794).

A: La medición abre campo a la etapa de análisis la cual pretende examinar los datos tanto recientes como históricos. Por otra parte, por medio de herramientas estadísticas se desarrollan y comprueban hipótesis para identificar los determinantes que afectan el proceso. Del mismo modo, dicha etapa sugiere diversas soluciones al problema por medio de los datos recolectados una vez son estos estudiados por el equipo asignado (p.794).

I: Una vez concluido el análisis sucede la fase de mejora la cual tiene como objetivo buscar la manera de optimizar el proceso al llegar a determinar lo que causa el problema. Para conseguir esto se acude a una lluvia de ideas por parte del equipo de trabajo que analiza los datos pasados. Dicha lluvia de ideas es estudiada mientras que se implementan momentáneamente algunas de estas alternativas con el fin de evaluar su efectividad y viabilidad al mismo tiempo que se descartan las sobrantes (p. 795).

C: La fase final se denomina control y consiste en asegurar que las implementaciones que se hagan a lo largo del proyecto sean sostenibles mediante una vigilancia estricta. Además, se monitorea el desempeño para verificar que la alternativa seleccionada efectivamente esté cumpliendo las expectativas teóricas que se analizaron en la fase pasada. (p. 796).

2.2.5 Diagnóstico

Morelos, Fontalvo y Vergara (2010) mencionan de manera somera pero efectiva, citando a su vez a Thibaut que el diagnóstico es un acto que se encuentra encaminado a exponer los resultados o datos que permitan determinar el grado de eficiencia en la gestión de la organización y su mejora. (p. 67). En otras palabras, el diagnóstico requiere de un análisis profundo de la situación para contraponer luego está a los problemas actuales, consiguiendo así que resalten las soluciones pretendidas para la mejora de las condiciones.

2.2.6 Mejoramiento

Con el fin de definir el concepto de mejoramiento Serrano y Ortiz (2012) citan en conjunto las ideas planteadas por diversos autores y coinciden en que el mejoramiento de procesos parte del análisis sistemático de los flujos relacionados, para volver el proceso más eficiente y efectivo, y de esta manera alcanzar un aumento en la capacidad del cumplimiento de condiciones especificadas por los clientes y así poder generar un valor agregado al producto final (p.14).

2.2.7 Mejora continua

Tal como menciona Mihi y Rivera (2009) el mejoramiento continuo es un proceso en el cual se ve reflejada la necesidad de la calidad en las empresas que pretenden tener la capacidad de ser competitivas y, de igual forma, aumentar la productividad con el transcurso del tiempo. Además, conlleva a mejorar las debilidades y así mismo consolidar las fortalezas que posee la organización. Por esta misma razón, el mejoramiento continuo posibilita un desarrollo de las organizaciones en el interior del mercado para conseguir el liderazgo en el mismo (p.21).

2.2.8 Procesos

Los procesos productivos son, según indica la Unidad de Planificación Institucional (2015), aquello que, dentro de una organización, pretende transformar insumos en bienes o servicios. Sin embargo, para que estos procesos productivos sean realmente aprovechados es

necesario que cuenten con una serie de nociones básicas que son: 1. El equilibrio entre la calidad del producto ofrecido con el uso medido y racional de los recursos disponibles para su propia preparación y 2. Conseguir que el anterior equilibrio alcance o incluso sobrepase las expectativas que pueden residir en el cliente a alcanzar (p. 12).

2.2.9 Mapa de procesos

Hernández, Medina y Nogueira mencionan, citando a su vez a varios autores, que el mapa de procesos es un método visual común que pretende asistir en la imaginación del proceso en cuanto a la unión de entradas, resultados y tareas. Es decir, esta es una técnica que gran cantidad de veces logra describir y analizar de una manera incluso un poco más didáctica todos aquellos procesos que se muestran más complejos y profundos con la intención de optimizar los resultados que los clientes mismos desean. Esta técnica cuenta, además, con varias ventajas y una de ellas es el incitar el pensamiento nuevo y clarificar, más allá de las tareas mismas, los problemas más concurrentes que una organización pueda tener (p. 2).

2.2.10 Diagrama de procesos

Niebel y Freivalds (2009) detallan específicamente que el diagrama del flujo del proceso es específicamente utilizado para visibilizar aquellos costos no productivos que de otra forma escaparían a los registros. El diagrama de flujo de proceso entonces se muestra como esa herramienta que logra identificar aquellos periodos no productivos con la intención de que luego analistas utilicen esta información para idear planes que pretendan minimizar los costos exigidos en retrasos, almacenamientos, entre otros. Por esta razón, el diagrama de flujo de proceso resulta de suma importancia ya que clarifica el costo real mientras que intenta, por otro lado, reducir el mismo para generar mayores ganancias en cuanto a la productividad (p. 26).

2.2.11 Diagrama de flujo del proceso

Por otra parte, los mismos Niebel y Freivalds (2009) indican que el diagrama de flujo, al igual que el mapa de procesos es una herramienta visual que grafica la distribución tanto de pisos como de actividades en el diagrama de flujo del proceso. Este diagrama es diseñado por analistas que facilitan el entendimiento de este dibujando y diferenciando cada uno de los procesos y administrándoles sus debidos números y símbolos para la correcta comprensión de las diversas actividades y procesos que se estén realizando por parte de los encargados (p. 29). Es decir, esta representación pretende mejorar y simplificar el reconocimiento general sirviendo a modo de instrucción para todos aquellos que tengan por tarea realizar las tareas asignadas.

2.2.12 Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto)

Tal como menciona Acuña (2012) el diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado consiste en un proceso de recolección de información acerca de las particularidades de la calidad que se genera en la producción de un producto, adicionalmente, estas se ordenan en distintas categorías. Por otra parte, el diagrama de Ishikawa a su vez es clasificable en otros cuatro diagramas los cuales son: el diagrama de procesos (el cual contiene todos aquellos procedimientos que engloba la fabricación de un producto en las ramas); el diagrama de producto (aquí se colocan los componentes del mismo en las ramas); el diagrama de factores (donde se almacenan las características relacionadas a la calidad) y el diagrama de características (la cual se divide en ramas y subramas que contienen características primarias y secundarias de acuerdo al orden anterior) (p. 207).

2.2.13 Diagrama Pareto

El diagrama de Pareto, también conocido como clasificación ABC, ayuda a clasificar, según Acuña (2012), aspectos de calidad tomando en cuenta la frecuencia y criticidad de estos. Dicha separación pretende enfocar la atención en aquellos problemas sobresalientes y evitar, a su vez, extraviarse del enfoque principal en aquellas nimiedades. Por otra parte, para desarrollar de manera óptima un diagrama de Pareto se hace uso de la regla 80-20 en donde el 20% simboliza los problemas generados por características de calidad (críticas). El aspecto

teórico lo que dicta es que si se consigue solucionar los incidentes producidos los beneficios por obtener sería igual al porcentaje sobrante para alcanzar el 100% (p. 212).

2.2.14 Indicadores

Los indicadores son definidos por Beltrán (s.f.) como la cercanía existente entre las variables cuantitativas o cualitativas. Esta relación analiza las circunstancias de cambio generadas ya sea en unidades, valores, índices o series estadísticas respecto a las expectativas (pp. 35-36). Los indicadores, entonces, tal como queda claro, son un medio por el cual se intenta completar el objetivo planteado por una organización.

2.2.14.1 Gestión de indicadores

El mismo Beltrán (s.f.) manifiesta que los indicadores de gestión, por su parte, son más bien una fuente de información capaz de agregar valor y deben ser un fiel reflejo de los factores críticos. Además, es indispensable que los indicadores de gestión cuenten con varios atributos señalados: Exactitud de la información, forma, frecuencia, extensión o cobertura, origen, temporalidad, relevancia, integridad y oportunidad de la información (pp. 36-37, 42).

2.2.14.2 Requisitos para cumplir indicadores

Picado (1997) desarrolla aquello que se muestra como requisito de los indicadores y menciona que estos deben ser: 1) Confiabilidad 2) Validez. Este último se divide a su vez en tres tipos los cuales son: validez del criterio (se realiza un cálculo de variables para la predicción del resultado), validez de contenido (es la capacidad para abarcar el rango de significados) y validez del constructo (esta se refiere a la relación entre la medida y variables dentro de un sistema teórico) (pp. 4-5).

2.2.14.3 Objetivos e indicadores

Según la entidad Dirección General de Servicio Civil (2018), para la elaboración de objetivos se acude a una estructura que evita ambigüedades en cuanto a la meta principal y

permite que el mismo trascienda en inteligencia de aquí que sus siglas reconocidas sean SMART. Cada una de estas hace recuento de una característica deseable: S (Específico, es decir precisión), M (Medible, pues esto permite la mejora mediante objetivos cuantitativos), A (Alcanzable), R (Realista en cuanto a los recursos disponibles) y T (Tiempo, pues la elaboración debe apegarse a un periodo determinado) (p. 12).

2.2.15 Gráfica de Gantt

Terrazas (2011) define de manera muy efectiva lo que es un diagrama de Gantt y menciona que estos son una asistencia gráfica que tiene como objetivo simplificar y ser de utilidad para el análisis de planificación y programación de carga de trabajo en una organización en específico (p. 8). Es decir, esta herramienta visual ejemplifica a modo de calendario aquellas tareas que para su realización se han programado en un plazo de tiempo definido. Esto permite clarificar el progreso temporal de la misma con la intención de verificar su rendimiento y su finalización.

2.2.16 Teoría de colas

La teoría de colas (Queueing theory) según López y Joa (2018) es una colección matemática basada en sistemas de línea de espera que busca el equilibrio entre costo de servicio y costo de espera. Además, proporciona una base teórica del servicio en expectativa del cliente. Es decir, tal como aclara el Dr. Sztrik (s.f.) la teoría de colas nace con la intención de enfrentar de una manera óptima las líneas de espera utilizando a favor los métodos probabilísticos para promover la satisfacción del cliente en cuanto a el tiempo invertido (p. 9).

2.2.17 Escala de Likert

La famosa escala de Likert, según los autores Blanco y Alvarado (2005), quienes a su vez citan a Casas, es una herramienta de medición de actitudes y responde a una graduación continua que comienza desde lo que podría interpretarse como desfavorable hasta lo favorable, tomando en cuenta los puntos intermedios que existen entre ambos (p.539).

Además, Bertram (2006) agrega que esta herramienta de recolección de datos primarios es utilizada principalmente en los cuestionarios con la intención de conseguir las preferencias o más concretamente el grado de aceptación en declaraciones propias de los participantes (p. 1). La razón por la que esta escala posee una buena reputación y es utilizada continuamente se debe a que permite una valoración un tanto más concreta que la común división mitad negativa y mitad positiva, pues a esto se le agrega una precisión ordinal que tiene como propósito el evaluar el margen de asenso interno en respuestas ya sean favorables o no. En otras palabras, la escala no solo logra medir si un participante se muestra propicio o no según las afirmaciones planteadas, sino que permite también medir la intensidad de la respuesta.

2.2.18 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es definido por Niebel y Freivalds (2009) como un procedimiento con el objeto de establecer un día laboral equitativo. Es decir, el estudio debe permitir un equilibrio pleno entre el servicio ofrecido por el colaborador y a la vez tomar en cuenta y cumplir con las obligaciones de la compañía en sí. Para facilitar este estudio se miden las tareas diarias y se compara con un tiempo estándar para establecer un periodo de trabajo ideal y holguras razonables y necesarias de descanso (p. 328).

2.2.19 Estudio de movimientos

El estudio de movimientos, tal como indica su nombre, pretende, y así lo clarifican Niebel y Freivalds (2009), realizar un estudio detallado de todos aquellos movimientos corporales que se realicen con el fin de completar un determinado proceso dentro de una organización. Este estudio facilita el entendimiento corpóreo y su efectividad en cuanto se relacione con el procedimiento mismo. Además, una vez hecho esta investigación, aquello que se procura es la identificación de los movimientos ineficientes que, por defecto, estén afectando y ralentizando el proceso de producción y la implementación de nuevos desplazamientos o modificaciones de los antiguos mediante los principios de la economía de movimientos (p. 114).

2.2.20 Takt Time

Takt time es un concepto desarrollado en inglés que podría entenderse como el tiempo o la velocidad a la que los productos son producidos. Los autores Linck & Cochran (1999) especifican que es una parte conceptual de la producción, pues esta es la encargada de marcar el ritmo de esta. Además, menciona que el *takt time* influye de manera significativa el diseño del sistema de fabricación y todos sus niveles de jerarquía. Por otra parte, el *takt time* también es el encargado, en un ambiente de fabricación departamentalmente vinculado, de guiar la operación entre departamentos para garantizar un flujo continuo de procesos, mientras que en la fase operacional es un parámetro que determina la secuencia de producción (p. 1).

2.2.21 Ciclo de Deming

El ciclo Deming, según García, Quispe y Ráez (2003), comenzó a ser utilizado en la década de los 50. Este proceso, posteriormente, fue ampliado en desarrollo por el famoso ingeniero Shewhart (tanto así que el mismo puede denominarse también por su nombre), quien logró convertir este en el mayor exponente de la Mejora Continua (p. 91). Por su parte, clarificó precisamente Castillo (2019) cuando menciona que este ciclo es una herramienta indispensable que comienza con un diagnóstico, al cual le sucede una interpretación con el fin de identificar posibles fallas según los planes y resultados. Estos potenciales desaciertos son entonces analizados y según lo expuesto se procede con el replanteamiento de un diseño que pretenda acabar con los mismos para obtener un resultado provechoso. Este proceso, además, con el fin de mantener un correcto proceder, se construye bajo un ordenamiento lógico que puede resumirse con las siglas PHVA, que hacen referencia española a las originales *plan, do, check* y *act* (p. 5).

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

En esta sección se incluirá las referencias pertenecientes al impacto que genera el proyecto de investigación, tanto a corto, mediano como largo plazo, donde apoya la teoría de los impactos en forma lógica.

2.3.1 Impacto mediato

Para comprender el concepto de impacto mediato resulta necesario conocer primeramente la definición de mediato para lo cual la Real Academia Española (s.f.) se pronuncia y menciona que dicho adjetivo es “que en tiempo, lugar o grado está próximo a una cosa, mediando otra entre las dos...”. Es decir que impacto mediato se refiere a un tipo de proyección futura o no inmediata.

2.3.2 Evaluación económica

Tal como indican García et al., (2010) la evaluación económica es un conjunto de técnicas que buscan analizar detalladamente el impacto que puede tener cada una de las alternativas u opciones que una organización se encuentre evaluando a modo de proyecto (p. 934). En otras palabras, la técnica de evaluación económica pretende seleccionar dentro de la disyuntiva aquella opción que asegure un beneficio superior con respecto al costo de esta.

2.3.3 Tipo y clasificación de costos

Según Sánchez (2009) existe una ingente cantidad de clasificaciones de costos, sin embargo, la mayoría de estos son subdivididos dentro de las siguientes distribuciones: 1) Costos relacionados con los elementos de un producto (dentro de este se encuentra la materia prima y la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación), 2) Relacionados a la producción (que engloba costos primos y costos de conversión), 3) Relacionados al volumen (clasificados en variables, fijos y mixtos), 4) Relacionados a la capacidad de asociarlos (donde se encuentran los directos e indirectos), 5) Con base en el departamento en donde se incurrieron (principalmente en departamentos de producción y servicios), 6) Con base en las áreas funcionales y actividades realizadas (engloba costos de manufactura, mercadeo, gestión

y financiero), 7) Con base en el período en que los costos se enfrentan a los ingresos (se categoriza entre costos de producto y periodo), 8) En relación con la planeación, control y toma de decisiones (categorizado según costos estándares, presupuestados, no controlables y controlables, fijos, irrelevantes, entre otros) (pp. 99-104).

2.3.4 Análisis beneficios/costos

Aguilera (2017) menciona que el análisis del costo-beneficio es un proceso que se realiza de la mano de ciertas técnicas en relación con el área de gerencia y finanzas y, además, evalúa un proyecto en específico en cuanto a establecer el total de los costos y beneficios, esto con la intención de optar por aquella opción que se muestre más rentable (pp. 329-330). Aunque esta es una técnica común resulta de vital importancia puesto que pretende ser una asistencia de rentabilidad en cuanto a la toma de decisiones que puede tener ya sea una empresa u organización para complementar financieramente un proyecto.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

En esta sección se expondrán las investigaciones publicadas más recientemente que posean una relación directa con el tema expuesto en este mismo proyecto y así contar con un respaldo de la teoría que consiga explicar con mayor profundidad la presente investigación.

2.4.1 Investigación sobre el aumento de la capacidad mediante un estudio de tiempos y movimientos.

Saborío (2020) realizó un estudio con la finalidad de aumentar la capacidad instalada en las líneas de Source y Detector de subensambles en un área dedicada a la fabricación de sensores de capnografía, llamado JAVA en Philips, Costa Rica. Tomando en cuenta la capacidad instalada, prosiguió a desarrollar una mejora con el objetivo de aumentar la misma y de igual forma con la producción en el proceso de producción. En la implementación de las propuestas de mejora se logró hacer un aumento de la capacidad anteriormente mencionada en la línea de Detector, la cual pasó de producir 247 piezas diarias a 869 piezas diarias proyectadas, mientras que en la línea de Source pasó de 550 piezas diarias a 869 piezas diarias proyectadas. En conclusión, las propuestas lograron compensar la demanda en referente a los sensores de capnografía.

2.4.2 Investigación sobre estudio de tiempos y análisis de capacidad del personal.

Villalobos (2019) llevo a cabo un proyecto en el que se enfocó en desarrollar propuestas de mejora centradas en la atención de incidentes a través del análisis de datos y toma de tiempos, donde buscaba resolver los problemas y las pérdidas con relación a la productividad en el paso a paso del transcurso del proceso de atención de incidentes y, de esta manera, mejorar la fluidez del proceso de trabajo ejecutado, tomando en cuenta la calidad de este. En la etapa de implementación de las propuestas desarrolladas, se determinó que estas mismas influirán en la eficiencia del equipo, evitando atrasos. Además, se tomó como base la estandarización de tiempos como medio de toma de decisiones para asignar los mismos.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

En la etapa de definir del DMAIC se incluye con mayor detalle las herramientas metodológicas que se utilizan para definir la base del problema y del desarrollo del planteamiento del proyecto.

3.1.1 Elementos para la etapa de definir en la ejecución de la investigación

Para la etapa de definir la ejecución de la investigación se requirieron diversos elementos que permitieron recolectar y analizar información, los cuales se justificarán a continuación:

3.1.1.1 Focus Group

Para el desarrollo de la metodología de la técnica del Focus Group se seleccionaron los participantes, en donde se ven involucrados los colaboradores, así como operarios, mecánicos y encargados establecidos en el área de Swiss de manera presencial. El objetivo principal del Focus Group correspondió a la explicación de lo que conlleva la investigación presente, también permitió recolectar información primordial sobre los inconvenientes continuos en dicha área y de esta manera, poder contar con un mayor entendimiento de lo que realmente está pasando y porque es que está sucediendo.

3.1.1.2 Entrevista

Con respecto a una de las técnicas de recolección de datos para la definición del problema investigado, se realizó una entrevista estructurada de tipo no probabilística con una población finita, donde se cuenta con un muestreo por conveniencia ya que se llegó a aplicar al supervisor de producción del área de Swiss en Tegra Medical el cual se encuentra en el turno de la mañana (6:00am a 2:00pm), donde se realizó de manera virtual por medio de la plataforma de Microsoft Teams. Además, se aplicó una segunda entrevista al mismo supervisor junto con el ingeniero a cargo del área de Swiss, con el fin de recolectar información más detallada del problema presente.

Figura 5.

Fórmula de la población finita.

$$n = \frac{N Z^2 S^2}{d^2 (N-1) + Z^2 S^2}$$

Nota: Adaptado de Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud (p. 336), por S. Aguilar, *Revista Salud en Tabasco*, 11(1-2)

La aplicación de esta herramienta, por una parte, junto con el análisis de datos, facilitó el tratamiento del problema, pues este permite desarrollar diversos enfoques útiles con base en la información obtenida de una forma más detallada. Con la ayuda de los cuestionarios y con las preguntas enfocadas al proceso estudiado se logró conocer, en respuesta de los mismos encargados, aquellos inconvenientes que se encuentran presentes.

3.1.1.3 Escala de Likert

Con el fin de complementar la entrevista como técnica de recolección de datos, se utilizó la escala de Likert, la cual permitió conocer e identificar la frecuencia de las causas identificadas en la segunda entrevista aplicada, a los miembros mencionados anteriormente, la cual permitió recolectar la información para el correcto desarrollo del diagrama de Ishikawa y así mismo, para el diagrama de Pareto según las causas y sub-causas presentadas.

Tabla 2.*Escala de Likert.*

Escala de Likert	
Grado de Frecuencia	Peso
Una o menos veces al mes	1
2 veces al mes	2
3 veces al mes	3
4 veces al mes	4
5 veces al mes	5
6 veces al mes	6
7 veces al mes	7
8 veces al mes	8
9 veces al mes	9
10 o más veces al mes	10

Fuente: Elaboración propia.

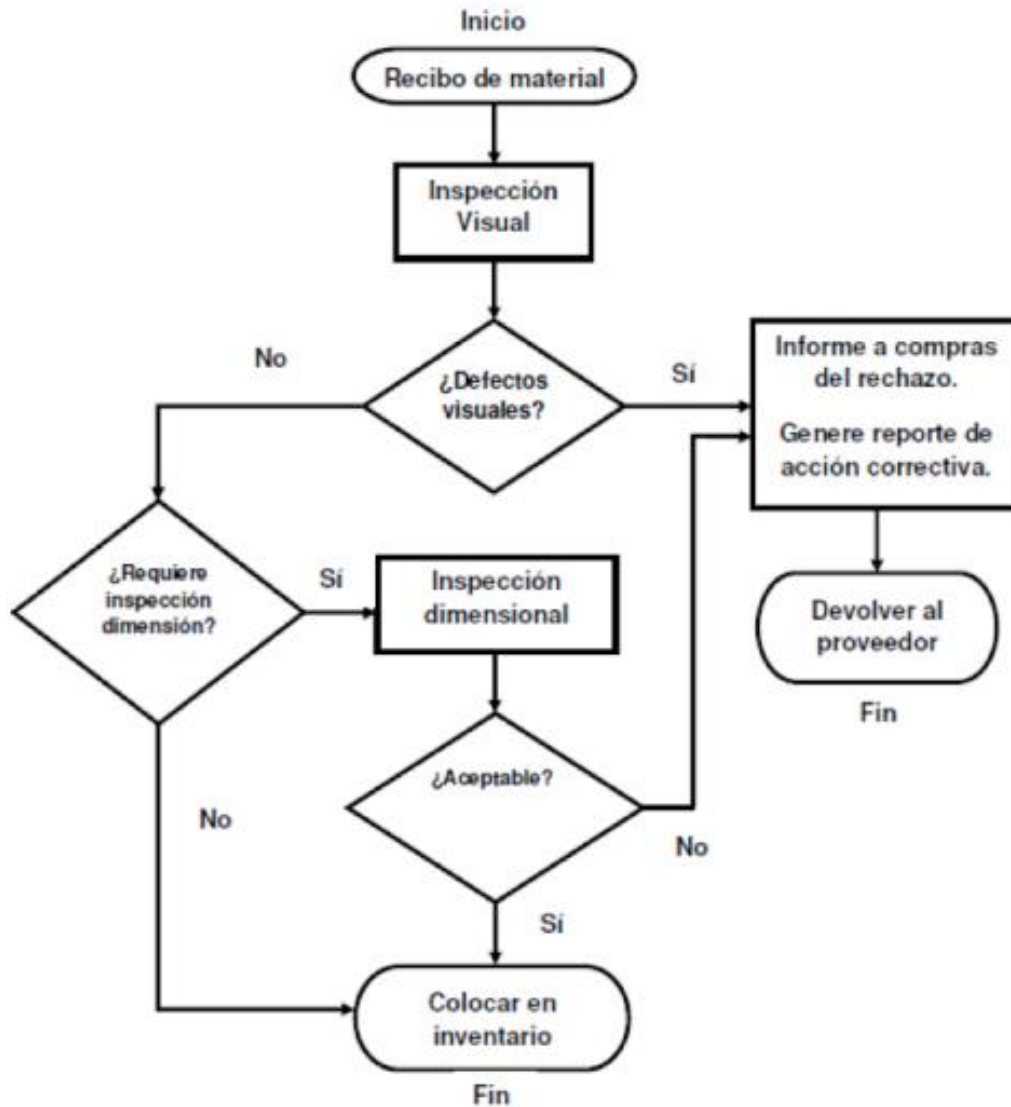
Como se puede observar en la tabla 2, la escala de Likert fue desarrollada para aplicarla en la segunda entrevista a los encargados del área de Swiss. Además, esta misma cuenta con el grado de frecuencia, iniciando desde una o menos veces al mes hasta 10 o más veces al mes, de igual forma, cada una cuenta con su peso respectivo en valores del 1 al 10.

3.1.1.4 Diagrama de flujo

En primer lugar, para analizar el proceso ejecutado por los colaboradores del área de Swiss en el departamento de producción es esencial comprender el flujo correspondiente en conjunto de las actividades y relaciones presentes en el mismo, por esta misma razón, se realizó un diagrama de flujo el cual facilitó un análisis gráfico y dio la capacidad de visualizar los puntos de mejora existentes.

Figura 6.

Diagrama de flujo para realizar una inspección de entrada de un material.



Nota: Adaptado de *Herramientas de la Calidad* (p. 9), por E. Garro, 2017, PXS SCHOOL OF EXCELLENCE.

Como se puede observar en la figura 6, el diagrama de flujo indica donde inicia y donde finaliza el proceso ilustrado, además, se muestra donde se toma una decisión (si o no)

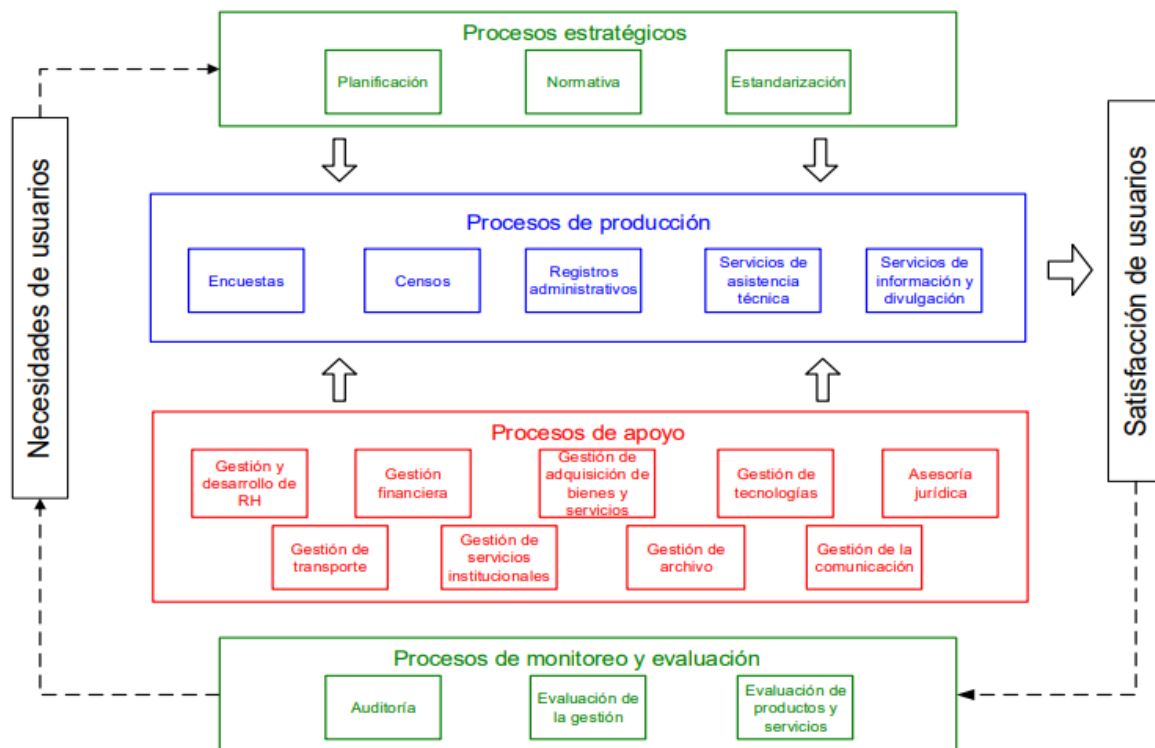
en un flujo del proceso. Esta herramienta nos permite ilustra el flujo correspondiente que se mantiene en la producción del área de Swiss con el fin de conocer más a fondo el proceso.

3.1.1.5 Mapa de procesos

En cuanto al mapeo de procesos, este mismo permitió realizar un análisis más visual del proceso que se efectúa en el área de Swiss en el departamento de producción, por lo que es necesario conocer los procesos realizados que permiten el desarrollo de la producción en el área.

Figura 7.

Mapa de procesos del Instituto Nacional de Estadística y Censos.



Nota: Adaptado de *Descripción de procesos y mapa de procesos* (p. 6), por F. Méndez, 2015, INEC.

Por lo tanto, el mapa de procesos del área de Swiss permitió un análisis de los procesos estratégicos, operacionales y de apoyo, tomando en cuenta las necesidades del cliente y la satisfacción de este, de esta manera, se puede observar los procesos esenciales en el desarrollo del proceso como se mencionó anteriormente.

3.1.2 Tipo de estudio

Los estudios normalmente tienen por objetivo dar respuesta a un problema planteado, sin embargo, los problemas no son siempre de la misma índole y es por esta misma razón que no todos los estudios pueden clasificarse dentro del mismo tipo. Tal como indican Müggenburg y Pérez (2007) las investigaciones se clasifican según determinados criterios y no siempre son exactos, es decir, no siempre se encuentran inmersos en un solo tipo, sino que pueden pertenecer a más de uno. Ambas, no obstante, buscan simplificar la información y mencionan que los estudios se pueden dividir de acuerdo a su nivel de profundidad y existen tres principales: 1) Estudio descriptivo (subdividido en típico [describe características de una muestra], comparativo [describe diferencias de variables dos o más grupos] y estudio de caso [descripción intensa de una unidad de estudio]), estudios explicativos o analíticos (responde a la causa de un determinado fenómeno) y estudios predictivos (como su nombre indica busca establecer predicciones para instaurar normas) (p. 36).

Además, según aclaran las mismas autoras, los estudios no solo contienen estas características, sino que también se subdividen en otros ámbitos como sucede con la intervención del investigador mismo. Según su énfasis las investigaciones pueden inclinarse a ser más experimentales o con intervención directa u observacionales o sin intervención. Por otra parte, el tiempo también es un factor clave para clasificar un estudio ya que bien puede ser o retrospectivo o prospectivo. Por último, otro ámbito a tener en cuenta son las ocasiones en que se recolectan los datos sobre el fenómeno investigado, pues según sea se la respuesta puede catalogarse como transversales o de un solo momento o longitudinales o a través del tiempo. (p. 36-37).

3.1.3 Tipo de investigación

Existen diferentes enfoques de para el desarrollo de una investigación los cuales se clasifican en dos por los autores Hernández et al. (2014) los cuales son mencionados a continuación: enfoque cuantitativo y enfoque cualitativo. Ambos utilizan la recolección de datos para su realización, no obstante, el primero de estos busca la prueba de hipótesis con base en la medición número y la estadística mientras que el segundo busca formular nuevas preguntas en el desarrollo de la investigación o pulir las preguntas ya planteadas (pp. 4-7). Esta investigación, por su parte, utiliza el primero de los enfoques anteriormente mencionados debido a que se encuentra enfocada en la recolección de datos en el área de Swiss, con el fin de plantear hipótesis sobre la causa raíz del posible problema que se llegue a detectar en el departamento.

3.1.4 Identificación de los factores críticos para el éxito (FCE) de la organización

Según Ferreras y Hugo (2010) los factores críticos para el éxito de la organización consisten en el número limitado de áreas en donde los resultados son satisfactorios y garantizan el rendimiento competitivo en la compañía (p. 204). Por consiguiente, el factor crítico para el éxito de la organización de esta investigación tendría un enfoque operacional, debido a que este se focaliza en el funcionamiento de las operaciones manejadas en el área. Por lo tanto, para llegar al éxito se debe considerar la eficiencia medible, ya que ésta analiza si se requiere establecer un ajuste a los procesos.

3.1.5 Métodos de investigación

De acuerdo con Gómez (2012) la metodología de la investigación es una disciplina que busca trazar el camino que el investigador debe utilizar para mantener un orden en el proceso de desarrollo de la investigación y de esta forma evitar las desviaciones que normalmente derivan en problemas e imprecisiones. En otras palabras, esta misma es la ciencia encargada de promover nuevo conocimiento en los ámbitos de investigación académica mediante el estudio crítico de los procedimientos aplicados por los mismos investigadores (p. 11). Por otra parte, existen diversos métodos de investigación, no obstante,

cada estudio, según la naturaleza de este, se ve beneficiado por uno en específico. Por esto mismo, Gómez (2012) se encargó de definir los siguientes enfoques investigativos:

3.1.5.1 Método de análisis

El método de análisis busca reconocer la naturaleza de lo investigado y los fenómenos implícitos, esto con el fin de comprenderle y generar nuevas teorías a partir de lo estudiado. Toda esta operación pretende desarrollarse utilizando la técnica de la división, es decir, se busca fragmentar, partiendo de un todo, la investigación con la intención de analizar profundamente las partes que la componen y reconocer como todas estas se relacionan entre sí (p.16).

3.1.5.2 Método de síntesis

El método de síntesis permite aclarar la índole de aquello que se estudia. Como su nombre lo indica, esta técnica tiene por objetivo principal compendiar lo investigado al unificar todas las fracciones que anteriormente se distribuyeron mediante la aplicación del método de análisis. En otras palabras, este procedimiento, luego de la examinación de la segmentación, promueve la fusión de las referencias mediante el planteamiento de una teoría (p. 16).

3.1.6 Investigación documental

Según Rizo (2015) la investigación documental es un procedimiento que busca el uso eficiente, práctico y racional de los recursos útiles de las fuentes de información (p. 1). Además, Alfonso (1995, como se citó en Rizo, 2015) agrega que la investigación documental hace referencia a la recopilación, análisis e interpretación de datos de un determinado tema que permite el desarrollo de conocimientos. Para esto es normalmente utilizado las diferentes formas de documentación escrita, tales como: documentos impresos, electrónicos o incluso audiovisuales (p. 20).

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

En esta sección se establecerán y aclararán las herramientas utilizadas para el desarrollo de la metodología en la etapa de medición del DMAIC, que permitirán formular las posibles soluciones al problema.

3.2.1 Instrumentos de medición

Los instrumentos para la recolección de datos, tal como indican Duana y Hernández (2020) están orientados a desarrollar las condiciones necesarias para una eventual medición empírica (pp. 51-52). Ya que los instrumentos y técnicas para la recopilación de datos buscan brindarle al investigador la información vital para resolver el problema de investigación, estos deben mostrarse confiables y objetivos. Es decir que los instrumentos o herramientas para la recolección de datos no son sino todos aquellos métodos físicos que permitan la obtención y análisis de la información relevante recolectada. Teniendo en cuenta lo anterior, resta exponer los instrumentos utilizados para la recolección de datos e información en la etapa medir, los cuales son:

3.2.1.1 Observación

La herramienta de observación se utilizó con la finalidad de conseguir información de una manera más real y directa del proceso realizado en el área de forma presencial para registrar sus datos y seguidamente analizarla. Además, este método se aplicó en conjunto con una bitácora de observación, de modo que permitió comprender como es el desarrollo de los procesos mediante la indagación de cada una de las etapas de producción en el área de Swiss.

tomadas sobre cómo se está llevando a cabo el proceso de producción del área de Swiss y así mismo, poder visualizar con mayor claridad los posibles inconvenientes que están persistiendo y de esa forma, poder determinar la solución más factible al problema.

3.2.1.2 Estudio de tiempos

Con respecto al estudio de tiempos, este mismo fue aplicado junto con los datos suministrados por los encargados del área de Swiss, del período del segundo semestre del 2021. Por lo tanto, al tomar en cuenta las horas trabajadas en dicho período, en las 14 máquinas existentes y las unidades producidas en las mismas, se procedió a realizar una sumatoria de las unidades y horas de cada máquina en ese período con la finalidad de alcanzar un cálculo más exacto, en cuanto a las unidades hechas, por lo que, al obtener la cantidad de horas de trabajo en cada máquina y la cantidad de unidades hechas, se calcularon las unidades por hora en dicha área, lo cual permitió tener un mayor análisis de que máquina se encuentra presentando un cuello de botella según las unidades y el tiempo en el que se procesaron.

3.2.1.3 Encuesta

Mediante Google Forms se elaboró una encuesta de tipo no probabilística con población finita y con una muestra de 20 en total, tomando en cuenta la muestra por conveniencia. Por lo tanto, se realizaron preguntas a los colaboradores enfocadas en el desempeño que tiene lugar durante el proceso, la conformidad actual con la tarea que se encuentran realizando, al igual que la complejidad de esta. Además, se implementó la escala de Likert en las respuestas, calificación que facilitó la recopilación de los datos relevantes según las opiniones de los colaboradores del área de Swiss. Sin embargo, la encuesta se aplicó a los operarios de manera impresa donde las preguntas elaboradas en Forms se traspasaron a un documento de Microsoft Word, esto debido a que los operarios no pueden manejar sus teléfonos celulares mientras se encuentran realizando el turno de trabajo respectivo, por lo que, se procedió a aplicarlo de dicha manera.

Figura 9.

Encuesta para la determinación de la capacidad mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss.



Encuesta de investigación sobre la capacidad instalada en el área de Swiss de Tegra Medical

La presente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre la capacidad instalada en dicha área. Toda la información recolectada será de manera confidencial y tratada únicamente para fines académicos de un trabajo de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana.

De ante mano, se agradece su colaboración.

1. ¿Qué tan complejo es el proceso que ejecuta? *

Bastante

Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta permitió una mayor visualización del panorama actual y de aquello que se encuentra generando inconvenientes en el área de Swiss. Es decir, con la aplicación de este mecanismo se encontró claridad y precisión a la hora de identificar las causas principales del problema a tratar, lo que, a su vez, de manera indirecta, permitió el desarrollo de una propuesta de mejora que se encuentre respaldada por la información recolectada y fiable de los acontecimientos. Además, por medio de Google Forms al recopilar los datos de las encuestas aplicadas se lograron desarrollar gráficos para poder analizar de manera gráfica las respuestas recolectadas.

3.2.2 Validación de instrumentos

La validación de instrumentos viene dada por dos principales conceptos que resultan vitales para cualquier investigación académica. Debido a la formalidad, es necesario que antes de utilizar un instrumento para cualquier tipo de medición en un estudio, este sea comprobado desde la confiabilidad y validez de este. Por esta razón, Santos (2017) define ambos conceptos para evitar cualquier margen de error en la toma de instrumentos investigativos.

3.2.2.1 Confiabilidad

De acuerdo con el autor anteriormente mencionado, la confiabilidad de un instrumento de recolección de información puede ser medido según los resultados que este provee. Es decir, el instrumento que el investigador se proponga a emplear debe ser capaz de ser utilizado vastamente, tanto por sí mismo como por otros sujetos, sin que este altere sus resultados entre cada prueba realizada. De esta manera el concepto de confiabilidad se encuentra estrechamente relacionado con la precisión y exactitud en cuanto a los productos y para esto, a su vez, es necesario asegurar la estabilidad y correcta función de la herramienta aplicada (pp. 1-2).

3.2.2.2 Validez

En cuanto al concepto de validez, el mismo autor menciona que para que un instrumento de recolección de datos sea válido este debe comprobar o medir aquello que se estudia. Visto de otra forma, esta misma pretende evitar una medición con un margen de error grande utilizando los instrumentos más adecuados para el proceso para que así el investigador sea capaz de sustentar las conjeturas de su estudio. Por otra parte, el concepto de validez no está enteramente separado del concepto de confiabilidad y más bien se apoya en este, ya que un instrumento puede poseer la característica de confiabilidad sin necesariamente ser la herramienta más específica (válido) para la medición (pp. 1-2, 8-9).

3.2.3 Sujeto y fuentes

A continuación, se explicarán con mayor detalle las distintas fuentes de información, así como las fuentes de información primarias y secundarias que se desarrollarán en esta presente investigación.

3.2.3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información, tal como indica Torres-Verdugo (2011), refiere a todos aquellos materiales documentales, electrónicos o impresos disponibles que el investigador en cuestión pueda utilizar como base o cimiento que fundamente el trabajo académico, sea éste una investigación, artículo, ensayo, etc. Por otra parte, esta información debe ser de origen oficial y específica, pues el desarrollo del trabajo dependerá concretamente de la confiabilidad de estos datos primarios. Además, el origen de estos puede variar y catalogarse como institucionales, personales o documentales mientras que su contenido, a su vez, dictará si la clasificación de estos corresponde más bien a contenido primario o secundario (pp. 146.147). Por otra parte, el mismo Torres-Verdugo diferencia ambas clasificaciones de fuentes (primarias y secundarias) de la siguiente forma:

3.2.3.1.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias son aquellas que poseen información auténtica y esta se puede hallar tanto en reportes de investigación como libros y revistas (p. 147). Es decir, la fuente primaria es la base de la investigación y por ende nace de aquellos datos reales y confiables que se presenten al investigador como necesarios para el desarrollo de este. Por otra parte, la fuente de información primaria en esta investigación fue obtenida por medio de la observación directa del proceso junto con la entrevista y encuestas realizadas hacia el personal a cargo del área del proceso Swiss en el departamento de producción.

3.2.3.2.2 Fuentes secundarias

Así mismo, las fuentes secundarias compilan y refieren a las fuentes primarias y pueden ser catálogos o en general la base de datos bibliográficos (p. 147). Es decir, para que

una fuente se considere de origen secundario la misma debió procesar anteriormente la información auténtica de las primarias. En otras palabras, las fuentes secundarias se obtienen a partir del análisis indirecto o mejor dicho de la recopilación de datos ajenos. Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, la fuente de información secundaria en esta investigación fue obtenida a base de tesis universitarias, libros, revistas y páginas web que contenían información relacionada al tema desarrollado en el trabajo de investigación.

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

En este apartado corresponde a la etapa de análisis del DMAIC, la cual se constituye el respaldo metodológico para sustentar el desarrollo de la propuesta de mejora de la investigación.

3.3.1 Herramientas metodológicas para el análisis de la investigación

Por su parte, en cuanto a las herramientas metodológicas que se procedieron a utilizar para realizar el análisis del DMAIC en la investigación correspondieron al diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el análisis de la capacidad instalada.

3.3.1.1 Diagrama Ishikawa

Con respecto al uso del diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto o diagrama de espina de pescado) este permitió identificar las principales causas del problema que perjudican la capacidad de la línea de producción, por medio de las 6M's (mano de obra, maquinaria, métodos, medición, materia prima y medio ambiente) debido a que brinda una mayor visibilidad de los problemas que está presentando el proceso del área de Swiss.

Figura 10.

El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años.



Nota: Adaptado de El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años (p. 1227), por D. Burgasí et al., 2021, *Revista electrónica tambara*, 3(84).

Por consiguiente, el diagrama de Ishikawa fue de mayor utilidad debido a que permitió un mejor enfoque en los problemas que se presentaron por medio de las 6M's y así ser más eficientes al momento de analizar y resolver el problema principal, además, al llegar a identificarlos, previene la mayoría de los conflictos en el futuro, debido a que se mantienen prestando atención sobre el mismo y así poder evitar que estos mismos se repitan.

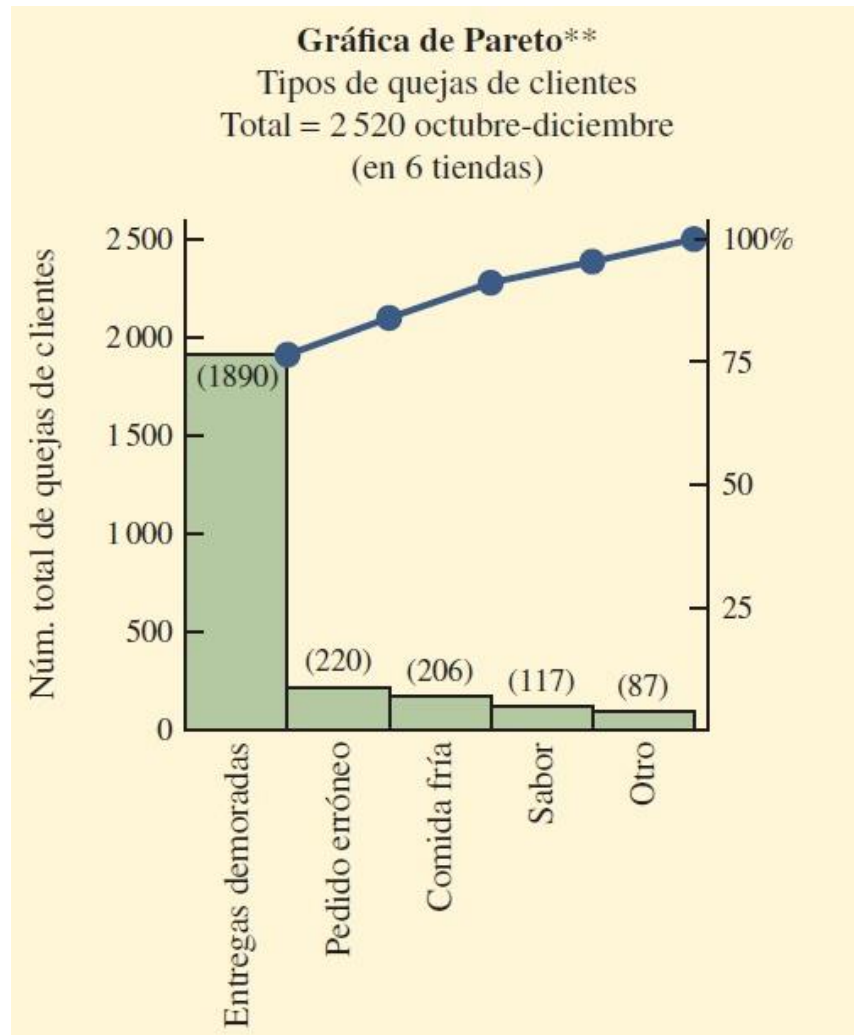
3.3.1.2 Diagrama de Pareto

Con respecto al diagrama de Pareto, este se desarrolló mediante la herramienta Microsoft Excel, por su parte, la gráfica permitió visualizar las principales causas del problema, que, a su vez, indicó las mejoras que se deben realizar, según su orden de prioridad,

para promover el desarrollo óptimo del proceso y así evitar un malgasto de esfuerzo en aquellas irregularidades con menor índice de aparición.

Figura 11.

Grafica de Pareto: Tipos de quejas de clientes



Nota: Adaptada de *Administración de Operaciones: producción y cadena de suministros* (p.316), por R. Chase, F. Jacobs & N. Aquilano, 2009, McGrawHill.

Una vez graficado el diagrama de Pareto y analizado la totalidad de los problemas, resta aplicar la regla de 80-20 que resalta en evidencia las constantes negativas que reducen

el desempeño del proceso. Una vez alcanzado este punto la unificación del enfoque es inminente, por lo que se procede con el desarrollo de la propuesta de mejora enfocada en la causa raíz basándose en los datos reales recolectados.

3.3.1.3 Análisis de la capacidad instalada

Para llevar a cabo el análisis de la capacidad instalada en el área de Swiss, primeramente, se evaluaron las principales causas del problema que afectan el cumplimiento de la demanda del departamento de producción, esto por medio del diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, debido a que estos permitieron identificar los problemas en el proceso y así llegar a distinguir la causa raíz, con el fin de aplicar el Takt Time.

Figura 12.

Fórmula del Takt Time.

$$TaktTime = \frac{TiempoDisponible}{DemandaDelCliente}$$

Nota: Adaptada de Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta (p. 12), por M. López et al., 2011, *Revista El Buzón de Pacioli*, 74.

En cuanto al análisis de la capacidad instalada mediante la aplicación de la fórmula de Takt Time, este mismo permitió establecer la capacidad real de la línea de producción en el área, debido a que la fórmula mencionada anteriormente determina cual es el ritmo de fabricación que se debe mantener para poder cumplir con las demandas de los clientes, por lo que, disminuye los costos debido a que se eliminarían los cuellos de botella en el proceso, así como la optimización de los recursos, puesto que, se debe ajustar la capacidad de fabricación.

3.3.2 Tratamiento de la información

El tratamiento de la información, según aclaran Lapiedra et al., (2011) es un proceso por el cual se intenta explotar la utilidad de esta misma en beneficio de quien lo requiera (p. 18). Es decir, cuando se habla del tratamiento de la información se hace referencia a todas aquellas intervenciones requeridas que un investigador puede llegar a realizar con la información recolectada. En otras palabras, se puede entender con esto, la manipulación efectiva (manual o tecnológica) de datos con el propósito de presentarlos de una manera más clara y concisa.

3.3.2.1 Tabulación, ordenamiento y procesamiento

Para asegurar el correcto trato de la información es necesario abarcar dos conceptos vitales como lo son el ordenamiento y procesamiento de datos. Por esta misma razón es que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o por sus siglas INEGI (s.f.), se pronuncia y menciona que el concepto de procesamiento de datos puede entenderse como la manera en que se ordenan y preparan todos los archivos de información con el fin de garantizar un eficiente y coherente uso de estos (p. 1). Visto de otra forma, el concepto de procesamiento se encuentra ligado al de ordenamiento, pues ambos pretenden una clarificación general de los archivos informativos con el fin de proporcionar un entendimiento sencillo y práctico por medio de herramientas como la tabulación. Esta tabla, tal como menciona Soledad (2014), busca clasificar y enumerar la información de una manera esclarecedora y mantener a disposición de una persona toda la información relevante (p. 5).

3.3.2.2 Presentación de la información

La presentación de la información es un apartado fundamental para un proyecto de investigación y, así como menciona Lapiedra et al., (2011), esta debe adaptarse a los deseos de la persona encargada de la recolección de información. Además, para que la presentación de datos sea más clara y concisa, la información conseguida debe mantenerse en un rango amplio, sin escapar de lo controlable, para que de esta manera se pueda profundizar correctamente en aquello que realmente destacable (p. 40).

3.3.3 Variables

El concepto de variables, según Villasís-Keever y Miranda-Novales (2016), es todo aquello que se muestre medible en un proyecto de investigación. Estas mediciones son de vital importancia en un estudio porque suelen ser las encargadas de resolver los problemas de investigación que se plantean al inicio de un proyecto y, es por esta misma razón que debe señalarse de qué forma serán medidas exactamente, para que el estudio cuente con una especificidad requerida y busque ser exacto y conciso (p. 304). Hernández et al., (2006), por otra parte, agrega que aquello que caracteriza a las variables es que es una propiedad inconstante, es decir, fluctúa y es susceptible de medirse u observarse (p. 105). Además, las variables cuentan con las tres distintas definiciones siguientes:

3.3.3.1 Definición conceptual

La definición conceptual de las variables es, según aclara Velázquez en su *Metodología de la investigación científica*, (como se citó en Núñez, 2007), aquella que busca teorizar la misma mediante abstracción científica (p. 167). En otras palabras, la definición conceptual hace referencia específicamente al significado esencial del término y pretende ser una vía hacia la correcta contextualización de aquello que se investigue. Así lo aclaran Villasís-Keever y Miranda-Novales (2016) cuando mencionan que el aspecto conceptual se refiere a como se concibe muchas veces en un diccionario (p. 305).

3.3.3.2 Definición operacional

La definición operacional contrasta de la conceptual y Kerlinger (s. f., como se citó en Núñez, 2007) menciona que esta proporciona el significado a una variable, al aclarar aquello que se pretende realizar con el fin de medirla. Es decir que el significado conceptual no es más que una precisión hecha por el mismo investigador del estudio en cuanto a las operaciones que se llevarán a cabo para manipular una variable (p. 168). Por su parte, Villasís-Keever y Miranda-Novales (2016) coinciden con esta declaración y defienden que el concepto operacional se encarga de delimitar la forma en la que sería medida una variable (p. 305).

3.3.3.3 Definición instrumental

De acuerdo con Arroyo (2022) las anteriores dos definiciones son el sustento o apoyo cuando se trata de desarrollar el significado instrumental. Tal y como indica, el concepto instrumental de variable tiene por objetivo tanto participar del registro completo como retratar todos aquellos cambios sufridos con el fin de facilitar la cuantificación o cualificación. Además, dicha definición se encarga también de desarrollar interrogaciones que posteriormente conformarán un instrumento, que el investigador utilizará, a su vez, para observar la presencia, el modo y la magnitud de la variable. Al ser el instrumento de medición muy importante para la investigación, el mismo autor expone dos requisitos fundamentales: 1) Que al medir la misma variable en distintas ocasiones muestre resultados similares y 2) medir el rasgo asignado con exactitud y veracidad (p. 7).

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

En la etapa de mejora, según DMAIC, la cual se desarrolla en la investigación corresponde a la implementación de esta mediante las metodologías planteadas a continuación.

3.4.1 Impacto económico

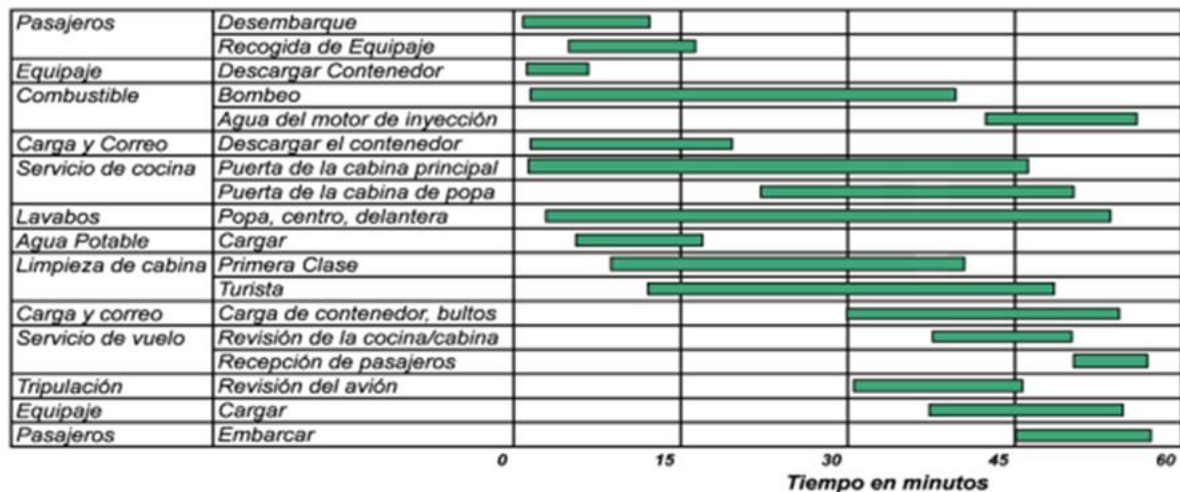
Con respecto al desarrollo del impacto económico de esta investigación se aplicó el análisis costo/beneficio, en el cual se procede a realizar una medición en la relación del costo por unidad y el beneficio obtenido de la misma. Al llegar a aplicar dicho análisis con los valores correspondientes, se tomará en cuenta el total de beneficios obtenidos entre el total de costes por unidad, esto con la finalidad de poder identificar y a la vez estimar si en la producción que mantiene actualmente Tegra Medical hay alguna pérdida o ganancia. Además de contar con esa información, se podrá tomar una decisión y de esta forma, determinar si el proyecto que se quiere implementar es rentable o no.

3.4.2 Diagrama de Gantt

En cuanto a la herramienta utilizada para la respectiva implementación de las mejoras planteadas, se llegó a desarrollar un diagrama de Gantt, debido a que este mismo permitió tener un mejor enfoque y una mayor visualización del período en el que las propuestas de mejora llegaron a ser implementadas.

Figura 13.

Diagrama de Gantt.



Nota: Adaptado de *Planificación y programación de operaciones* (p. 13), por R, Terrazas, 2011, Perspectivas, (28).

Tal y como se observa en la figura 13, el diagrama de Gantt refleja el período de tiempo de implementación desde la fecha de inicio hasta el fin del mismo, considerando el progreso que conlleva cada propuesta y de igual forma, las tareas por realizar en cada una de ellas, junto con sus encargados y estado de la misma. Además, dicha herramienta permite tener una estimación de la duración que comprende, por lo tanto, esta misma, proporciona claridad con una vista general del avance de las propuestas, favoreciendo una mejor gestión del tiempo.

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

En la última etapa del DMAIC, la cual corresponde al control, se encuentra integrada mediante el respaldo de la verificación, control y seguimiento de los resultados obtenidos como complemento de la implementación de la mejora en la investigación.

3.5.1 Metodología PHVA

A fin de desarrollar la metodología PHVA la cual consiste por sus siglas “planear, hacer, verificar y actuar” o también conocido como el ciclo de Deming. Es fundamental asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, así como también la verificación de la efectividad de las soluciones propuestas. Por lo tanto, para el monitoreo de los resultados de las etapas de la investigación se utilizó la metodología PHVA, debido a que esta herramienta cuenta con la capacidad de verificar, controlar y realizar un seguimiento del avance de las actividades de las propuestas de mejora implementadas, lo que permitió una supervisión y realización de objetivos conforme se fue avanzando en cada etapa programada.

Tabla 3.*Ciclo de Deming.*

Ciclo de Deming	
Etapas	Desarrollo
1. Planear	Planificar la implementación de las propuestas de mejora desarrolladas en la investigación, considerando el periodo en el que se va a establecer mediante el diagrama de Gantt.
2. Hacer	Proceder con la implementación de las propuestas de mejora planteadas.
3. Verificar	Efectuar la evaluación de resultados obtenidos basados en la implementación de las propuestas de mejora a fin de realizar las respectivas verificaciones por medio de la elaboración de KPI's.
4. Actuar	Establecer un plan de acción en base a los resultados obtenidos a través de la implementación con el objetivo de desarrollar correctamente las tareas planteadas.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 3, se establecieron las cuatro etapas del ciclo de Deming, las cuales corresponden a planear, hacer, verificar y actuar, ya que las mismas permitieron una implementación de las propuestas de mejora de manera más organizada y controlada. Para un mayor entendimiento sobre las herramientas de la metodología DMAIC utilizadas en el área de Swiss de Tegra Medical se adjuntó la tabla 2 la cual es un resumen con cada una de ellas en las etapas correspondientes en la sección de Anexos (2).

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

A. Definir

4.1 Descripción de la situación actual

Con respecto al análisis de la situación actual que se presenta en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical, mediante la aplicación de herramientas como el Focus Group, el cual fue realizado con los encargados del área, junto con la entrevista, aplicada al supervisor de producción, así como las visitas y reuniones ejecutadas, permitieron tener una mayor visualización de la problemática presente en el área, para, de esta manera, lograr llegar a la identificación de las causas principales que se presentarán a continuación:

1. Maquinaria detenida.
2. Mala programación de materiales para la producción.
3. Falta de herramientas de medición.

Las causas anteriormente mencionadas están impactando directamente el área de producción, debido a que estas no permiten que cumplan con las órdenes de trabajo ya establecidas y de esta forma, cumplir con la demanda y satisfacción del cliente. Además, para la determinación de estas, también se aplicaron herramientas para un mejor desarrollo de la investigación, como es el diagrama de flujo, mapa de procesos, diagrama de Ishikawa y Pareto, utensilios que permitieron describir la problemática que permitirá plantear las propuestas de mejora más adecuadas.

4.2 Determinación de las causas que afectan al área de Swiss del departamento de producción de la empresa.

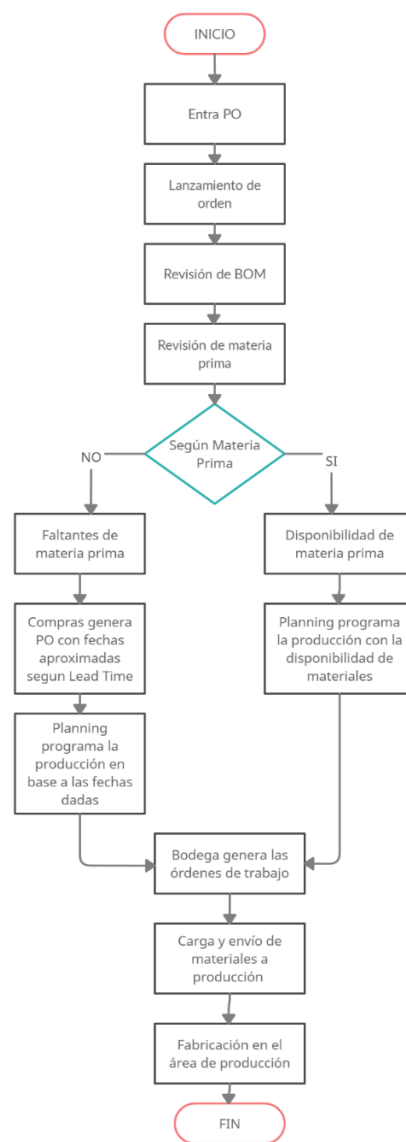
En esta sección se determinaron las causas que están afectando el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical, en donde se utilizaron diversas herramientas que permitieron una descripción más clara del proceso, así como también la recopilación de información para la realización de dicho análisis.

4.2.3 Diagrama de flujo al entrar una orden de producción en la empresa

A continuación, por medio de este diagrama, se podrá analizar de manera gráfica la secuencia del proceso que se presenta al entrar una PO (Purchase Order o, en español, Orden de compra) en Tegra Medical:

Figura 14.

Diagrama de flujo al entrar PO a Tegra Medical.



Fuente: Elaboración propia.

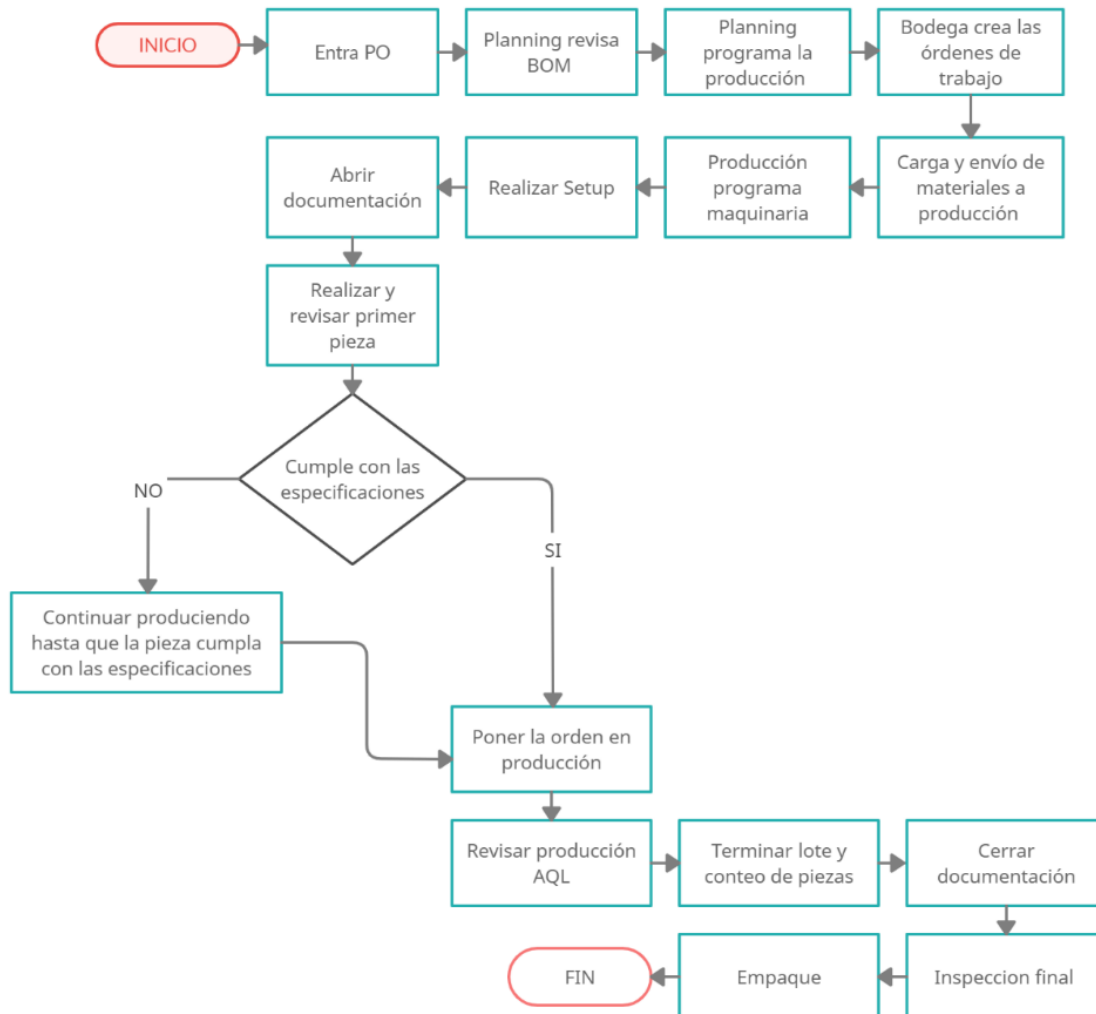
Como se observa en la Figura 14, al momento de ingresar una PO (Purchase Order) al sistema, se prosigue con lo que es el lanzamiento de la orden y pasar a la revisión de BOM (Bills of materials, que equivale en español a la lista de materiales), la cual se encarga de revisar los materiales, las herramientas y los componentes requeridos junto con un reporte interno de la empresa llamado “material planning report”. Luego se pasa a la revisión de materia prima en donde entra una decisión: si existe disponibilidad, entonces planning programa la producción, mientras que, si, por el contrario, hay faltantes de la misma, compras genera una PO junto con fechas aproximadas dadas por Lead Time. De esta manera, planning programa la producción con base en las fechas dadas por compras, al contar con la materia prima, bodega genera las órdenes de trabajo para luego cargar y hacer el envío de los materiales a producción para empezar con la fabricación de la orden.

4.2.4 Diagrama de flujo de la producción en el área de Swiss en la empresa

A continuación, se presentará de manera gráfica el flujo del proceso de la producción en el área de Swiss en Tegra Medical, el cual permitió examinar las operaciones realizadas según el orden del proceso de fabricación.

Figura 15.

Diagrama de flujo de la producción en el área de Swiss en Tegra Medical.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la Figura 15, el flujo correspondiente da inicio, de igual forma, que en la Figura 14, sin embargo, el desarrollo de este cambia al llegar al departamento de producción, debido a que este empieza con la programación de la maquinaria, donde luego se procede con la realización de Setup, con el fin de proseguir a abrir la documentación. Después, se realiza y revisa la primera pieza del lote con el fin de verificar que esta cumpla con las especificaciones del cliente, ahí es donde entraría una decisión: si dicha pieza cumple las

especificaciones, se pone la orden en producción, mientras que, si no es así, se continúa produciendo hasta que cuente con los requisitos. Al empezar a producir la orden, esta se revisa mediante el muestreo AQL, después terminan el lote y se realiza el conteo de las piezas para continuar con el cierre de documentación y así pasar a la inspección final y seguir al área de empaque.

B. Medir

4.2.5 Observación

Con respecto a la parte de recolección de datos mediante la observación propia, con la intención de poder identificar las causas reales que generan problemas en el departamento de producción, se identificaron algunas de estas causas del problema en el área de Swiss de Tegra Medical, por medio de las observaciones correspondientes anotadas en la bitácora. A continuación, se presentarán las causas identificadas en el área:

1. Falta de materiales
2. Falta de equipo de medición
3. Maquinaria detenida
4. Falta de personal
5. Control de calidad no robusto

De acuerdo con las causas que se encuentran afectando el proceso, la falta de materiales es una de las más presentes, muchas de las órdenes de producción que tenían en proceso no se podían iniciar por el mismo motivo, lo que impedía que se cumpliera con la orden. En cuanto al equipo de medición, este se encuentra interrumpiendo el flujo en el proceso de producción realizado en el área de Swiss, debido a que hay una faltante del mismo, en la planta han incrementado la maquinaria a través del tiempo, sin embargo, continúan con el mismo número de herramientas de medición, generando un cuello de botella, ya que ahora se llegan a inspeccionar más piezas por dicha herramienta, en comparación a cuando tenían menos maquinaria.

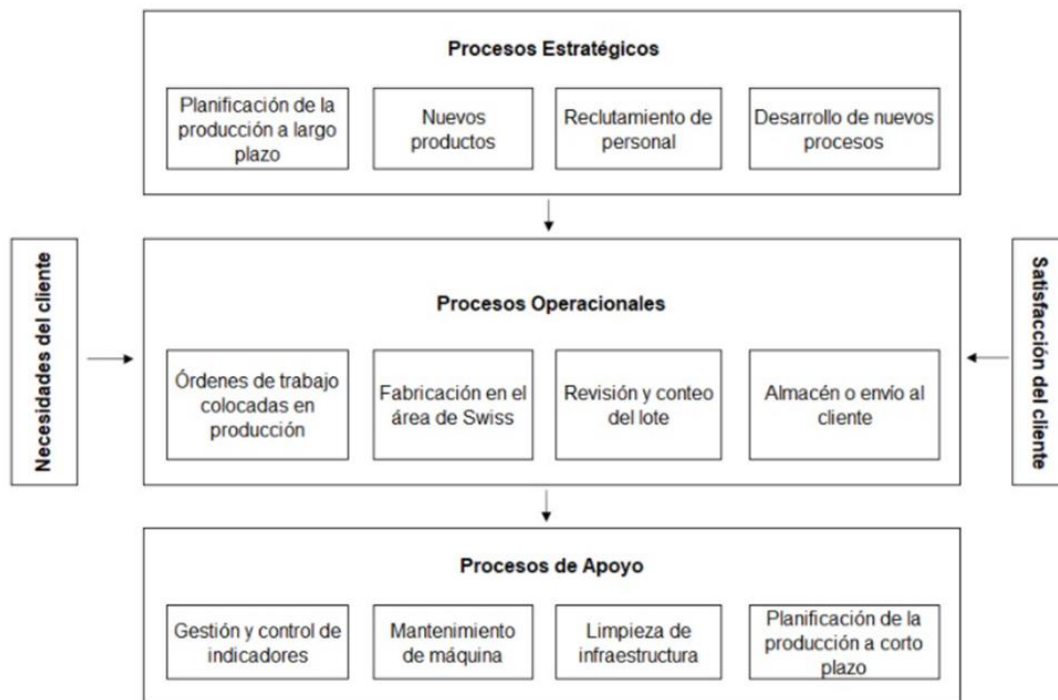
De igual forma, la maquinaria detenida, también genera atrasos en la producción, la misma se encuentra de esta manera ya sea por setup, mantenimiento o por falta de programación de la orden de producción. Referente a la falta de personal, el área posee un gran impacto por la misma razón, sin embargo, en Tegra Medical no tienen mapeadas las sub-causas por las cuales la falta de personal se encuentra siendo uno de los mayores inconvenientes. Por último, el control de calidad manejado en el área corresponde solamente al muestreo por AQL, por lo tanto, no cuentan con un sistema más robusto, donde incluya inspectores de proceso en cada turno o incluso con revisiones más constantes.

4.2.6 Mapa de procesos actual del área de Swiss en el departamento de producción

Con el fin de poder analizar el funcionamiento del área de Swiss en el departamento de producción de la empresa Tegra Medical, se desarrolló un mapa de procesos en cual permite visualizar de manera gráfica la interrelación de todos los procesos realizados en conjunto con los otros departamentos. A continuación, se presenta el mapa de procesos actual del área de Swiss:

Figura 16.

Mapa de procesos actual del área de Swiss.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, se puede observar la relación existente entre los diversos departamentos de Tegra Medical, tomando en cuenta como procesos estratégicos la planificación de la producción a largo plazo, la innovación mediante productos nuevos, el reclutamiento de personal y el desarrollo de nuevos procesos. Además, considerando las necesidades y la satisfacción del cliente, los procesos operacionales están basadas en las órdenes de trabajo colocadas en el departamento de producción, así como la fabricación en el área de Swiss, la revisión y conteo del lote como también el almacén o envío del lote al cliente. Por otra parte, se consideraría como procesos de apoyo la gestión y control de indicadores, el mantenimiento correspondiente de la maquinaria, la limpieza de la infraestructura y la planificación de la producción a corto plazo.

4.2.7 Estudio de tiempos

En el área de Swiss cuentan con un reporte llamado “time entry report”, el cual consiste en el registro de las órdenes de producción, la máquina que lo realizó, el operador, el turno, las horas en total, así como las unidades hechas. Por temas de confidencialidad, se brindarán las unidades en total y las horas trabajadas en cada una de las máquinas del área, por lo tanto, se procedió a realizar un análisis de tiempos del proceso con respecto a dicho registro, todo lo anteriormente mencionado según los datos del segundo semestre del 2021.

Tabla 4.

Análisis de tiempos del área de Swiss.

Máquinas	Horas	Unidades producidas	Unidades x hora
Máquina 1	2471,2	29447	11,9
Máquina 2	2833,75	67705	23,9
Máquina 3	2467,5	44928	18,2
Máquina 4	2930,32	110142	37,6
Máquina 5	971,75	77975	80,2
Máquina 6	2490	72524	29,1
Máquina 7	2121,5	60558	28,5
Máquina 8	2547,26	61049	24,0
Máquina 9	3243	33785	10,4
Máquina 10	1927,5	31517	16,4
Máquina 11	10,25	330	32,2
Máquina 12	66	430	6,5
Máquina 13	1765,75	91076	51,6
Máquina 14	2485,7	71030	28,6
Total	28331,48	752496	28,5

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como indica la tabla 4, en el análisis de tiempos, la producción promedio de las 14 máquinas en el área de Swiss es de 28,5 und/hora, sin embargo, para dicho análisis se debe observar que, según los datos, la máquina 5 es la que produjo más unidades, con un valor de 80,2 und/hora, lo cual tiene una gran diferencia en comparación a las 13 máquinas restantes. De igual modo, la segunda máquina con mayor producción es el caso de la máquina 13, la cual produjo 51,6 und/hora. Tomando en cuenta la máquina 5 y la máquina 13, las cuales se encuentran encabezando la producción en el área, se debe considerar de igual forma la maquinaria que está produciendo en menor cantidad, como es el caso de la máquina 12, que cuenta con una producción de 6,5 und/hora, así mismo la máquina 9, con 10,4 und/hora y la máquina 1, con 11,9 und/hora. Estas últimas tres máquinas mencionadas, se encuentran encabezando el apartado de menor producción en el área, lo cual se muestra alarmante ya que en el transcurso del segundo semestre del 2021 no estuvieron produciendo como el resto de la maquinaria que mantiene un promedio de 28,5 und/hora.

4.2.7 Análisis de la encuesta

Con base en la encuesta realizada en el área de Swiss, la cual fue aplicada de manera anónima a los operarios de producción del turno A y B, se crearon diversos gráficos de las preguntas hechas, con el fin de poder analizar los datos recolectados. Dicha información, permitió tener una mayor visualización sobre la perspectiva desde el área operacional sobre los procesos ejecutados en el área de producción. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Figura 17.*Pregunta 1.*

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17, se puede observar el gráfico en donde se indica que el 40% de los operarios consideran que el proceso que ejecutan en el área es medio complejo, otro 40% considera que tiene mucha complejidad, un 10% indicó que es bastante y el 10% restante indicó que poco. Por lo tanto, según los datos los procesos ejecutados en el área tienen una complejidad media o incluso mayor.

Figura 18.*Pregunta 2.*

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se puede observar que el gráfico indica que el 70% de los operarios consideran que el tiempo tomado en realizar el proceso es medio. Por otra parte, un 15% indicó que mucho y el 15% restante considera que poco. Por consiguiente, según los datos, el tiempo que toma realizar el proceso en el área, los operarios consideraron que es de un tiempo medio.

Figura 19.*Pregunta 3.*

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19, el gráfico indica que un 30% de los operarios seleccionaron que se sienten medio satisfechos con el proceso que desempeñan, otro 30% consideraron que están bastante satisfechos, otro 30% indicaron que mucho y el 10% restante poco. En conclusión, la opinión de los operarios mantiene una gran diferencia con respecto a la satisfacción del proceso que llevan a cabo, sin embargo, los resultados se inclinan más entre un término medio/satisfecho que uno insatisfecho.

Figura 20.*Pregunta 4.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 el 30% de los colaboradores indicaron que hay bastantes tiempos muertos en el transcurso del proceso, en cambio, el otro 30% indicó que hay pocos, por otro lado, un 20% seleccionó medio y el 20% restante se divide en 10% para mucho y 10% para nada. En conclusión, según los datos recolectados los tiempos muertos se encuentran muy variados (aunque parecen comprender un término medio), tomando en cuenta que va a depender del proceso que realice el operario en el área.

Figura 21.*Pregunta 5.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21, el 50% de los colaboradores indicaron que tienen conocimiento medio de todo el proceso que se lleva a cabo en el área, un 35% indicó que tienen bastante conocimiento de todo el proceso, un 10% indicó que mucho y el 5% restante indicó que tienen poco conocimiento. Según los datos, se puede determinar que el conocimiento que mantienen los operarios del proceso que realizan en el área, al igual que el gráfico pasado, se encuentra mayormente en un conocimiento medio.

Figura 22.*Pregunta 6.*

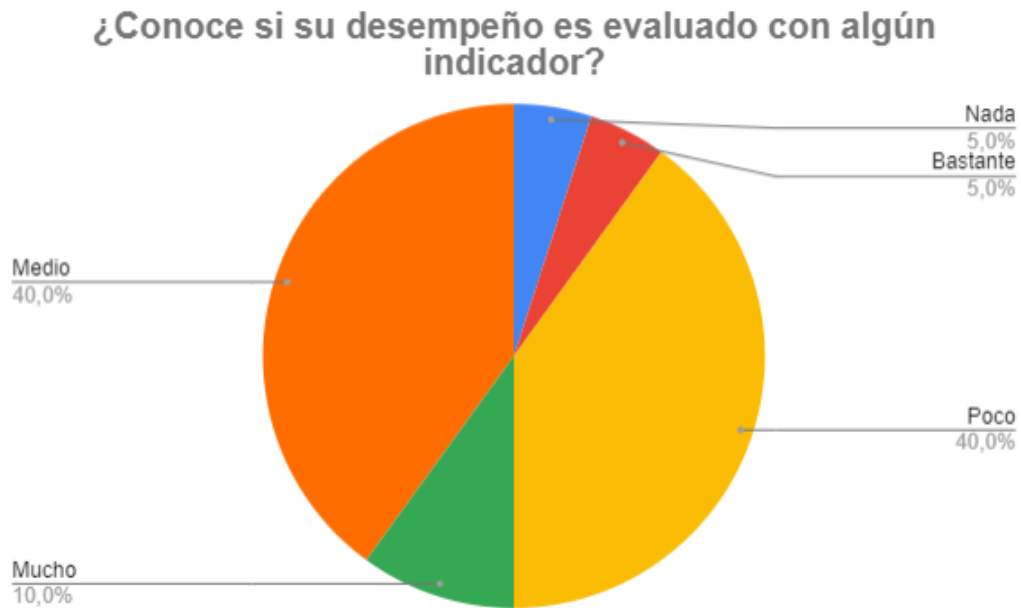
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, el 50% de los colaboradores indicaron que cuentan con la capacitación correspondiente para la realización del proceso, un 25% indicaron que la capacitación con la que cuentan es media, un 15% indicaron que tienen bastante capacitación en el proceso y el 10% restante indicó que tienen poca capacitación. En consecuencia, la mayor parte de los operarios del área cuentan con la capacitación correspondiente para el desempeño del proceso.

Figura 23.*Pregunta 7.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23, el 60% de los colaboradores indicaron que el equipo y tecnología con el que cuentan les ayuda en un término medio, otro 30% indicaron que mucho, el 10% restante se divide en 5% indicaron que bastante y 5% nada. Por consiguiente, según los datos, la mayor parte de los operarios indicaron que cuentan con el equipo y la tecnología necesarios que le ayuda a desempeñarse en el proceso que realizan.

Figura 24.*Pregunta 8.*

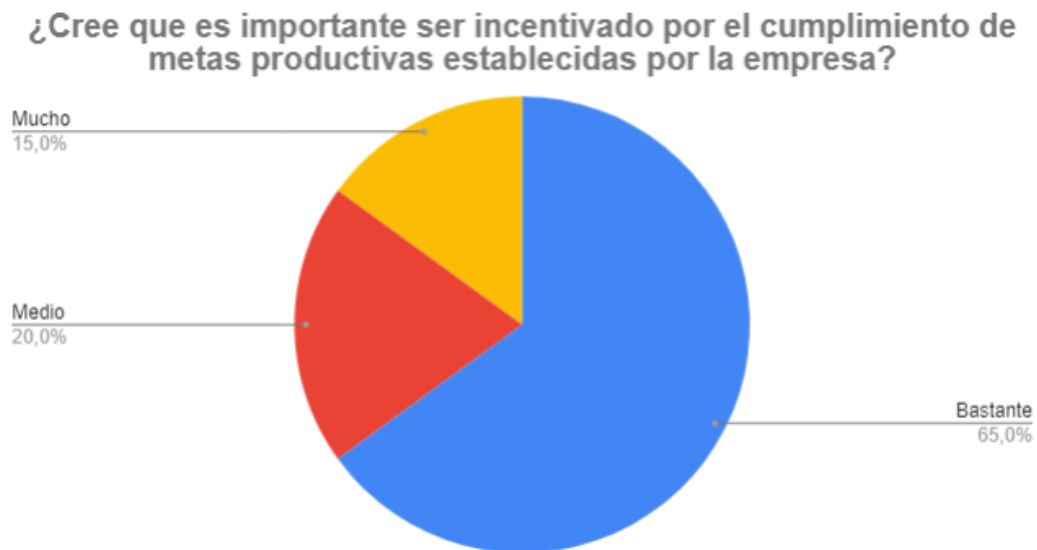
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24, un 40% de los colaboradores indicaron que tiene conocimiento medio sobre si su desempeño es evaluado con algún indicador, un 40% indicaron que poco. Por otra parte, un 10% indicaron que mucho y el otro 10% restante se divide en 5% bastante y 5% nada. Según los datos, la mayor parte de los operarios indicaron que tienen un conocimiento poco o medio sobre la evaluación de su desempeño con algún indicador.

Figura 25.*Pregunta 9.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25, un 45% de los colaboradores reflejan tener un conocimiento medio de como aporta su actividad en el desarrollo de la empresa, otro 30% tienen poco conocimiento y el 25% restante indicaron que mucho. Según los datos de las respuestas en la pregunta 9, los cuales tuvieron una gran diferencia, se puede concluir que los operarios cuentan con un conocimiento poco y en mayor parte medio en cuanto a su aporte al desarrollo de la empresa.

Figura 26.*Pregunta 10.*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26, un 65% de los colaboradores consideran que es bastante importante ser incentivados por el cumplimiento de metas productivas establecidas por la empresa, otro 20% indicaron que es medio importante y 15% consideraron que tiene mucha importancia. En consecuencia, se llega a concluir que los operarios creen que es bastante importante ser incentivado para el cumplir las metas planteadas.

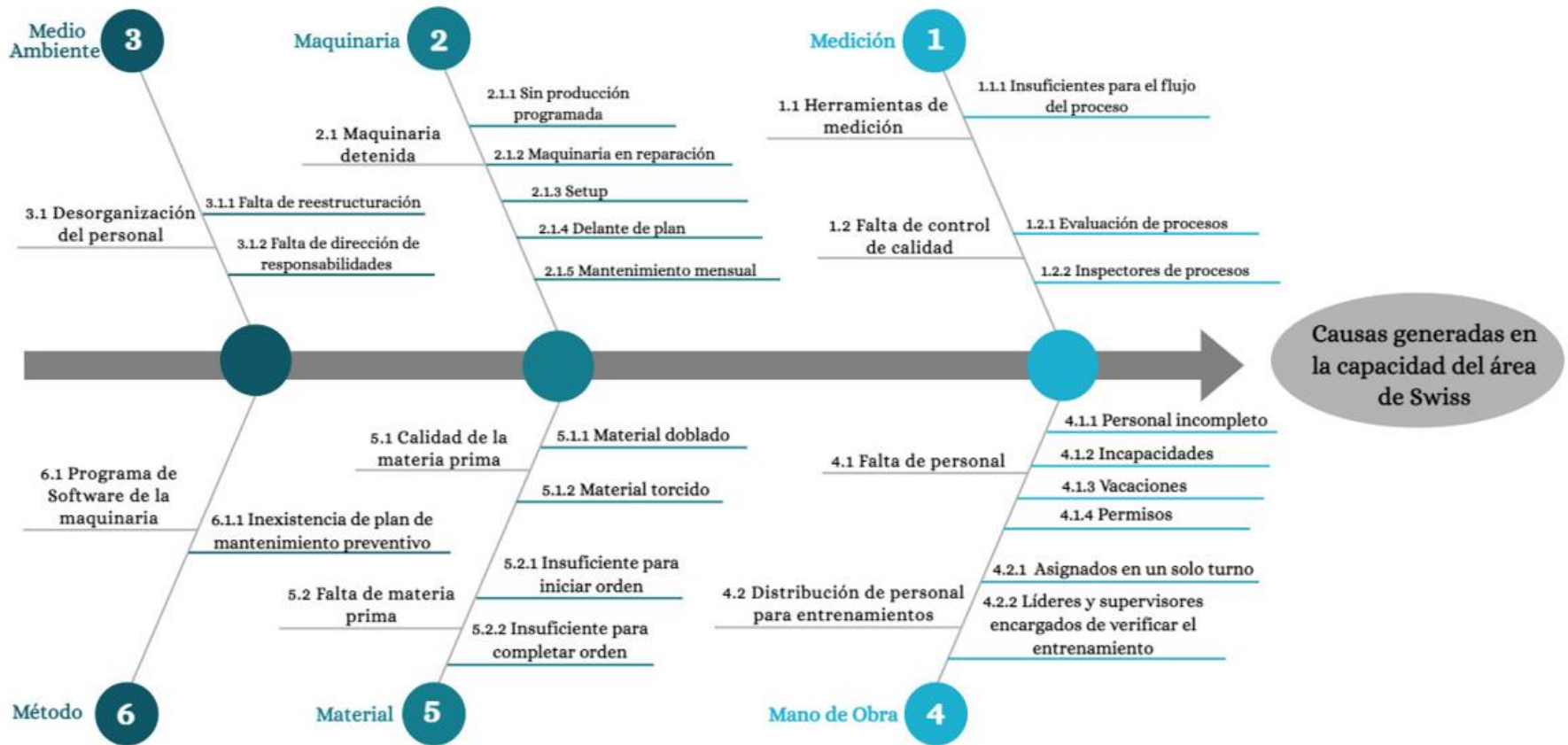
C. Analizar

4.4 Diagrama de Ishikawa del departamento de producción

A continuación, en la figura 26 se encontrará el diagrama Ishikawa, el cual se construye con base en la información recolectada por medio de la entrevista aplicada al supervisor de producción del área de Swiss y al ingeniero encargado.

Figura 27.

Diagrama de Ishikawa sobre la capacidad instalada en el área de Swiss



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Medición

4.4.1.1 Herramientas de medición: con respecto a las herramientas de medición en el área, en el transcurso del tiempo, se aumentaron la cantidad de maquinaria de producción, sin embargo, no fue el mismo escenario con las herramientas de medición, por lo que no existen suficientes para cumplir el proceso, ya que el mismo no fluye adecuadamente por el hecho de que solo disponen de un Vision System (herramienta de medición), el cual se muestra como el único encargado de las 14 máquinas.

4.4.1.2 Falta de control de calidad: en cuanto a la falta de control de calidad, en el área ya cuentan con un muestreo por AQL, sin embargo, el control que mantienen no es tan robusto para la producción que manejan, por lo tanto, no tienen una evaluación de procesos e incluso no cuentan con personal encargado de inspeccionar el mismo. De todo esto se resume que cuentan con una faltante al no mantener un control adecuado.

4.4.2 Maquinaria

4.4.2.1 Maquinaria detenida: la maquinaria detenida del área durante el proceso es una de las causas más frecuentes por la falta de programación en la producción, debido a que no cuentan con la validación en la maquinaria y al no contar con esta misma, no pueden producir cualquier número de parte en cualquier máquina por las políticas ya establecidas en la empresa.

4.4.3 Medio Ambiente

4.4.3.1 Desorganización del personal: debido a que el área de Swiss no contó con un supervisor de producción durante un largo período, provocó una desorganización en el personal que desencadenó una falta de dirección de responsabilidades para cada encargado, operario e incluso cualquier otro involucrado en el área, además, de una falta de reestructuración de este, ya que no existe un control frecuente del personal.

4.4.4 Mano de Obra

4.4.4.1 Falta de personal: según los datos brindados por los encargados, aunque sea por el mínimo de un turno, el área siempre se encuentra con el personal incompleto. De igual forma, otra de las sub-causas de la falta de personal se debe a las incapacidades, permisos y vacaciones que solicitan los operarios durante el período de trabajo que mantienen.

4.4.4.2 Distribución de personal en entrenamientos: en Tegra Medical, cuando contratan personal, a este mismo se le brinda su capacitación correspondiente, esto con el fin de que pueden desarrollar de manera óptima el proceso por el cual será responsable. Sin embargo, no han llegado a distribuir de forma correcta la cantidad de personas que se encuentran en entrenamiento en los turnos respectivos, ya que, en vez de colocar una persona en cada turno, colocan varias en uno solo, por lo que el personal de dicho turno no se encuentra con la disponibilidad que debería y, en vez de supervisar solo a una persona, además del proceso en sí, tienen estar supervisando varias.

4.4.5 Material

4.4.5.1 Calidad de la materia prima: en el caso del material defectuoso, muchas de las piezas que enviaba bodega al departamento de producción llegaban con defectos, para ser más específico, las piezas llegaban deformadas o dobladas, por lo que impedía que el proceso se realizara con mayor facilidad al no contar con el material adecuado para la fabricación del lote.

4.4.5.2 Falta de materia prima: en muchos casos, las órdenes de producción que entraban al área se encontraban sin el material suficiente para poder empezar a producirlas, por lo que atrasaba la fabricación o incluso esta misma llegaba a quedar incompleta, ya que el material alcanzaba para solo una orden de producción y no contaban con el material suficiente para fabricar la siguiente.

4.4.6 Método

4.4.6.1 Programa de Software de la maquinaria: el programa de Software que tienen instalado en la maquinaria del área es la única causa existente aplicable con respecto al método, debido a que no existe un plan de mantenimiento preventivo para un fallo repentino del mismo, si se llegara a generar una falla al momento de estar produciendo alguna orden de producción, esta puede generar retrasos en el transcurso del proceso por no contar con un plan de acción.

4.5 Clasificación de las causas identificadas

En este apartado se mostrará a continuación la tabla 5 junto con las causas identificadas con base en la información obtenida por medio de las herramientas de recolección de datos, las cuales se encuentran clasificadas según su frecuencia, con el fin de generar en la siguiente sección el Pareto.

Tabla 5.

Causas identificadas en el área de Swiss y sus frecuencias.

Orden	Diagnóstico	Causa	Frecuencia
1	Insuficientes para el flujo del proceso	1.1.1	10
2	Evaluación de procesos	1.2.1	2
3	Inspectores de procesos	1.2.2	2
4	Sin producción programada	2.1.1	9
5	Maquinaria en reparación	2.1.2	5
6	Setup	2.1.3	6
7	Delante de plan	2.1.4	5
8	Mantenimiento mensual	2.1.5	5
9	Falta de reestructuración	3.1.1	4
10	Falta de dirección de responsabilidades	3.1.2	4
11	Personal incompleto	4.1.1	8
12	Incapacidades	4.1.2	5
13	Vacaciones	4.1.3	5
14	Permisos	4.1.4	5
15	Asignados en un solo turno	4.2.1	9
16	Líderes y supervisores encargados de verificar el entrenamiento	4.2.2	7
17	Material doblado	5.1.1	3
18	Material torcido	5.1.2	3
19	Insuficientes para iniciar orden	5.2.1	2
20	Insuficientes para completar orden	5.2.2	2
21	Inexistencia de plan de mantenimiento preventivo	6.1.1	1
Total			102

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, se puede analizar la clasificación de las causas identificadas por orden de causa donde el total de la frecuencia presentado fue de 102 veces presentadas en el área de Swiss de Tegra Medical, en el período del segundo semestre del 2021. Dicha información fue recolectada mediante las entrevistas realizadas y la observación del proceso en el área.

Tabla 6.

Causas identificadas y sus frecuencias ordenadas de mayor a menor.

Orden	Diagnóstico	Causa	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Insuficientes para el flujo del proceso	1.1.1	10	10	10%	10%
4	Sin producción programada	2.1.1	9	19	9%	19%
15	Asignados en un solo turno	4.2.1	9	28	9%	28%
11	Personal incompleto	4.1.1	8	36	8%	36%
16	Lideres y supervisores encargados de verificar el entrenamiento	4.2.2	7	43	7%	43%
6	Setup	2.1.3	6	49	6%	49%
5	Maquinaria en reparación	2.1.2	5	54	5%	54%
7	Delante de plan	2.1.4	5	59	5%	59%
8	Mantenimiento mensual	2.1.5	5	64	5%	64%
12	Incapacidades	4.1.2	5	69	5%	69%
13	Vacaciones	4.1.3	5	74	5%	74%
14	Permisos	4.1.4	5	79	5%	79%
9	Falta de reestructuración	3.1.1	4	83	4%	83%
10	Falta de dirección de responsabilidades	3.1.2	4	87	4%	87%
17	Material doblado	5.1.1	3	90	3%	90%
18	Material torcido	5.1.2	3	93	3%	93%
2	Evaluación de procesos	1.2.1	2	95	2%	95%
3	Inspectores de procesos	1.2.2	2	97	2%	97%
19	Insuficientes para iniciar orden	5.2.1	2	99	2%	99%
20	Insuficientes para completar orden	5.2.2	2	101	2%	101%
21	Inexistencia de plan de mantenimiento preventivo	6.1.1	1	102	1%	102%
Total			102	102	102%	102%

Fuente: Elaboración propia.

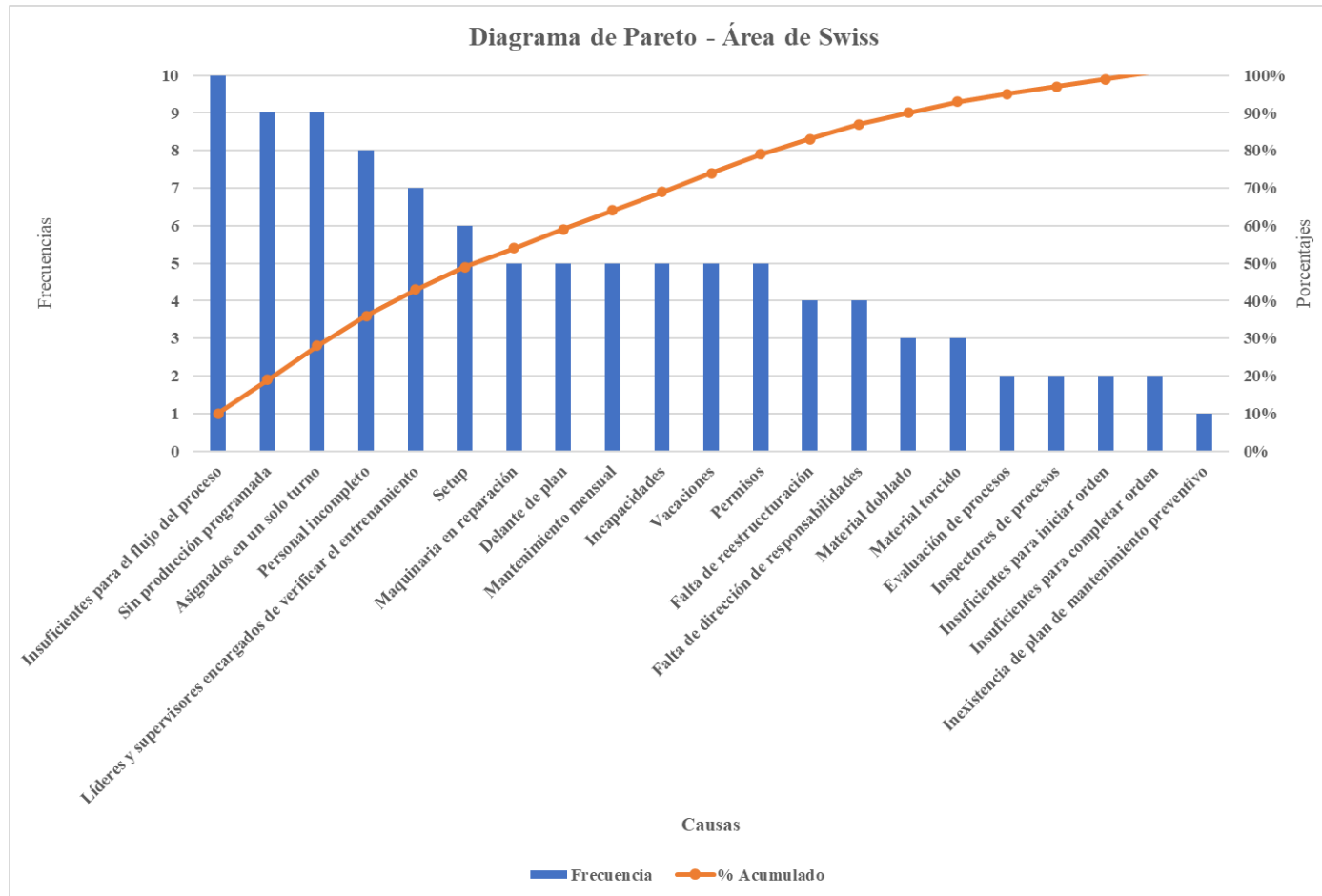
En la tabla 6 se puede observar las causas identificadas en el área de Swiss en el período del segundo semestre del 2021, las cuales se encuentran ordenadas de mayor a menor, además, el total de frecuencias es de 102, como se mencionó en la tabla anterior, de igual forma, se indica la frecuencia acumulada, el porcentaje y el porcentaje acumulado de las 21 causas identificadas.

4.6 Diagrama de Pareto

Al analizar las causas y frecuencias, identificadas en el diagrama de Ishikawa, con respecto al área e Swiss del departamento de producción de Tegra Medical, se obtiene el siguiente gráfico de Pareto:

Figura 28.

Diagrama de Pareto del Área de Swiss



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 28, el diagrama de Pareto indicó que las causas con mayor prioridad, considerando y priorizando su frecuencia y porcentaje respectivo, aplicando la ley de 80/20 en el período del segundo semestre del 2022 sería insuficientes para el flujo del proceso, sin producción programada, asignados a un solo turno, personal incompleto, líderes y supervisores encargados de verificar el entrenamiento, setup, maquinaria en reparación, delante de plan, mantenimiento mensual, incapacidades, vacaciones, permisos y falta de reestructuración, mencionadas en orden de mayor a menor impacto generado en el área de Swiss.

4.7 Registro de datos del departamento de producción en el área de Swiss en la empresa

A continuación, se presentará una tabla con los datos del departamento de producción en el área de Swiss correspondientes al segundo semestre del 2021, indicando la orden de producción trabajada, la máquina en la que se trabajó, así como el total de horas y de unidades.

Tabla 7.

Datos de producción en el segundo semestre del 2021.

Máquinas	Orden de Producción	Horas trabajadas	Unidades hechas
Máquina 1	A	2471,2	29447
Máquina 2	B	2833,75	67705
Máquina 3	C	2467,5	44928
Máquina 4	D	2930,32	110142
Máquina 5	E	971,75	77975
Máquina 6	F	2490	72524
Máquina 7	G	2121,5	60558
Máquina 8	H	2547,26	61049
Máquina 9	I	3243	33785
Máquina 10	J	1927,5	31517
Máquina 11	K	10,25	330
Máquina 12	L	66	430
Máquina 13	M	1765,75	91076
Máquina 14	N	2485,7	71030
Total		28331,48	752496

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 7, en el área de Swiss cuentan con 14 máquinas, en donde en el segundo semestre del 2021, se produjeron 752496 unidades en un total de 28331.48 horas. El suministro de estos datos permitió el desarrollo de la investigación ya que ayudó a la realización del estudio de tiempos en ese periodo de tiempo.

4.8 Demanda de producción en el área de Swiss del departamento de producción

Con el fin de poder determinar la capacidad de producción instalada en el área de Swiss, se debe tomar como indicador la demanda mensual dada por las ordenes de producción recibidas por parte de los clientes para el departamento de producción de Tegra Medical, el

cual mantiene 3 turnos de producción al día, que serían mañana, tarde y noche, (6:00am a 2:00pm, 2:00pm a 10:00pm y 10:00pm a 6:00am) de lunes a sábado. Por lo tanto, para poder determinar la capacidad real de producción tomando en cuenta los turnos trabajos, las horas disponibles en cada turno, considerando los 30 minutos de almuerzo y 15 minutos de café, y, además, el total de días trabajados al mes.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, el tiempo disponible de producción por turno es de 7 horas y 15 minutos, es decir, que en los 3 turnos diarios serían 21 horas y 45 minutos, de igual forma se debe considerar en un mes de trabajo, los días disponibles serían 26 días disponibles, restando los 4 domingos del mes los cuales no son laborados. Por consiguiente, las 21 horas y 45 minutos multiplicadas por los 26 días disponibles sería 557.7 tiempo disponible. En cuanto a la demanda mensual, mediante los datos proporcionados por el Supply Chain Manager, la demanda correspondiente al segundo semestre del 2021 corresponde a 17500 unidades. Para esta investigación, se considerará solamente dicho período, con el fin de determinar la capacidad real de producción referente a dicho semestre.

4.8.1 Takt Time

En cuanto a la estimación de la capacidad real del área de Swiss, se procedió a realizar el cálculo mediante la fórmula del Takt Time. A continuación, se presenta la tabla 8 donde se aplica la fórmula respectiva del Takt Time según la demanda mensual correspondiente al segundo semestre del 2021.

Tabla 8.

Takt Time del segundo semestre del 2021.

Takt Time	
Cálculo de la capacidad real en el área de Swiss	
Periodo	Segundo Semestre del 2021
Demanda mensual =	17500
Tiempo disponible =	558
Capacidad real =	31

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la tabla 8, se puede observar que el análisis realizado en cuanto a la capacidad real en el área de Swiss en consideración al segundo semestre del 2021, tomando en cuenta la demanda de 17500 unidades mensuales y un tiempo disponible laboral de 558 horas mensuales, la capacidad real corresponde a 31 unidades por hora.

4.9 Escenario comparativo

A continuación, se presentará un escenario comparativo entre el costo de producción y el costo por unidad, de tres órdenes de producción en el transcurso del segundo semestre del 2021.

4.9.1 Comparativo entre el costo de producción y costo por unidad

Con el fin de poder realizar la comparación entre el costo de producción de una orden de trabajo entre el costo por unidad correspondiente, se analizará la varianza existente entre

ambos costos contemplando los Jobs presentados en los meses que conforman el segundo semestre del año 2021.

Tabla 9.

Job Jul.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB JUL	\$4 903 777	\$3 746 841	\$1 156 936	\$1 081	\$826	\$255

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como indica la tabla 9 el Job Jul, es consecuente al mes de julio del 2021, el cual tiene un costo estimado de \$4.903.777, sin embargo, este disminuyó ya que el costo total fue de \$3.746.841, teniendo una varianza de \$1.156.936. Por otra parte, el costo estimado por unidad fue de \$1.081, no obstante, el costo total de por unidad fue de \$826, habiendo una varianza de \$255 entre ambos costos, en conclusión, ambos costos totales disminuyeron en comparación con los costos que tenían como estimado.

Tabla 10.

Job Ago.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB AGO	\$4 121 179	\$4 911 577	\$790 397	\$903	\$758	\$145

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Job Ago, el cual es comprendido por el mes de agosto del 2021, es comprendido por un costo estimado de \$4.121.179, a pesar de ello, el costo total fue de \$4.911.577, donde hay una varianza de \$790.397. Por otra parte, el costo estimado por

unidad es de \$903, aunque el costo total por unidad fue de \$758, conteniendo una varianza de \$145. En este Job, el costo total de producción fue mayor según al cálculo estimado, en cambio en el costo por unidad si disminuyó con la estimación realizada.

Tabla 11.

Job Sep.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB SEP	\$3 119 502	\$2 828 171	\$291 331	\$940	\$852	\$88

Fuente: Elaboración propia.

En el Job Sep, el cual pertenece el mes de septiembre del 2021, contiene un costo de producción estimado de \$3.119.502, pese a ello, el costo total fue de \$2.828.171 teniendo una varianza de \$291.331, se puede observar que hubo una disminución del costo de producción en comparación al costo que tenían estimado. En cuanto al costo estimado por unidad este fue de \$940, de todos modos, el costo total por unidad fue de \$852, por lo que se puede analizar una disminución del costo total con el costo estimado con una varianza de \$88.

Tabla 12.

Job Oct.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB OCT	\$2 525 704	\$2 130 063	\$395 641	\$1 159	\$978	\$182

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, el Job Oct comprende el mes de octubre del 2021, como se puede observar el costo estimado de producción es de \$2.525.704 y en el costo total fue menos de lo estimado, fue de \$2.130.063, donde hay una varianza de \$395.641. Luego, por parte del costo estimado por unidad es de \$1.159 y de igual forma que con el costo de producción, el costo disminuyo con respecto al estimado, ya que el costo total por unidad fue de \$978, donde hay una varianza de \$182.

Tabla 13.

Job Nov.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB NOV	\$4 510 128	\$4 537 288	\$27 160	\$899	\$905	\$6

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del Job Nov comprende el mes de noviembre del 2021, se puede observar que el costo estimado de producción es de \$4.510.128, sin embargo, el costo total fue de \$4.537.288, es decir, que hay un aumento significativo, el cual es una varianza de \$27.100. Lo mismo ocurre con el costo estimado por unidad, el cual es \$899 y el costo total por unidad fue de \$906, donde hay una varianza de \$6.

Tabla 14.

Job Dic.

	Costo Estimado	Costo Total	Varianza	Costo Estimado X UND	Costo Total X UND	Varianza
JOB DIC	\$5 392 996	\$3 945 805	\$1 447 191	\$1 000	\$732	\$268

Fuente: Elaboración propia.

El Job Dic comprende el mes de diciembre de 2021, como se puede observar el costo de producción estimado es de \$5.392.996, en cambio el costo total del mismo disminuyó a \$3.945.805, es decir, que hay una varianza de \$1.447.191. En el caso de costo estimado por unidad es de \$1000, sin embargo, el costo total por unidad fue de \$732, por consecuencia, hay una varianza de \$268.

4.11 Conclusiones del diagnóstico

Con respecto a las conclusiones de la línea de base y análisis de causas, según la información y datos recolectados con base en las distintas herramientas aplicadas, se logró determinar las distintas causas que se encuentran generando problemas en la capacidad de producción del área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical. De acuerdo con las causas de afectación identificadas, se plantearán las propuestas de mejora a cada causa detectada, las cuales se llevarán a cabo en el capítulo V de esta investigación.

En primer lugar, una de las principales causas sería la falta de herramientas de medición (Vision System) en el área de Swiss, ya que actualmente no cuentan con la cantidad suficiente para cubrir la producción, por lo tanto, se genera un cuello de botella en el transcurso del proceso, esto debido a que se demora en esa parte del proceso por no contar con el equivalente de las herramientas de medición para cubrir las 14 máquinas.

Por otra parte, el personal en entrenamiento, de igual forma, se encuentra generando la falta de personal en el área debido a la mala distribución de personal en capacitación con relación a los turnos en los que se encuentran asignados, de esta forma se generan inconvenientes en el horario laboral, en comparación a otros turnos de trabajo, ya que asignan al personal en entrenamiento en un solo turno, por lo que, el personal se ve afectado, ya que no cuentan con la misma cantidad de operarios para producir en comparación a otros turnos. De igual forma, el personal encargado de dirigir y supervisar el turno tiene que encargarse de vigilarlos, de esta manera, no pueden centrarse en la producción. Además, de dicha causa, la falta de personal ha sido un constante problema en el área ya que no han llegado a permanecer completos, por diversos motivos, por lo tanto, continuamente se presenta tal obstáculo.

Asimismo, la afectación en cuanto a la maquinaria detenida, en gran parte se encuentra afectada por la producción sin programar, principalmente, ya que esta misma presenta dificultades debido a la falta de validaciones de la maquinaria, por lo tanto, en el proceso de producción, al entrar un número de parte, este mismo indica la máquina en la que se debe producir, siendo una opción más cerrada, puesto que otras máquinas se encuentran disponibles y son funcionales para dicha producción de la orden de trabajo generada, a pesar de ello, según políticas antiguas, la producción se debe mantener en ciertas máquinas, por lo tanto, se provocan retrasos en la producción. A continuación, se presentará la tabla 15 la cual corresponde a un resumen de la metodología DMAIC aplicada en el capítulo IV, considerando la etapa de Definir, Medir y Analizar.

Tabla 15.*Definir, medir y analizar.*

DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)			
Etapas	Diagnóstico		
	Definición	Medición	Análisis
Objetivo General	Analizar la capacidad instalada mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical para maximizar los porcentajes en el panorama actual.		
Objetivos específicos	Objetivo 1: Identificar la situación actual mediante un diagnóstico con el fin de hallar las posibles causas del incumplimiento del plan de producción.	Objetivo 2: Examinar las causas que se detectaron en la línea base provocando las afectaciones en el proceso productivo.	Objetivo 3: Analizar el respectivo impacto generado de las causas identificadas en el área de Swiss.
Descripción	Diagnósticar la situación actual del problema.	Estudiar y verificar las posibles causas del problema.	Establecer el impacto que generaron las causas del problema.
Herramientas	Focus Group Entrevista Diagrama de flujo	Observación Mapa de procesos Estudio de tiempos Encuesta	Diagrama de Ishikawa Diagrama de Pareto Takt Time
Producto	Producción de órdenes de trabajo, maquinaria, personal en entrenamiento, personal capacitado y encargados del área.		
Conclusiones	Se identificaron 21 causas en total que se encuentran afectando el proceso productivo en el área de Swiss. Al establecer las causas identificadas se procedió a clasificarlas considerando su respectivo impacto generado. Tomando en cuenta los valores generados, las causas con mayor impacto en el área corresponden a: "1.1.1 Insuficientes herramientas de medición para el flujo del proceso", "2.1.1 Maquinaria en producción programada" y "4.2.1 Asignados a un solo turno".		

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

D. Implementar

5.1 Fundamentos de las propuestas de mejora

Posteriormente de la realización del análisis de causas de la situación actual en el área se desarrollarán las siguientes propuestas de mejora, las cuales tienen como objetivo mejorar el proceso de producción del área de Swiss en el departamento de producción de Tegra Medical con el fin de maximizar los porcentajes de adherencia al plan de producción.

Tabla 16.

Propuestas de mejora en relación con las causas detectadas.

Propuestas	Causas identificadas	Impacto porcentual
5.2.1 Plan de inversión para la adquisición de Vision System	1.1.1 Insuficientes para el flujo del proceso	9%
5.2.2. Plan de validación de maquinaria	2.1.1 Sin producción programada	33%
	2.1.2 Maquinaria en reparación	
	2.1.3 Setup	
	2.1.4 Delante de plan	
	2.1.5 Mantenimiento mensual	
5.2.3 Distribución de personal en entrenamiento y contratación de nuevo personal	4.1.1 Personal incompleto	38%
	4.1.2 Incapacidades	
	4.1.3 Vacaciones	
	4.1.4 Permisos	
	4.2.1 Asignados a un solo turno	
	4.2.2 Líderes y supervisores encargados de verificar el entrenamiento	
Total		80%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 16, se desarrollaron tres propuestas de mejora las cuales están conformadas por las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa y analizando su impacto del 80% en el diagrama de Pareto del capítulo IV. Por lo tanto, la primer propuesta “5.2.1 Plan de inversión para la adquisición de Vision System” se enfocará en la causa 1.1.1 cubriendo un 9% del impacto, por otra parte, la segunda propuesta “5.2.2 Plan de validación de maquinaria”, se encuentra focalizada en la causa 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3,

2.1.4 y en la 2.1.5, tomando en cuenta un 33% del impacto y en última instancia se ubica la tercer propuesta “5.2.3 *Distribución de personal en entrenamiento y contratación de nuevo personal*” la cual se concentra en la causa 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.2.1 y en la 4.2.2 considerando un 38% del impacto, realizando la respectiva sumatoria de los impactos anteriormente mencionados, conlleva al 80% del impacto generado por las causas identificadas.

5.2 Desarrollo de las propuestas de mejora

A continuación, se presentará el desarrollo de las tres propuestas planteadas con base en las causas identificadas en el análisis de causas de la situación actual correspondientes al impacto dado según la recolección de datos realizada.

5.2.1 Plan de inversión para la adquisición del Vision System

Tal y como se mencionó anteriormente, la falta de equivalencia de las herramientas de medición, en comparación, con las máquinas de producción en el área de Swiss se encuentra afectando diariamente en el flujo del proceso al momento de empezar con la fabricación de una orden de producción debido a que en este momento solo cuentan con un Vision System, el cual tiene que cubrir la parte de medición de piezas de un lote fabricado con las 14 máquinas. Por lo tanto, la primera propuesta de mejora que se está desarrollando consiste en un plan de inversión para adquirir en el área un Vision System, el cual se presenta a continuación:

Figura 29.*Vision System.*

Nota: Adaptado de *HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System* [Fotografía], por Starrett Metrology Solutions, 2022, Starrett Metrology (<https://www.starrettmetrology.com/product-page/hdv-300-horizontal-benchtop-vision-system>).

El HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System es un comparador de video digital, tal y como indica una de sus características, posee un comparador óptico horizontal, así como un sistema de visión metrológico. El sistema HDV consiste en una técnica de montaje de lentes intercambiables, el cual está encajado a una cámara de video digital de 5 megapíxeles

de alta resolución. Dicho sistema cuenta con una selección de siete lentes telecéntricos para obtener una resolución a nivel de micras y una distorsión óptica como de 0,001% la cual permite realizar mediciones aún más precisas del campo de visión. Posee una construcción de acero y aluminio y además cuenta con un escenario de trabajo de 540 mm x 130 mm con una capacidad de carga máxima de 110 lb, es decir, 50 kg de capacidad.

Figura 30.

Cámara de Vision System.



Nota: Adaptado de *HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System* [Fotografía], por Starrett Metrology Solutions, 2022, Starrett Metrology (<https://www.starrettmetrology.com/product-page/hdv-300-horizontal-benchtop-vision-system>).

Como se puede observar en la figura 30, la cámara de video del Vision System tiene una capacidad en color de 5 megapíxeles (2448 x 2058 píxeles), cuenta con 51 mm de recorrido de enfoque y, además, posee una iluminación LED para aclarar superficies y perfiles. Por otra parte, en cuanto al eje X-Y, estos se manejan de forma manual y su posicionamiento de enfoque es a través de volantes o CNC con posicionamiento de joystick y trackball.

Figura 31.

Pantalla de Vision System.



Nota: Adaptado de *HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System* [Fotografía], por Starrett Metrology Solutions, 2022, Starrett Metrology (<https://www.starrettmetrology.com/product-page/hdv-300-horizontal-benchtop-vision-system>).

Tal y como se contempla en la figura 31, en el Vision System el software y la imagen de la pieza se muestran por medio de un monitor en color con pantalla táctil de 60 cm lo que corresponde a 1920 x 1080 píxeles. Dicho software es el MetLogix™ M3, en el cual se pueden importar archivos CAD DXF y, además, se pueden desarrollar superposiciones digitales 2D Go/No-Go directamente desde los archivos CAD. Por otra parte, la detección de bordes de video (VED) permite la interacción en tiempo real del archivo importado con la imagen de video de la pieza que se está inspeccionando, en cuanto a los sistemas se pueden controlar manualmente o CNC.

Con el fin de analizar el impacto económico al momento de implementar dicho plan de inversión, se deberá examinar en principio el costo de dicha herramienta de medición, para poder considerar el costo/beneficio perteneciente al área de Swiss en el departamento de producción de Tegra Medical con el propósito de comprobar cómo lograr una reducción en el costo de inversión.

Tabla 17.

Costo de inversión para la adquisición de Vision System.

Costo de inversión Vision System		
Cantidad	Descripción	Precio unitario
1	HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System	\$250.000.00
Precio total de las unidades		\$250.000.00

Costos adicionales	
Costo de envío	\$2.000.00
Costo de instalación	\$250.00
Precio total	\$252.250.00

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, tal y como indica la tabla 17, el HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System tiene un precio unitario de \$250.000.00, sin embargo, el costo correspondiente para dicha propuesta al tipo de cambio de dólar según el Banco Central de Costa Rica (BCCR) es de ₡670.23 en el día 19 de mayo del 2022, por lo tanto, el costo en colones sería de ₡167.557.500.00. Además, se debe tomar en cuenta el costo de envío, considerando el mismo tipo de cambio, sería ₡1.340.460.00 y agregando el costo de instalación el cual corresponde ₡167.557.5. Contemplando los costos anteriores, el costo total en colones, considerando el tipo de cambio de dólar antes mencionado, corresponde a ₡169.065.517.5, dicho monto es la inversión total para la adquisición del Vision System. Cabe mencionar que, en el flujo del proceso, cuando las piezas pasan por el Vision System duran aproximadamente 12 minutos, dicho dato se considerará para la realización del beneficio que traería al efectuar dicha inversión.

5.2.1.1 Análisis costo-beneficio

Con el fin de examinar el beneficio respectivo al contar con el costo que requiere el plan de inversión para la adquisición del Vision System se realizará el correspondiente análisis costo beneficio, que se presentará a continuación.

Tabla 18.

Salarios de los encargados de la primera propuesta.

Salarios para el plan de validación	
Costos	Contabilidad/Ingeniería
Costo x mes =	€1.161.416.4
Cargas Sociales (37%)=	€429.724.06
Costo total =	€1.591.140.4

Fuente: Elaboración propia.

Al momento de contemplar los gastos de la implementación de la propuesta de mejora, se considera los salarios de los encargados de implementarla. Por lo tanto, según los salarios mínimos del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica (MTSS) indica que el costo por mes para el encargado de contabilidad e ingeniería equivale en total a €1.161.416.4, considerando las cargas sociales según la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) sería €429.724.06 para un costo total de €1.591.140.4.

Tabla 19.*Análisis costo-beneficio de la primera propuesta.*

Análisis costo beneficio de la primer propuesta			
Tiempo aproximado del Visual System =	12 min	Costo x und =	\$851
% de la producción desperdiciada x hora =	20%	Costo x und x mes =	56500954
Promedio de la capacidad actual =	36 unds x hora	Dólares a colones =	37868634131
Unidades adicionales =	7,6 unds adicionales	Costo de inversión =	¢169.065.517.5
Promedio del aumento de la capacidad =	43,6 unds x hora	Costo por salarios =	¢1.591.140.4
Piezas adicionales x hora x 14 líneas =	106,4	Costo total =	¢170.656.657.9
Piezas adicionales x día =	2553,6	Ganancias en 1 mes =	37868634131
Piezas adicionales x mes =	66394	Beneficio después de la inversión =	37697977473

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 19, tomando en consideración un 20% de beneficio, el cual es equivalente al tiempo de proceso actual en el Vision System que es de 12 minutos aproximadamente, por lo tanto, dicho valor equivale al 20% de una hora, de ahí

saldría el porcentaje de beneficio. A su vez contemplando el costo por unidad de \$851, el costo de inversión de ¢169.065.517.5 y el costo por los salarios que equivale a ¢1.591.140.4 para un costo total de ¢170.656.657.9. Por otra parte, las ganancias generadas en un mes serían de ¢37.868.634.131.00 y el beneficio después de la inversión sería de ¢37.697.977.473.00. Además, al implementar dicha mejora, aumentaría la capacidad real de 36 unidades por hora en promedio a 43,6 unidades por hora, es decir, se producirían 7,6 unidades adicionales por hora.

5.2.2 Plan de validación de maquinaria

En cuanto al plan de validación de la maquinaria, corresponde a las causas identificadas por la maquinaria detenida, las cuales serían: la falta de producción programada, la maquinaria en reparación, setup, delante de plan y mantenimiento mensual, dichas causas se ven influenciadas en gran parte por la primera, debido a que se provocan retrasos en la producción ya que no se programan las órdenes de trabajo por la falta de validación, es decir, que de las 14 máquinas existentes en el área de Swiss, no todas se encuentran validadas para realizar cualquier orden de trabajo, por lo que, en ciertas ocasiones permanecen detenidas ya que solo corren lotes que se hayan validado. Por lo tanto, se creó un plan de validación, con toda la maquinaria que no cuente con esta misma, con el fin de generar una mayor eficiencia en el flujo del proceso, ya que todas las máquinas podrán correr cualquier orden de trabajo que se genere, dicho plan se presenta, a continuación:

Tabla 20.*Plan de validación.*

Plan de validación en la maquinaria del Área de Swiss
Proceso de validación de maquinaria
1. Análisis de tiempos muertos
2. Definición de número de parte
3. Asignación de personal
4. Crear lote de validación
5. Correr lote de validación
6. Tomar datos de puntos críticos
7. Calcular Cpk para cada punto crítico
8. Recopilar evidencia del equipo
9. Reunir equipo gerencial
10. Programar producción

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 20, el plan de validación permitirá que cada máquina presente en el área de Swiss tenga la capacidad de procesar cualquier orden de trabajo ya que esta misma cuenta con su validación correspondiente. Cabe destacar que la implementación de dicha mejora no cuenta con un costo adicional, debido a que esta se realizaría en un respectivo turno laboral ya sea, mañana, tarde o noche, y sin la necesidad de tener que contratar personal adicional debido a que el mismo personal encargado del área es el que realizaría dicho plan, por consiguiente, al momento de presentar el proyecto y este se apruebe, simplemente se procedería con el proceso de implementación y verificación.

5.2.2.1 Análisis costo-beneficio

Considerando el beneficio derivado en relación con el costo estimado de la propuesta de mejora enfocada en el plan de validación de maquinaria, se expondrá el análisis costo beneficio a continuación:

Tabla 21.

Salarios de encargados de la segunda propuesta.

Salarios para el plan de validación		
Costos	Ingeniero	Operario
Costo x mes =	₡580.708.20	₡326.253.57
Cargas Sociales (37%)=	₡214.862.03	₡120.712.8
Costo total =	₡795.570.2	₡446.967.4
Total=	₡1.242.537.6	

Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó anteriormente el costo por mes para el ingeniero es de ₡580.708.20 a dicho salario se le aplica el 37% de las cargas sociales lo cual daría ₡214.862.03 dando un costo total de ₡795.570.2, por otra parte, con respecto al costo por mes del operario este mismo sería de ₡326.253.57, aplicando las cargas sociales daría ₡120.712.8 para un costo total de ₡446.967.4, al realizar la sumatoria de ambos costos (ingeniero y operario) el total sería de ₡1.242.537.6.

Debido a que los salarios de los encargados son datos confidenciales, se tomó de referencia, para la elaboración del presente proyecto de investigación, la lista de salarios

mínimos del 2022 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica (MTSS). Además, se adjuntó el porcentaje de cargas sociales según la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) con el fin de realizar el cálculo exacto del costo que le requiere a Tegra Medical implementar la propuesta de mejora por medio de los encargados.

Tabla 22.

Cantidad de horas detenida en la maquinaria.

Cantidad de horas detenida en la maquinaria	
Causas	Horas detenida
Delante de plan	50,8
Mantenimiento mensual	21,8
Set up	126,1
Sin producción programada	391,5
Sin razón justificada	213,9
Total =	804,1

% de Beneficio	
Delante de plan	50,8
Sin producción programada	391,5
Total =	442,3
% de mejora	55

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos suministrados por los encargados del área de Swiss, la cantidad de horas registradas de la maquinaria detenida equivale a 804,1 horas, dividiéndose en delante de plan, mantenimiento mensual, set up, sin producción programada e incluso sin razón justificada. Por lo tanto, dichos valores nos permitieron tomar de referencia el delante de plan

y la falta de producción programada, dichos valores dan un total de 443,3 horas, considerando dicho valor entre las 804,1 horas por 100 obtuvimos un 55% como beneficio de la propuesta de mejora.

Tabla 23.

Análisis costo-beneficio de la segunda propuesta.

Análisis costo beneficio de la segunda propuesta	
Unidades en promedio =	28 unds
55% de beneficio	
Unidades adicionales =	15,4
Total =	43.4 unds adicionales
Costo x und =	\$851
Costo x und x mes =	114488774
Dólares a colones =	76733811266
Costo de inversión =	₡1.242.537.6
Piezas adicionales x hora x 14 líneas =	215,6
Piezas adicionales x día =	5174,4
Piezas adicionales x mes =	134534
Ganancias en 1 mes =	76733811266
Beneficio después de la inversión =	76732568729

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como indica la tabla 23, al implementar el plan de validación de maquinaria mejoraría el proceso en un 55%, por lo tanto, las unidades se incrementarían en total a 43,4

unidades, es decir, 15,4 unidades adicionales. Tomando en cuenta, el costo por unidad, el cual equivale a \$851 y el costo de inversión, tomado por parte de la tabla 20, el cual sería de ¢1.038.471.07, se realizó el análisis que especificó que las ganancias en un mes serían de ¢76.733.811.266.00 y el beneficio después de la inversión sería de ¢76.732.568.729.00.

5.2.3 Distribución y contratación de personal

A continuación, se presentará el desarrollo de la tercera propuesta la cual se encuentra enfocada en la distribución del personal en entrenamiento, así como la contratación de personal adicional en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical.

5.2.3.1 Distribución del personal en entrenamiento

Con respecto a la distribución de personal, esta se encuentra relacionada con el personal en entrenamiento, ya que el mismo se coloca en un solo turno, por lo tanto, se plantea una distribución de dicho personal, de modo que, no se colocará el personal en entrenamiento completamente en un solo turno, si no que este se distribuya en los tres turnos. Por consiguiente, se tomará en cuenta diversos criterios para la correspondiente implementación de la propuesta de mejora, los cuales se presentarán a continuación:

1. Establecimiento de objetivos para el área
2. Entrenamiento brindado al personal
3. Supervisión y seguimiento por parte de los encargados

En cuanto el establecimiento de objetivos para el área es importante tomar en cuenta cuales son los objetivos o metas planteadas ya que para llegar al cumplimiento de estas se deberá hacer la repartición de tareas entre todo el personal encargado, por lo tanto, se debe exponer las responsabilidades de cada colaborador, considerando si este mismo es capaz de asumirla, y, de esta manera, cumplir con lo planteado. Por otra parte, seguiría lo que es el entrenamiento correspondiente al personal del área de Swiss, es crucial que el operario cuente con los conocimientos suficientes para desempeñar sus tareas en su jornada laboral, por esta misma razón, los encargados del área cuentan con la responsabilidad de brindar dicho entrenamiento de la manera y en el ambiente más adecuado. Por último, los encargados tienen

como tarea supervisar y dar seguimiento a los operarios con el fin de poder mantener un control oportuno en el proceso.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, para mantener un orden y control en el área es importante cumplir con dichos criterios, por lo tanto, se deben distribuir de manera equitativa el personal en entrenamiento, de haber tres operarios, en vez de colocarlos en un solo turno, estos se deberán distribuir uno por turno, es decir, uno en el turno de la mañana, uno en el turno de la tarde y el último en el turno de la noche. De igual forma, si la cantidad de personal en entrenamiento aumenta se deberá procurar mantener esa equidad entre turnos, ya que así tendrán un mayor provecho debido a que los encargados de la supervisión de cada turno tendrán una mayor disponibilidad de tiempo en su jornada laboral, no solo estarán enfocados en el entrenamiento, si no que podrán desempeñar el resto de las tareas con mayor flexibilidad.

5.2.3.1.1 Análisis costo-beneficio

En cuanto a la propuesta de distribución de personal, se estudió el beneficio respectivo al costo efectuado, por lo tanto, se presentará a continuación el análisis con relación a dicha propuesta.

Tabla 24.

Salarios de encargados de la tercera propuesta.

Costos de implementación	
Costos	Salarios RRHH y Ingeniería
Costo x mes =	€1.161.416.4
Cargas Sociales (37%) =	€429.724.06
Total de implementación =	€1.591.140.4

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, los costos de la implementación de la propuesta de mejora equivalen a ₡1.591.140.4, considerando que el costo por mes de los salarios de RRHH y de Ingeniería ya que estos mismos son los encargados de realizar la implementación mencionada, esto serían ₡580.708.20 cada uno según el Ministerio de Trabajo Seguridad Social (MTSS), así como sus cargas sociales correspondientes al 37% según la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) sería de ₡214.862.03.

Tabla 25.

Análisis costo-beneficio de la tercer propuesta.

Análisis costo beneficio	
74% de beneficio	
Horas por falta de personal =	218
Unidades en promedio =	28 unds
Unidades adicionales =	20,7 unds x hora
Total de unidades en promedio =	48,7 unds x hora
Costo x und =	\$851
Costo de producción =	41443,7
Dólares a colones =	27776811
Costo de implementación =	₡1.591.140.4
Ganancias en un mes =	27776811
Beneficio de la implementación =	26185671

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la tercer propuesta de mejora, para la distribución que se toma en cuenta un 74% de beneficio debido a que la cantidad de 218 horas del impacto generado por la falta de personal entre las 293 horas totales, tal y como se muestra en la tabla 1, por lo que, al

implementar la propuesta se producirían 20,7 unidades por hora adicionales para un total de 48,7 unidades por hora en promedio. Tomando en cuenta el costo por unidad, y el costo de producción de dichas unidades, pasando de dólares a colones el costo de producción fue de ₡27.776.811.00, por lo tanto, el costo de implementación de ₡1.591.140.4 daría un beneficio de ₡26.185.671.00.

5.2.3.2 Contratación de personal adicional en el área de Swiss

Debido a que en el área de Swiss han permanecido con una constante vacante en cuanto a los operarios, se plantea el proceso de reclutamiento del mismo para cubrirla y, de esta manera, poder dar soporte a la fabricación de la orden de trabajo generado en el turno en que este sea asignado, para que así, sea posible aumentar la eficiencia en la producción del área, ya que habría un mayor enfoque en ella por parte del personal al permanecer completo, debido a que la división de las tareas sería más equitativa. Por lo tanto, se deberá considerar el costo de un operario adicional más el costo de reclutamiento,

Tabla 26.*Salarios de encargados de la cuarta propuesta.*

Costos de implementación		
Costos	RRHH	OPERARIO
Costo x mes =	¢580.708.20	¢326.253.57
Cargas sociales (37%) =	¢214.863.03	¢120.713.8
Costo total =	¢795.570.2	¢446 967,40
Costo de reclutamiento =		¢85.000
Costo total de Tegra Medical =		¢531.967.4
Costo de implementación =	¢1.327.537.6	

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como indica la tabla 26, se debe tomar en consideración al momento de seleccionar un candidato para el puesto de operario en el área de Swiss y que este mismo llegue a ser contratado, ya que los datos de Tegra Medical son de carácter confidencial, los costos que se adjuntaron en la tabla se tomaron de la lista de salarios mínimos del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), también se adjuntaron las cargas sociales, las cuales fueron tomadas con base en los datos de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, la tabla muestra el costo del operario por mes el cual es de ¢326.253.57, además, considerando el costo de reclutamiento del operario del área de Swiss corresponde a ¢85.000.00 y a su vez, se debe considerar el salario de RRHH el cual es de ¢580.708.20, cabe recalcar que se deben totalizar con las cargas sociales del 37% respectivas donde para RRHH sería de ¢214.863.03 y para el operario sería de ¢120.713.8, por lo tanto, los costos totales de RRHH corresponden a ¢795.570.2 y de operario

¢446.967.40. Así mismo, se calculó el costo total del operario incluyendo el reclutamiento que corresponde a ¢531.967.4 y el costo total de implementación de la mejora sería de ¢1.327.537.6.

5.2.3.2.1 Análisis costo-beneficio

Con el propósito de examinar el beneficio generado con base en el costo por la propuesta de contratación de personal adicional en el área de Swiss, se efectuará el respectivo análisis costo-beneficio a continuación:

Tabla 27.

Análisis costo-beneficio de la cuarta propuesta.

Análisis costo beneficio	
74% de beneficio	
Horas por falta de personal =	218
Unidades en promedio =	28 unds
Unidades adicionales =	20,7 unds x hora
Total de unidades en promedio =	48,7 unds x hora
Costo x und =	\$851
Costo de producción =	41443,7
Dólares a colones =	27776811
Costo de implementación =	¢1.327.537.6
Ganancias en un mes =	27776811,05
Beneficio de la implementación =	26449273,45

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, el análisis de costo beneficio de la cuarta propuesta toma en consideración los costos de un operario, así como el de reclutamiento, incluso el salario de la persona encargada de realizarlo, es decir, RRHH. Por consiguiente, al contar con 218 horas de afectación por falta de personal entre las 293 de horas en total, tal y como indica la tabla 1, el porcentaje de beneficio de la mejora equivale a 74%, por lo que, al implementar dicha mejora las unidades adicionales serían de 20.7 unidades por hora, lo que quiere decir, 48,7 unidades por hora. Puesto que las ganancias de la implementación en un mes serían de ₡27.776.811.05 y el beneficio de la implementación equivale a ₡26.449.273.45.

E. Controlar

5.3 Ciclo de Deming

A continuación, se procederá a presentar el respectivo desarrollo del ciclo de Deming, con sus etapas correspondientes, es decir, planear, hacer, verificar y actuar.

5.3.1 Primer etapa: Planear

Con el fin de conseguir programar e implementar progresivamente las propuestas de mejora, se elaboró un diagrama de Gantt el cual permitió una visualización del período de tiempo estimado en el que se van a llegar a ejecutar, así como las etapas y responsables que llevan a cabo el desarrollo de este. Cabe mencionar que, debido a las limitaciones con respecto al proyecto de investigación, las propuestas no podrán ser implementadas con el fin de evaluar sus resultados en este trabajo, sin embargo, Tegra Medical contará con el diagrama de Gantt como guía de implementación, si está así lo desea.

Tabla 28.

Diagrama de Gantt de la implementación de la propuesta de mejora.

Diagrama de Gantt													
Propuesta	Tareas para la implementación de la propuesta planteada	Responsable a cargo	Estado	ago-22				sep-22				oct-22	
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2
5.2.1 Plan de inversión para la adquisición del Vision System	1. Cotizar a los proveedores que manejen el HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System.	Contabilidad	Pendiente	■									
	2. Seleccionar el proveedor con mayor beneficios y con el precio más conveniente.	Contabilidad	Pendiente		■								
	3. Realizar la compra del equipo y programar el envío del mismo.	Contabilidad	Pendiente		■	■							
	4. Inicio de la instalación y a la vez verificar que el equipo se encuentre en buen estado.	Ingeniería	Pendiente				■	■					
5.2.2 Plan de validación de maquinaria	1. Realizar un análisis de los tiempos muertos.	Ingeniería	Pendiente	■									
	2. Definición de número de parte por validar.	Ingeniería	Pendiente		■								
	3. Asignación del personal correspondiente.	Ingeniería	Pendiente		■								
	4. Creación del lote por validar.	Ingeniería	Pendiente			■							
	5. Correr dicho lote en la maquinaria.	Operarios	Pendiente				■						
	6. Tomar datos de puntos críticos.	Ingeniería	Pendiente					■	■				
	7. Calcular Cpk para puntos críticos.	Ingeniería	Pendiente							■			
	8. Recopilar evidencia de parte del equipo.	Ingeniería	Pendiente								■		
	9. Reunir equipo gerencial.	Ingeniería	Pendiente									■	
	10. Programar producción en la máquina validada.	Operarios	Pendiente										■
5.2.3.1 Distribución del personal en entrenamiento	1. Analizar registro de la cantidad del personal en entrenamiento.	Recursos Humanos	Pendiente	■									
	2. Verificar el turno en el que este asignado.	Recursos Humanos	Pendiente	■									
	3. Realizar la distribución en base a los tres turnos respectivos.	Recursos Humanos	Pendiente		■								
	4. Informar el turno correspondiente para la realización del entrenamiento.	Recursos Humanos	Pendiente		■								
5.2.3.2 Contratación de personal adicional en el área de Swiss	1. Verificar el personal encargado del área.	Ingeniería	Pendiente	■									
	2. Analizar el impacto de la faltante respectiva.	Ingeniería	Pendiente	■									
	3. Realizar un proceso de reclutamiento.	Recursos Humanos	Pendiente		■								
	4. Analizar los candidatos preseleccionados y su cumplimiento de requisitos.	Recursos Humanos	Pendiente			■	■						
	5. Seleccionar candidato para el área.	Recursos Humanos	Pendiente					■					
	6. Realizar el respectivo entrenamiento al operario.	Supervisor de Swiss	Pendiente						■				

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como indica en la tabla 28, el diagrama de Gantt, se organizaron las acciones correspondientes y fundamentales para efectuar correctamente la implementación de las propuestas de mejora basadas en el análisis desarrollado en el presente proyecto de investigación, debido a que las acciones operan en conjunto, estas mismas tendrán una meta entre sí. Por lo tanto, se puede apreciar que la propuesta 5.2.1 se implementará en un período de mes y medio, comprendiendo desde la primer semana de agosto hasta la segunda de septiembre, la siguiente propuesta 5.2.2 se implementará en un período de dos meses y medio, empezando en la primer semana de agosto y finalizando en la segunda semana de octubre, para la propuesta 5.2.3.1 esta se implementaría en dos semanas, iniciando en la primer semana de agosto y finalizando en la segunda del mismo mes, por último, para la propuesta 5.2.3.2 se implementará en un mes y medio, comenzando en la primera semana de agosto y finalizando en la segunda semana del mes de septiembre.

5.3.2 Segunda etapa: Hacer

En la segunda etapa, la cual corresponde a “hacer”, se procederá con la ejecución de las actividades planeadas para la implementación de las propuestas de mejora en el diagrama de Gantt en la primera etapa “planear”. Acorde con dicha herramienta utilizada, se realizó la programación de cada actividad por desarrollar considerando su estado y el responsable a cargo, se continúa con las respectivas descripciones de las actividades las corresponden a las siguientes:

5.3.2.1 Actividades para la propuesta “5.2.1 Plan de inversión para la adquisición del Vision System”

1. Se iniciará con la respectiva cotización a los proveedores que manejen la distribución del HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System (herramienta de medición).
2. Seleccionar el proveedor con mayores beneficios y con el precio más conveniente para proceder con la debida compra del mismo.
3. Realizar la compra del equipo y programar el envío de este con el proveedor seleccionado.

4. Iniciar con la instalación y a su vez verificar que el equipo adquirido se encuentre en el estado correspondiente.

5.3.2.2 Actividades para la propuesta “5.2.2 Plan de validaciones de maquinaria”

1. Realizar un análisis de los tiempos muertos por la falta de material para correr las órdenes de trabajo versus la demanda que podría llegar a correr si esta misma estuviera validada en otros números de parte.
2. Definición del número de parte que se quiere llegar a validar en la maquinaria correspondiente.
3. Asignación del personal encargado de realizar la respectiva validación, es decir, personal de calidad, producción, ingeniería y planificación de producción.
4. Creación de un lote de producción para la debida validación con el fin de correrlo en la maquinaria.
5. Empezar con la fabricación de dicho lote en la maquinaria que se está procesando la validación.
6. Proceder con la recolección de datos de los puntos críticos en el lote fabricado.
7. Realizar el cálculo del Cpk para cada punto crítico y comprobar que estos mismos sean mayor a 1,33.
8. Recopilar evidencia de parte del equipo, es decir, firmas de parte de los participantes, y así confirmar la veracidad de los datos recolectados.
9. Reunir el equipo gerencial para presentar y hacer el respectivo lanzamiento de la validación de la maquinaria.
10. Empezar con la programación de la producción en la maquinaria debidamente validada.

5.3.2.3 Actividades para la propuesta “5.2.3.1 Distribución del personal en entrenamiento”

1. Analizar registro de la cantidad del personal que se encuentre en proceso de entrenamiento en el área.
2. Verificar el turno en el que este personal este asignado.

3. Realizar la respectiva distribución con base en los tres turnos respectivos, con el fin de verificar en que turno se colocará.
4. Informar al operario el turno correspondiente para la realización de su debido entrenamiento.

5.3.2.4 Actividades para la propuesta “5.2.3.2 Contratación de personal adicional en el área de Swiss”

1. Verificar el personal que se encuentre encargado del área de Swiss.
2. Analizar el impacto que genera la faltante de la respectiva vacante.
3. Realizar un proceso de reclutamiento con el fin de llegar a completar el personal de producción.
4. Analizar los candidatos preseleccionados mediante las distintas plataformas de reclutamiento y, a su vez, verificar con el cumplimiento de los requisitos para el puesto.
5. Seleccionar el candidato que cumpla con los requisitos requeridos y que cumple con el perfil de la vacante para el área.
6. Al momento de ser contratado, se comenzará con la realización del respectivo entrenamiento al mismo operario.

5.3.3 Tercer etapa: Verificar

En la tercera etapa, la cual corresponde a la fase de verificación, se procederán a realizar las respectivas mediciones de los resultados obtenidos por medio de las propuestas de mejora implementadas, con el objetivo de comprobar, si estas mismas, se encuentran generando los resultados deseados. Los indicadores planteados para la evaluación de dichos resultados se desarrollarán para la anteriormente mencionada verificación y además su evaluación, los cuales se presentarán a continuación:

Tabla 29.*KPI's.*

KIP's para la evaluación de los resultados de las propuestas de mejora
1. Porcentaje de eficiencia por cada lote producido.
2. Porcentaje del cumplimiento del plan de producción.
3. Porcentaje de las órdenes terminadas a tiempo.
4. Porcentaje del aprovechamiento del personal.
5. Utilización de la capacidad de producción.

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se puede apreciar en la tabla 29, los datos que se lleguen a obtener, con base en los porcentajes de la eficiencia de los lotes producidos, el cumplimiento del plan de producción, las órdenes terminadas a tiempo, el aprovechamiento del personal de producción y la utilización de la capacidad de producción del área, estos mismos son los que van a permitir la respectiva evaluación de los resultados de las propuestas anteriormente planteadas. Por lo tanto, al momento de implementar los KPI's estos facilitarán comprobar el proceso de implementación y, de esta forma, se podrá brindar un respectivo control y seguimiento (el cual se realiza en la siguiente etapa "actuar"), sin embargo, cabe mencionar, que los datos recolectados se deberán analizar, ya que de esta forma se podrá hacer la consiguiente toma de decisiones para tener el pertinente seguimiento.

5.3.4 Cuarta etapa: Actuar

En la cuarta etapa, la cual corresponde a "actuar", es importante considerar favorecer la promoción de acciones que proporcionan la mejora continua desde los resultados que fueron obtenidos en la etapa anterior, es decir, verificar. Dichos resultados se deberán evaluar

con el fin de reconocer, comprobar y determinar cuáles son las posibles acciones de mejora que se aplicarán con su debida documentación correspondiente.

Por lo tanto, las acciones por realizar en la etapa de actuar corresponden primero al desarrollo del plan de acción, al realizar la recolección de datos de los resultados que se obtuvieron de las mejoras implementadas. Por otro lado, se deberá basar en dichos datos para realizar los ajustes respectivos que se hayan identificado en el transcurso de la implementación, esto con el fin de generar mejoras en los resultados y, de esta manera, alcanzar la adecuada implementación.

Por otra parte, la realización de seguimiento y control, al desarrollar un plan de acción es importante tomar en consideración la realización del respectivo seguimiento y control de dicho plan, con el propósito de lograr progresar con las tareas que permitirán el correcto desarrollo de las mejoras, estableciendo y evaluando el impacto obtenido.

Tabla 30.

Plan de acción.

Plan de acción para la implementación de mejoras en el área de Swiss			
Propuesta	Acciones de seguimiento y control de la implementación	Responsable a cargo	Estado
5.2.1 Plan de inversión para la adquisición del Vision System	1. Verificar el correcto funcionamiento del Vision System.	Ingeniería	Pendiente
	2. Estudiar el % de eficiencia generado en el proceso.	Ingeniería	Pendiente
	3. Considerar los datos recolectados del estudio para futuras mejoras.	Ingeniería	Pendiente
	4. Examinar si se requiere aplicar el plan de inversión nuevamente.	Ingeniería	Pendiente
5.2.2 Plan de validación de maquinaria	1. Analizar la maquinaria que no cuente con la debida validación.	Ingeniería	Pendiente
	2. Verificar la disponibilidad para proceder con la aplicación del plan.	Ingeniería	Pendiente
	3. Programar el plan en los turnos correspondientes.	Ingeniería	Pendiente
	4. Asignar el plan de validación si se adquiere maquinaria nueva.	Ingeniería	Pendiente
5.2.3.1 Distribución del personal entrenamiento	1. Analizar el ingreso de personal en entrenamiento con cada contrato.	Recursos Humanos	Pendiente
	2. Verificar que estén aplicando la debida distribución.	Recursos Humanos	Pendiente
	3. Chequear que brinden el entrenamiento correctamente en cada turno.	Recursos Humanos	Pendiente
5.2.3.2 Contratación de personal adicional en el área de Swiss	1. Examinar constantemente las faltantes de personal en cada turno.	Recursos Humanos	Pendiente
	2. Revisar si se requiere aplicar nuevamente el plan de contratación.	Recursos Humanos	Pendiente
	3. Efectuar una encuesta de salida al personal que prescinda.	Recursos Humanos	Pendiente
	4. Analizar los datos recolectadas en cuanto a las salidas del personal.	Recursos Humanos	Pendiente
	5. Buscar soluciones a las constantes causas de salida encontradas.	Recursos Humanos	Pendiente

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 30, el plan de acción para la implementación de mejoras en el área de Swiss, el cual indica cuales son las acciones que se tomarán para el seguimiento y control de este, tomando en cuenta cada propuesta planteada, indicando el responsable a cargo y su estado actual. A continuación, se presentará la tabla 31, la cual corresponde a un resumen de la metodología DMAIC, considerando las cinco etapas en relación con el capítulo IV (definir, medir y analizar) y V (mejorar y controlar) de la presente investigación.

Tabla 31.

Definir, medir, analizar, implementar y controlar.

DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)					
Etapas	Diagnóstico			Diseño	
	Definición	Medición	Análisis	Mejora	Control
Objetivo General	Analizar la capacidad instalada mediante un estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical para maximizar los porcentajes en el panorama actual.				
Objetivos específicos	Objetivo 1: Identificar la situación actual mediante un diagnóstico con el fin de hallar las posibles causas del incumplimiento del plan de producción.	Objetivo 2: Examinar las causas que se detectaron en la línea base provocando las afectaciones en el proceso productivo.	Objetivo 3: Analizar el respectivo impacto generado de las causas identificadas en el área de Swiss.	Objetivo 4: Desarrollar propuestas de mejora que permitan la maximización de los porcentajes de la capacidad de producción en el área.	Objetivo 5: Crear un plan de control y seguimiento para la implementación de las propuestas de mejora.
Descripción	Diagnósticar la situación actual del problema.	Estudiar y verificar las posibles causas del problema.	Establecer el impacto que generaron las causas del problema.	Generar alternativas de solución al problema.	Elaborar un plan para controlar y dar seguimiento a las propuestas.
Herramientas	Focus Group Entrevista Diagrama de flujo	Observación Mapa de procesos Estudio de tiempos Encuesta	Diagrama de Ishikawa Diagrama de Pareto Takt Time	Desarrollo de propuestas Análisis costo beneficio	Ciclo de Deming Diagrama de Gantt Plan de acción
Producto	Producción de órdenes de trabajo, maquinaria, personal en entrenamiento, personal capacitado y encargados del área.				
Conclusiones	Se llegaron a identificar 21 causas en total las cuales se encontraban afectando directamente el proceso productivo en el área de Swiss. Al establecer la frecuencia de las causas identificadas del área, se procedió a la clasificación de las mismas, considerando su respectivo impacto generado. Tomando en cuenta los valores generados, las causas con mayor impacto en el área corresponden a "1.1.1 Insuficientes herramientas de medición para el flujo del proceso", "2.1.1 Maquinaria en producción programada" y "4.2.1 Asignados a un solo turno".			Se elaboraron tres propuestas de mejora enfocadas en las causas que generaron mayor impacto en el proceso productivo del área. Se desarrolló el análisis costo beneficio con el fin de examinar el costo que conlleva cada implementación de la mejora y el beneficio que produce. Se estableció un plan de implementación de las mejoras, así como indicadores de verificación y plan de acción para realizar la correcta implementación de las mismas.	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En cuanto a las conclusiones del presente proyecto de investigación, se alcanzó a analizar la capacidad instalada en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical, mediante el estudio de tiempos efectuado se determinó que la producción de las 14 máquinas existentes actualmente en el área es de 28 unidades por hora en promedio, sin embargo, la capacidad real analizada mediante la demanda mensual de producción la cual es de 17500 unidades señaló que es de 31 unidades por hora (dato extraído del Takt Time que se aplicó en el capítulo IV).

Además, se logró identificar la situación actual en la que se encuentra el área de producción, esto por medio de un diagnóstico que permitió reconocer cuales eran las causas que se encontraban afectando el incumplimiento del plan de producción establecido por Tegra Medical para el área de Swiss, las cuales se concentraban en la maquinaria detenida, la falta de personal y la falta de material para empezar con las órdenes de trabajo generadas o incluso el suficiente material para poder completarlas, esto fue a través de la aplicación de las diferentes herramientas ingenieriles aplicadas en el diagnóstico mencionado.

Por otra parte, se llegaron a examinar las causas detectadas en la línea de base que se encontraban generando afectaciones directamente al proceso de producción, estas mismas se analizaron tomando en cuenta las que presentaban mayor frecuencia, entre estas se concentraban en la falta de personal en el área, por sub-causas de vacaciones, permisos, incapacidades, sin embargo, la que más afectaba era la constante vacante entre los operarios de Swiss. También se verificó que las sub-causas de la maquinaria detenida, las cuales poseían una mayor frecuencia de igual forma, correspondían al setup, delante de plan, mantenimiento, reparación y el más frecuente la falta de producción programada, lo que provocaba más cantidad de horas de maquinaria detenida, es decir, tiempo con producción desperdiciada.

Al contar con la frecuencia de las causas identificadas en el área, se continuó con el establecimiento del impacto que generaba cada causa identificada. Tal y como se mencionó anteriormente, se llegó a basar en las frecuencias y se estableció el diagrama de Pareto que nos permitió aplicar la ley 80/20 para tomar las causas con mayor impacto, las cuales se

tomaron 13 causas con el fin de llegar a desarrollar en el capítulo V las propuestas de mejora correspondientes a dicha cantidad de causas.

Por consiguiente, se desarrollaron cuatro propuestas de mejora, las cuales se centraban en las 13 causas que generaban mayor impacto en el área de Swiss por medio del diagrama de Pareto al aplicar la ley 80/20. Por lo que, la primer propuesta se enfocó en el plan de inversión para el Vision System lo que cubriría un 9% del 80% del impacto generado, la segunda propuesta trató el plan de validación de maquinaria del área de Swiss, esta misma cubrió un 33% de dicho impacto y por último, se desarrolló la tercer propuesta de mejora, la cual se subdividió en dos propuestas, la primera se enfocó en la distribución de personal en entrenamiento y la segunda en la contratación de nuevo personal, dichas propuestas cubrían un 38% del 80% del impacto.

Por último, por medio de la metodología PHVA se elaboró la implementación de las mejoras en cada etapa de dicha metodología. Por medio del diagrama de Gantt, se estableció el periodo de implementación de las propuestas de mejora, el cual da comienzo en la semana 1 del mes de agosto del 2022 y finaliza en la semana 2 del mes de octubre del mismo año. Además, se elaboraron KPI's los cuales permitirán verificar los resultados obtenidos a través de las propuestas de mejora implementadas y, con base en los datos recolectados, se proseguirá con la toma de decisiones respectivas y sus propuestas de mejora proporcionales, por esta misma razón, se compuso un plan de control y seguimiento, el cual permitirá tomar las medidas necesarias para la propuesta correspondiente y de esta manera, lograr una correcta implementación.

6.2 Recomendaciones

Se procederá a plantear las correspondientes recomendaciones en relación con la situación actual del área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical, el cual se desarrolló en la presente investigación y, a su vez, se elaborarán con base en las propuestas planteadas en la misma.

Con respecto a la validación de la maquinaria, es de suma importancia, permanecer en constante verificación de esta, con el fin de llegar a identificar que órdenes de trabajo se debe proceder a validar en la máquina correspondiente. De esta manera, se mantendrá con mayor control el área de producción de cuáles son las órdenes que hacen falta y al mismo tiempo al contar con una mayor cantidad de maquinaria validada se podrá aumentar la capacidad de producción en el área.

En cuanto a la distribución del personal, se deberá mantener en constante supervisión la cantidad de operarios que se encuentran en entrenamiento, con el objetivo de que la totalidad de estos no se coloquen en un mismo turno, y de esta forma, se evitaría la afectación hacia los encargados de supervisar los operarios del turno en el que se encuentren, así como la producción que se genere en el mismo.

Por otra parte, es fundamental analizar la información de la constante vacante de personal en el área, esto por medio de la aplicación de la encuesta de salida al colaborador y de esta forma, se recolectará la información de las posibles causas que estén generando la falta de personal por dicha causa mencionada y así se podrá contar con un mayor control de la plaza. Además, al contar con ese seguimiento y aplicar las respectivas mejoras según los datos recolectadas, se generaría un ahorro de ¢85.000.00 que se debe considerar cada que la plaza este vacía.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Acuña, J. (2012). *Control de calidad: un enfoque integral y estadístico*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Aguilar Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Revista Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
<https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Aguilera Diaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Revista Cofín Habana*, 12(2), 322-342.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022
- Antor, M. & Aranda Domínguez, G. (2014). *El análisis causa raíz utilizado como herramienta en la evaluación de eventos no deseados en instalaciones de una refinería*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000714457
- Arroyo Valenciano, J. (2022). Las variables como elemento sustancial en el método científico. *Revista educación*, 46(1), 1-10.
<https://www.redalyc.org/journal/440/44068165026/44068165026.pdf>
- Banco Central de Costa Rica. (2022). *Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América*.
<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20400>
- Beltrán Jaramillo, J. (s.f.). *Indicadores de gestión: herramientas para lograr la competitividad*. 3R editores.

- Bertram, D. (2008). Likert Scales... are the meaning of life. *Topic report*, 1-11.
<http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>
- Blanco, N & Alvarado, M. (2005). Escala de actitud hacia el proceso de investigación científico social. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XI (3), pp.537-544
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28011311>
- Burgasí Delgado, D., Cobo Panchi, D., Pérez Salazar, K. Pilacuan Pinos, R. Rocha Guano, M. (2021). El diagrama de ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *Revista electrónica tambara*, 14 (84), 1212-1230. http://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Castillo Pineda, L. (2019). *El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo* [Tesis de Bachillerato, Universidad Militar Nueva Granada].
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34875/CastilloPineda%20LadyEsmeralda2019.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill.
- Dirección General de Servicio Civil (2018) *Guía para la elaboración de indicadores de gestión*. <http://www.dgsc.go.cr/documentos/transparencia/planes/Guia-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-indicadores-DGSC.pdf>
- Duana Ávila, D. & Hernández Mendoza, S. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín científico de las ciencias económico administrativas del ICEA*,

9(17), 51-53.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/download/6019/7678>

Ferreras, A. & Hugo, V. (2010). Factores críticos de éxito y evaluación de la competitividad de destinos turísticos. *Revista estudios y perspectivas en turismo*, 19(2), 201-220. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180713901003>

García P, Manuel; Quispe A., Carlos y Ráez G., Luis. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Revista de investigación Industrial Data*, 6(1), 89-94. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf>

García Rodríguez, J., García Fariñas, A., Rodríguez León, G. & Gálvez González, A. Herramientas de la evaluación económica y la investigación operacional que apoyan la toma de decisiones en salud. *Revista salud en tabasco*, 16(2-3), 933-938. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48720965005>

Garro, E. (2017). *Herramientas de la calidad*. PXS School of Excellence.

Gómez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Red Tercer Milenio.

Gutarra Meza, F. (2015). *Introducción a la ingeniería industrial*. Universidad Continental.

Hernández Nariño, A., Medina León, A. & Nogueira Rivera, D. (2009). Criterios para la elaboración de mapas de procesos. Particularidades para los servicios hospitalarios. *Revista Ingeniería Industrial*, 30(2), 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360433569002.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Lapiedra Alcamí, R., Devece Carañana, C. & Guiral Herrando, J. (2011). *Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa*. Universitat Jaume.

Linck, J. & Cochran, D. (1999). The importance of takt time in manufacturing system design. *SAE Technical paper, 1999-01-1635*, 1-6.

https://www.researchgate.net/publication/292556014_The_Importance_of_Takt_Time_in_Manufacturing_System_Design

López Huang, E. & Joa Triay, L. (2018). Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia. *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(1), 3-15.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592018000100002#:~:text=La%20teor%C3%ADa%20de%20colas%20es,la%20espera%20por%20ese%20servicio

López Acosta, M., Martínez Solano, G., Quirós Morales, A. & Sosa Ochoa, J. (2011).

Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta. *Revista El Buzón de Pacioli*, 74, 1-22.

https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no74/21.-_balanceo_de_lineas_utilizando_herramientas_de_manufactura_esbelta.pdf

Maida, E. & Pacienza, J. (2015). *Metodologías de desarrollo de software*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica Argentina].

<https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/522/1/metodologias-desarrollo-software.pdf>

Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Revista fides et ratio*, 7(7), (67-85).

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2022). *Lista de salarios mínimos en Costa Rica*.

MTSS. https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2022.pdf

Morelos Gómez, J., Fontalvo Herrera, T. & Vergara Schmalbach, J. (2010). Modelo de diagnóstico para la gestión administrativa en la actividad de comercialización del sector eléctrico en Colombia. *Revista gestión & desarrollo*, 7(2), 63-77.

https://www.usbcali.edu.co/sites/default/files/3_sectorselectrico.pdf

Müggenburg, Rodríguez, M. & Pérez Cabrera, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativo. *Revista enfermería universitaria* 4(1), 35-38.

<https://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>

Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill.

Núñez Flores, M. (2007). Las variables: estructura y función en la hipótesis. *Revista investigación educativa*, 11(20), 163-179.

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/inv_educativa/2007_n20/a12v11n20.pdf

Orozco Alvarado, J. & Díaz Pérez, A. (2018). ¿Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa? *Revista electrónica de conocimientos, saberes y prácticas*, 1(2), 66-82.

https://www.researchgate.net/publication/328263804_Como_redactar_los_antecedentes_de_una_investigacion_cualitativa

Picado, X. (1997). *Hacia la elaboración de indicadores de evaluación* [Archivo PDF].

<http://www.ts.ucr.ac.cr/binarios/docente/pd-000088.pdf>

Poveda Catalán, J. & Guardiola Aparisi, M. (2019). Análisis de causa raíz: Técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades. *Revista 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(2), 84-97.

<https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/analisis-de-causa-raiz-tecnicas-y-relacion-con-los-sistemas-de-gestion-y-las-no-conformidades/>

Ramírez, A. & Rivera Rodríguez, H. (2009). *El mejoramiento continuo: documento de Investigación No.47*. Editorial Universidad del Rosario.

Real Academia Española. (s.f.). Mediato. En Diccionario de la lengua española.

Recuperado el 17 de febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/mediato>

Reidl-Martínez, L. (2012). Marco conceptual en el proceso de investigación. *Revista Investigación en educación médica*, 1(3), 146-151.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v1n3/v1n3a7.pdf>

Rizo Maradiaga, J. (2015). *Técnicas de investigación documental*. UNAN-FAREM-Matagal.

Saborío Carballo, M. (2020). Aumento de capacidad mediante estudios de tiempos y movimientos durante el ii semestre del 2020 en el área java, en las líneas de subensambles source y detector de Philips Costa Rica [Tesis de licenciatura,

Universidad Hispanoamericana].

<http://198.27.66.206:8080/xmlui/handle/123456789/6569>

Sánchez Barraza, B. (2009). Problemática de conceptos de costos y clasificación de costos.

Revista de la facultad de ciencias contables, 16(32), 103-112.

<https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/quipukamayoc/2009/segundo/pdf/a10v16n32.pdf>

Santos Sánchez, G. (2017). Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-

36 en mujeres con LUPUS, Puebla [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/GuadalupeSantosSanchez.pdf>

Serrano Gómez, L. & Ortiz Pimiento, N. (2012). Una revisión de los modelos de

mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Revista Estudios*

Gerenciales, 28(125), 13-22. <https://www.redalyc.org/pdf/212/21226279002.pdf>

Soledad, E. (2014). El formato tabular: una revisión de literatura. *Actualidades*

investigativas en educación, 14(2), 1-23.

https://www.researchgate.net/publication/268037782_El_formato_tabular_una_revision_de_literatura

Starrett Metrology Solutions. (2022). *HDV 300 Horizontal Benchtop Vision System*.

<https://www.starrettmetrology.com/product-page/hdv-300-horizontal-benchtop-vision-system>

- Suárez Alfonso, A., Cruz Rodríguez, I. & Pérez Macías, Y. (2015). La gestión de la información: herramientas esencial para el desarrollo de habilidades en la comunidad estudiantil universitaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(3), 72-79. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v7n2/rus10215.pdf>
- Sztrik, J. (s.f.) *Basic Queueing Theory*. University of Debrecen.
- Tegra Medical (2022). *Acerca de Tegra Medical*. <https://www.tegramedical.com/about/>
- Tegra Medical (2022). *Enfoque médico*. <https://www.tegramedical.com/about/market-focus/>
- Terrazas Pastor, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Revista Perspectivas*, (28), 7-32. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941257002.pdf>
- Torres-Verdugo, A. (2011). Guía de fuentes de información iberoamericana para la investigación educativa. *Revista iberoamericana de educación superior*, 2(5), 142-175. <https://www.redalyc.org/pdf/2991/299123992008.pdf>
- Unidad de Planificación Institucional (2015). *Descripción de procesos y mapa de procesos*. INEC Costa Rica: Biblioteca Virtual. https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos/inec_institucional/transparencia/procesos_institucionales/descripcion_del_mapa_de_procesos.pdf
- Villalobos Ángulo, M. (2019). Estudio de tiempos y análisis de capacidad del personal en piso de producción de la empresa Grupo Babel durante el tercer cuatrimestre del 2018. [Tesina de Bachillerato, Universidad Hispanoamericana]. <https://13.87.204.143.uh.remotexs.xyz/xmlui/bitstream/handle/cenit/3988/IND-HE%200619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>


Villasís-Keever, M. & Miranda-Novales, M. (2016). El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. *Revista Alergia México*, 63(3), 303-310.

<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755025003.pdf>

ANEXOS

Anexo 1.

Carta de autorización de Tegra Medical.

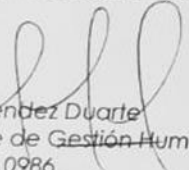

Where medical devices come to life.*

Noviembre 15, 2021 GRH-134-2021


Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente

La presente es para informarle que la **Sra. Daniela Moreira Serrano**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial portadora de la cedula de identidad **402490747** realizara su proyecto de Tesina durante el primer semestre del 2022 en el área de Supply Chain.

Cualquier información adicional estamos para servirles.


Karla Méndez Duarte
Asistente de Gestión Humana
Tel. 4070.0986
Email: lredondo@tegramedical.com


Tegra Medical Costa Rica, S.A.
Parkway 602
Global Park Free Zone
La Aurora de Heredia, 40104-9000
Costa Rica
Ph: (808) 4070-0986
Fax: (508) 223-3773



www.tegramedical.com 602 Global Park, La Aurora de Heredia, Costa Rica 40104
617.778.7132 + 506 405.5640 A member of SFS

Anexo 2.

Carta de confidencialidad Tegra Medical.


Where medical devices come to life.®

GR-041-2022

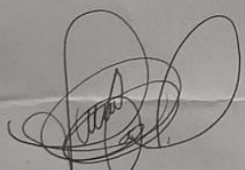
Marzo 08, 2022

Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente


Estimados señores

Por este medio Tegra Medical le comunica que actualmente con nosotros esta la estudiante Daniela Moreira Serrano con la cédula de identidad #402490747, realizando su trabajo universitario, ella estudia la Carrera de Ingeniería Industrial, sin embargo, la estudiante Moreira al realizar su trabajo final tiene ciertas limitantes. Debido a que la Empresa está situada en una Zona Franca, y nos dedicamos a realizar dispositivos médicos para diferentes empresa por ende todos los datos, procesos, materiales, fórmulas, instructivos y demás documentos son totalmente confidenciales, por lo que la estudiante Moreira no puede extraer información o exponer de forma tácita este tipo de información en presentaciones o informes.

Cualquier consulta con todo gusto.


Liliana Redondo Quiros
Gerente de Recursos Humanos

Tegra Medical Costa Rica, S.A.
Parkway 602
Global Park Free Zone
La Aurora de Heredia, 40104-0000
Costa Rica
Ph: (506) 4070-0399
Fax: (506) 2215-3773



www.tegramedical.com 602 Global Park, La Aurora de Heredia, Costa Rica 40104 617.778.7132 +506.405.5640 A member of SFS

Anexo 3.

Tabla resumen de las herramientas de la metodología DMAIC.

Metodología DMAIC				
Etapas	Herramientas			
Definir	Focus Group	Entrevista	Escala de Likert	Diagrama de flujo
Medir	Observación	Mapa de procesos	Estudio de tiempos	Encuesta
Analizar	Diagrama de Ishikawa	Diagrama de Pareto	Takt Time	
Mejorar	Ánalysis Costo/Beneficio	Diagrama de Gantt		
Controlar	Metodología PHVA			

Anexo 4.

Cuestionario de la primer entrevista.

Cuestionario #1**Universidad Hispanoamericana**

Entrevistador: Daniela Moreira Serrano

Entrevistado: Supervisor de producción del área de Swiss

Objetivo: Analizar el proceso realizado en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical con el fin de poder identificar las causas que se encuentren afectando dicha área.

Introducción:

El presente cuestionario tiene como objetivo la recolección de información relevante para el desarrollo del proyecto de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial “Determinación de la capacidad mediante estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra medical para el segundo semestre del 2021”. De ante mano, se agradece su colaboración para la realización de la entrevista por medio de dicho cuestionario, además, todos los datos brindados serán utilizados de manera confidencial y solamente será tratada para fines académicos.

1. ¿Qué tareas le corresponde realizar en el área de Swiss?
2. ¿Cuenta con las herramientas necesarias para realizar su trabajo?
3. ¿Cuál es el proceso de producción que se realiza en el área de Swiss?
4. ¿Cuáles son las principales deficiencias del sistema actual en el área de Swiss?
5. ¿Cómo es la relación del área de Swiss con el resto de las áreas de producción?
6. ¿Cómo se comunica el área de Swiss con las otras áreas de la empresa?
7. ¿De qué manera se controla la calidad en el área de Swiss?

4. ¿Cuáles son las principales deficiencias del sistema actual en el área de Swiss?
 5. ¿Cómo es la relación del área de Swiss con el resto de las áreas de producción?
 6. ¿Cómo se comunica el área de Swiss con las otras áreas de la empresa?
 7. ¿De qué manera se controla la calidad en el área de Swiss?
-
8. ¿Cuáles son las metas planteadas en el área de Swiss?
 9. ¿Constantemente se realizan inspecciones del estado en el que se encuentra la maquinaria del área de Swiss?
 10. ¿Quién es el encargado de realizar dichas inspecciones?
 11. ¿El personal cuenta con capacitación continuamente sobre el proceso que realizan?
 12. ¿Existe una buena comunicación con el área encargada de suministrar los insumos del área de Swiss?
 13. ¿Existe algún control sobre el requerimiento de la materia prima en el área de Swiss?
 14. ¿Utilizan algún tipo de control de calidad para los insumos recibidos en el área?
 15. ¿Cuentan con la tecnología adecuada para cumplir con las metas de los procesos?
 16. ¿Realizan una evaluación de los procesos para implementar mejoras?
 17. ¿Existen cuellos de botella en el área de Swiss? Mencione algunos ejemplos:
 18. ¿Existe un control de tiempo para cada proceso realizado en el área de Swiss?
 19. ¿Existen tiempos muertos en lo que no se aproveche la maquinaria y las herramientas del área de Swiss?
 20. ¿Considera que los productos se ajustan a las expectativas del cliente?

Anexo 5.

Bitácora de observaciones.

Bitácora de observación**Fecha:** 21/03/2022**Lugar de observación:** Área de Swiss, departamento de producción, Tegra Medical.**Encargado de la observación:** Daniela Moreira Serrano**Observaciones generales:**

1. En primera instancia, se observa que gran parte de las órdenes de producción del área no contaban con la materia prima correspondiente, es decir, la misma para empezar con la producción de la orden o incluso, con la suficiente para terminarlas, sin embargo, el material de muchas de esas órdenes, según lo comentado por parte del personal, se encontraba en camino. Por lo tanto, estas se encontraban en espera de que llegara el material y a su vez, la maquinaria estaba detenida.

2. En el área de Swiss cuentan con 14 máquinas de producción, pero solo cuentan con una herramienta de medición, la cual se llama Vision System, por lo que, al contar con el peso de toda la producción de la maquinaria, se genera un retraso al no poder cumplir con la demanda de una forma más fluida, cabe mencionar que la duración del proceso es de aproximadamente 12 minutos.

3. Otro punto importante que cabe resaltar es la maquinaria detenida del área, la cual se puede clasificar por diferentes motivos, ya sea por el set up, la falta de programación de la producción en las mismas, reparación o el mantenimiento respectivo.

4. Con respecto al personal con el que cuentan en el área es notable su faltante, la cual es constante por lo que comentan, de igual forma, los operarios actuales de Swiss se encuentran capacitados por parte de Tegra Medical y, además, como requisito principal del puesto es necesario contar con un técnico en mecánica y precisión.

5. En cuanto al control de calidad que mantienen en el área, este mismo lo manejan por medio del muestreo AQL, a pesar de que cuentan con este, el sistema de control no es lo suficientemente robusto, por la misma generalidad que mantienen, considerando la faltante de inspectores en el transcurso del proceso o incluso revisiones más frecuentes.

6. Otro punto a mencionar, es la distribución con la que posicionan a los operarios en proceso de entrenamiento, esto debido a que colocan todos los mismos en un solo turno, en vez de distribuirlos en los tres turnos respectivos, con el fin de que el personal a cargo del turno en el que se colocara no cuente con todo el peso correspondiente al debido entrenamiento.

Firma del observador:

Anexo 6.

Encuesta de investigación.



Encuesta de investigación sobre la capacidad instalada en el área de Swiss de Tegra Medical

La presente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre la capacidad instalada en dicha área. Toda la información recolectada será de manera confidencial y tratada únicamente para fines académicos de un trabajo de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana.

De ante mano, se agradece su colaboración.

1. ¿Qué tan complejo es el proceso que ejecuta? *

- Bastante
- Mucho
- Medio
- Poco
- Nada

2. ¿Considera que le toma mucho tiempo realizar el proceso? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

3. ¿Se siente satisfecho con el proceso que desempeña? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

4. ¿Considera que hay tiempos muertos en el transcurso del proceso? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

5. ¿Tiene conocimiento de todo el proceso que se lleva a cabo en el área de Swiss? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

6. ¿Cuenta con la capacitación correspondiente para la realización el proceso? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

7. ¿El equipo y tecnología con que cuenta le ayuda a desempeñarse en el área de Swiss? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

8. ¿Conoce si su desempeño es evaluado con algún indicador? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

9. ¿Conoce como aporta su actividad al desarrollo de la empresa? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

10. ¿Cree que es importante ser incentivado por el cumplimiento de metas productivas establecidas por la empresa? *

Bastante

Mucho

Medio

Poco

Nada

Anexo 7.

Cuestionario de la segunda entrevista.

Cuestionario #2**Universidad Hispanoamericana**

Entrevistador: Daniela Moreira Serrano

Entrevistados: Ingeniero y supervisor de producción del área de Swiss

Objetivo: Identificar las causas y sub-causas que se encuentren afectando el proceso en el área de Swiss del departamento de producción de Tegra Medical para el desarrollo del diagrama Ishikawa.

Introducción:

El presente cuestionario tiene como objetivo la recolección de información relevante para el desarrollo del proyecto de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial “Determinación de la capacidad mediante estudio de tiempos en el área de Swiss del departamento de producción en la empresa Tegra Medical para el segundo semestre del 2021”. De ante mano, se agradece su colaboración para la realización de la entrevista por medio de dicho cuestionario, además, todos los datos brindados serán utilizados de manera confidencial y solamente será tratada para fines académicos.

A continuación, se presenta la tabla 1 la cual indica la escala de Likert con la que se recolectaran los valores de la frecuencia de las causas y sub-causas presentes en el área de Swiss.

Tabla 1.*Escala de Likert.*

Escala de Likert	
Grado de Frecuencia	Peso
Una o menos veces al mes	1
2 veces al mes	2
3 veces al mes	3
4 veces al mes	4
5 veces al mes	5
6 veces al mes	6
7 veces al mes	7
8 veces al mes	8
9 veces al mes	9
10 o más veces al mes	10

Fuente: elaboración propia.

1. ¿Cuáles son las principales causas que afectan la medición?
2. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas de la medición?
3. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa de la medición según la escala de Likert indicada?
4. ¿Cuáles son las principales causas que afectan la maquinaria?
5. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas de la maquinaria?
6. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa de la maquinaria según la escala de Likert indicada?
7. ¿Cuáles son las principales causas que afectan el medio ambiente?
8. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas del medio ambiente?
9. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa del medio ambiente según la escala de Likert indicada?

5. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas de la maquinaria?
 6. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa de la maquinaria según la escala de Likert indicada?
 7. ¿Cuáles son las principales causas que afectan el medio ambiente?
 8. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas del medio ambiente?
 9. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa del medio ambiente según la escala de Likert indicada?
 10. ¿Cuáles son las principales causas que afectan la mano de obra?
 11. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas de la mano de obra?
-
12. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa de la mano de obra según la escala de Likert indicada?
 13. ¿Cuáles son las principales causas que afectan el material?
 14. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas del material?
 15. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa del material según la escala de Likert indicada?
 16. ¿Cuáles son las principales causas que afectan el método?
 17. ¿Cuáles son las sub-causas de las causas del método?
 18. ¿Con que frecuencia se presenta cada causa del método según la escala de Likert indicada?