

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE CICLO POR
MEDIO DE REUTILIZACIÓN DE MANDRILES DE PLATINO Y
TUNGSTENO.**

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

ESTUDIANTE: MARÍA FERNANDA MORA MOLINA

TUTOR: ING. DENIS ACÓN SIBAJA

SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA

ABRIL, 2024

DECLARACIÓN JURADA

CÉDULA DE IDENTIDAD

SOLICITUD DE DEFENSA

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICADO DEL FILÓLOGO

CARTA DE ENTENDIMIENTO

CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA	I
CÉDULA DE IDENTIDAD.....	II
SOLICITUD DE DEFENSA.....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO.....	V
CARTA DE ENTENDIMIENTO	VI
CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
DEDICATORIA.....	XII
AGRADECIMIENTOS	XIII
EPÍGRAFE	XIV
RESUMEN.....	XV
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 ANTECEDENTES	5
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i>	5
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i>	9
1.5 PROYECCIONES	13
1.5.1 <i>Alcances</i>	14

1.5.2 Limitaciones.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES.....	17
2.1.1 Kaizen.....	17
2.1.2 Diagrama de flujo.....	17
2.1.3 Organigrama.....	18
2.1.4 Metodología DMAIC.....	19
2.1.5 Lluvia de ideas.....	20
2.1.6 Diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto.....	21
2.1.7 Diagrama de Pareto.....	21
2.1.8 Acta de proyectos.....	22
2.1.9 Plan de recopilación de datos.....	23
2.1.10 Multivoto.....	24
2.1.11 Gráfica de barras.....	25
2.1.12 Gráfico circular.....	25
2.1.15 Gemba.....	26
2.1.16 Los 5 ¿Por qué?.....	26
2.1.20 FODA.....	28
2.1.21 análisis Pugh o Matriz Pugh.....	29
2.1.22 FMEA.....	30
2.1.23 GANTT.....	1
2.1.24 Gráfico NP.....	2
2.1.25 Prueba de hipótesis.....	3
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	3
2.2.1 Visión / Misión.....	3
2.2.2 Antecedentes históricos.....	3
2.2.3 Ubicación geográfica.....	4
2.2.4 Estructura organizacional.....	5
2.2.5 Cantidad de empleados.....	6
2.5 Tipos de productos.....	7
2.6 Mercado de exportación.....	9
2.2.8 Descripción general del proceso productivo de pitones.....	9
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	14
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	16

3.3.1 <i>Sujetos de información</i>	17
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS.....	18
3.5 INSTRUMENTOS	21
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	21
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	23
4.1 DEFINIR.....	24
4.2 MEDIR	32
4.3 ANALIZAR	49
CAPÍTULO V. PROPUESTA	63
5.1 MEJORAR	64
5.2 CONTROLAR.....	67
5.2.1 <i>Actividades de control</i>	67
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS	73
APÉNDICES Y ANEXOS	80
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS	81
APÉNDICE 2: TABLAS	82
ANEXO 1: DOCUMENTOS	84
ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cantidad de empleados por área	6
Tabla 2.1: Variables de la investigación por objetivo específico.....	20
Tabla 2.2 Variables de la investigación por objetivo específico.....	22
Tabla 3.1 Variables de la investigación por objetivo específico.....	33
Tabla 4.1 Toma de tiempos para el proceso despeje de línea.....	41
Tabla 4.2 Toma de tiempos para el proceso estiramiento de mandriles.....	41
Tabla 4.3 Toma de tiempos para el proceso corte de medida de espiral.....	42
Tabla 4.4 Toma de tiempos para el proceso Colocación de gel.....	42
Tabla 4.5 Toma de tiempos para el proceso horneado.....	42
Tabla 4.6 Toma de tiempos para el proceso corte de gel.....	43
Tabla 4.7 Toma de tiempos para el proceso cobertura de coils.....	43
Tabla 4.8 Toma de tiempos para el proceso colocación de goma UV.....	43
Tabla 4.9 Toma de tiempos para el proceso verificación de calidad.....	44
Tabla 4.10 Toma de tiempos para el proceso Empaque.....	44
Tabla 4.11 Toma de tiempos para el proceso verificación de calidad.....	44
Tabla 4.12 Toma de tiempos para el proceso cierre de SAP.....	45
Tabla 5.1 Resumen de toma de tiempos del área antes de las mejoras.....	46
Tabla 5.2 Output por operación antes de la mejora.....	46
Tabla 5.3: Resumen de toma de tiempos del área después de las mejoras.....	47
Tabla 5.4: Output por operación después de la mejora.....	48
Tabla 6.1 Matrix pugh para análisis de resultados primer muestreo.....	50
Tabla 6.2 Matrix pugh para análisis de resultados segundo muestreo.....	51
Tabla 6.3 Matrix pugh para análisis de resultados tercer muestreo.....	52
Tabla 6.4 Matrix pugh para análisis de resultados cuarto muestreo.....	53
Tabla 6.5 Matrix pugh para análisis de resultados quinto muestreo.....	54
Tabla 6.6 Matrix pugh para análisis de resultados sexto muestreo.....	55
Tabla 6.7 Matrix pugh para análisis de resultados séptimo muestreo.....	56
Tabla 6.8 Matrix pugh para análisis de resultados octavo muestreo.....	57
Tabla 6.9 Matrix pugh para análisis de resultados noveno muestreo.....	58
Tabla 6.10 Matrix pugh para análisis de resultados decimo muestreo.....	59
Tabla 7.1 Información anual, mensual, semanal y diaria estimada (1 usaje y 6 usajes).....	64
Tabla 7.2 Estimación de ahorro anual de mejora,.....	65
Tabla 8.1 Proyecto en curso.....	83
Tabla 8.2 Tabla de control de prueba.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ejemplo de diagrama de flujo.....	18
Figura 1.2 Ejemplo de organigrama.....	19
Figura 1.3: Ejemplo del ciclo DMAIC	20
Figura 1.4 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 1.7 Ejemplo de multivoto	24
Figura 1.8 Ejemplo de gráfica de barras	25
Figura 1.9 Ejemplo de gráfico circular.....	26
Figura 1.10 Ejemplo de ¿ 5 por qué?.....	27
Figura 1.11 Ejemplo de un FODA.....	29
Figura 1.12 Ejemplo de matriz Pugh.....	30
Figura 1.13 Ejemplo de un FMEA.....	31
Figura 1.14 Ejemplo de diagrama de Gantt	1
Figura 1.15 Ejemplo de gráfico NP.....	2
Figura 2.1 Mapa satelital de la empresa	4
Figura 2.2 Organigrama de producción.....	5
Figura 2.3: Productos de la empresa médica parte 1	7
Figura 2.4: Productos de la empresa médica parte 2.....	8
Figura 2.5: Diagrama de flujo del proceso de producción de Pitones.....	9
Figura 3.1 Plantilla de Project Chárter utilizada para el proyecto	18
Figura 4.1 FODA de la compañía	25
Figura 4.2 Diagrama de Pareto de problemas del proceso de Pitones.....	34
Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa de los problemas del proceso de pitones	36
Figura 4.4 Gráficos de barras de las condiciones de los mandriles.....	37
Figura 4.5: Condición de mandril en pruebas.....	38
Figura 4.6: Análisis estadístico de n óptimo	39
Figura 4.7 Análisis estadístico de n óptimo (tiempos).....	40
Figura 5.1: Gráfico de NP	61
Figura 6.1 Gráfico de ahorros proyectado.....	66
Figura 6.2 Control de proyección de ahorros	68
Figura 7.1 Guía Process gemba round de la compañía parte 1.....	84
Figura 7.2. Guía Process gemba round de la compañía parte 2.....	85
Figura 7.3 'Guía Process gemba round de la compañía parte 3.....	86
Figura 8.1 Guía de control de calidad	87
Figura 9.1 Fixture para estiramiento de mandril	89
Figura 9.2 Carrucha de mandril.....	90

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me formaron con valores, siempre empujándome hacia el camino del conocimiento y dejándome claro que todo esfuerzo tiene su recompensa y que se vale soñar.

Además, dedicado también a mi familia en general por su apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque sin él no somos nada, es quien nos da ese rayo de luz cada mañana. También un enorme agradecimiento a todos los que me ayudaron día con día en este camino de conocimientos: profesores, compañeros y amigos.

EPÍGRAFE

Trabaja duro, y nunca renuncies a tus sueños, incluso cuando nadie más crea que se puedan hacer realidad.

Phikkip Sweet

RESUMEN

La investigación de este proyecto se realiza en una empresa que crea productos médicos, por lo que es un proyecto que se debe llevar con mucha cautela ya que los productos que se hacen son para salvar vidas de pacientes. Se inició con el fin de cumplir con una mejora en la línea de producción de pitones, considerando que al ser un producto de alto valor se puede llegar a contemplar ahorros significativos.

Los proyectos en la empresa son frecuentes ya que son requisitos para evaluar a sus colaboradores, pero ser asertivos a la hora de encontrar uno y lograr grandes beneficios no es algo que se dé a menudo.

Cuando se realizan observaciones en el área, se logra ver un problema al ver que se tienen materiales que son de alto valor y son consumibles (no se van con el producto), y que se desechan. El análisis por medio de herramientas ingenieriles muestra que existe una real posibilidad de reutilización en mandriles con lo cual pueden se puede obtener una mejora en el tiempo del proceso y un beneficio económico importante para la empresa.

Realizado el estudio se concluye que existen varios beneficios ya que se pueden generar ahorros considerables para la compañía, incluidos la reducción de tiempos en el proceso, el aumento de capacidad de producción y el reaprovechamiento de materiales, pues efectivamente, en los testeos que se hacen, se logra ver que el producto puede ser utilizado hasta una cantidad de siete veces de, sin embargo, por temas de seguridad, la compañía tiene una conservación, que reduce a seis usos.

Al valorar los tiempos, estos se reducen, siendo la operación de estiramiento de mandriles la más favorecida, pasando de 246.8 segundos a 42.3 segundos siendo así una mejora de 204.5 segundos, haciendo de rebote que el proceso ayude a un aumento de producción de 160 unidades mensuales y 1920 anual aproximadamente y adicional con la reutilización del mandril se generara un ahorro anual de 1,321,979.88 dólares.

Con estos resultados, se concluye que el presente es un proyecto exitoso para la compañía y que se pueden realizar grandes mejoras a bajo costo solo con ingenio, análisis y determinación.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria médica en la cual se desarrolle el presente proyecto investigativo se trabaja con muchos materiales de alto valor como el platino y tungsteno, Por qué son materiales que no crean afectación al usuario y son aceptados por cuerpo humano y Este es el caso de la empresa médica donde se realiza la presente investigación la cual trabaja con estos valiosos materiales, que se usan como apoyo para el proceso de manufactura que soportan la unidad solo para realizarle un corte), y-que son desechados después de utilizarse, aunque estén en buen estado.

Ya que se trata de un material valioso que se desecha en condiciones aceptables, podría utilizarse una y otra vez en el proceso, pues en realidad siendo un consumible, no es una materia prima que se va en el producto final, por lo cual tiene una nula posibilidad de generar un problema en un paciente.

Y dado su alto valor, éste material al ser reutilizado podría contribuir significativamente a las finanzas de la compañía, mientras que al no reutilizarse este material, no solo se desperdicia materia prima útil, sino que se tiene que invertir tiempo en reprocesos, como lo es el estiramiento del alambre, lo que también significa que se está procesando algo que podría dejarse de hacer y obtener una mejora significativa en los tiempos de ciclo.

Por lo que se plantea la pregunta de investigación de ¿Cómo reducir los tiempos y costos de los procesos de ensamblaje en líneas de producción de industria médica adoptando la reutilización de los consumibles más duraderos?

En vista de lo expuesto, se estarán realizando estudios que permitan determinar cuáles pueden ser las mejoras en el proceso que utiliza mandriles que brinden ahorros significativos de tiempos y de costos los cuales se verán reflejados en el desempeño financiero de la empresa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Analizar los problemas en los métodos de ensamblaje, manipulación y almacenamiento de los alambres de platino y tungsteno por medio de la metodología DMAIC, con el fin de reutilizarlos en la línea de producción de una empresa industrial médica, en la cual el producto es llamado Pitones, para alcanzar un ahorro no menor a los 10,000 dólares, realizando una reducción de tiempos no menor a un 2%, utilizando herramientas ingenieriles que provean información y datos para la toma de decisiones y darle un aprovechamiento al uso del mandril.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir el problema observado en la línea de producción de pitones para iniciar con las mejoras que conlleven a resultados idóneos.
- Clasificar los potenciales causantes del problema para obtener una causa raíz para trabajar en ella.
- Construir mecanismos de análisis para llevar el problema a otro nivel por medio de las herramientas ingenieriles.
- Investigar los tiempos establecidos dentro de los procesos y analizar tiempos potenciales para sustentar una propuesta para optimización de tiempos.
- Demostrar el carácter significativo de las mejoras para la compañía en términos de ganancias revisando las relaciones de costo beneficio.
- Proyectar las mejoras a futuro y los posibles beneficios derivables del proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se visualiza un potencial problema en la forma como se maneja y usa el material en la empresa, por lo que el presente estudio se requiere para lograr un mejoramiento de tiempos de ciclo en la operación de estiramiento de mandril, ya que sin procesos estructurados ni documentados y solo a partir del conocimiento de los operadores se logra identificar su naturaleza y alcances.

La realización de este proyecto pretende modificar el flujo de un consumible que es un material valioso, para que pueda ser utilizado hasta el final de su vida útil, ayudando a obtener una reducción en la compra del producto y dando un beneficio significativo en las finanzas de la compañía.

Además, la reutilización de este mandril también generará un impacto ambiental favorable. ya que no se estaría desechando los elementos con apenas un solo uso.

La realización de este proyecto pretende brindar a la gerencia una mejora de los procesos tratando de lograr un ahorro no menor de 10,000 dólares y a su vez, una mejora en tiempos de ciclo estimada de aproximadamente 2% en el proceso de estiramiento de mandriles, ayudando a establecer qué y cómo hacer los procesos, identificando procesos que pueden ser mejorados por medio de una forma viable de reutilización de consumibles o soportes para construcción de unidades, que no se van con el producto final y así identificar y proponer mejoras en el rendimiento de las actividades de la empresa.

El presente estudio promueve que el equipo realice sus labores de una manera más ágil y precisa con el fin de aumentar la eficiencia y enfocarse en actividades que generen valor.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Antecedentes nacionales

Según la tesis titulada Aplicación de la filosofía Lean Construction y la simulación al mejoramiento de los procesos constructivos en Grupo Yeril, realizada por Sebastián Espinoza Navarro para optar por el grado académico de Licenciatura en ingeniería en construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, que se centra en los procesos constructivos y su mejoramiento de la fabricación de estructuras metálicas en taller, por medio de la filosofía Lean Construcción y la simulación por medio del software FlexSim 2019.

Con el fin de identificar el estado de la filosofía Lean en el taller se realizaron entrevistas al personal y recorridos por el taller que permitieron definir los procesos y subprocesos de la fabricación de estructuras metálicas, los cuales se dividen en armado, resoldado y pintura y se realizaron diagramas de flujo, de Ishikawa y de recorrido.

Además, se realizaron mediciones de productividad aplicando el método de la carta de balance para cada proceso y se realizó un muestreo del trabajo para cuantificar el desperdicio de mano de obra debido al daño de una de las grúas viajeras del taller. Para evaluar los procesos de construcción se tomaron muestras del tiempo de ciclo de las estructuras del proyecto Centro de Convenciones Caja ANDE.

Aplicando estadística descriptiva a estas muestras, se obtuvieron coeficientes de variación por encima de 1,00, lo que muestra altas variaciones en el trabajo para un mismo tipo de elemento. El modelo de simulación en FlexSim 2019 se logró calibrar al punto en que se obtuvo una diferencia de producción entre la simulada y la real de un 7%. A dicho modelo se le agregó una estación de resoldado y otra de pintura para disminuir los tiempos de espera de 13,6 a 2,0 horas en resoldado y de 18,4 horas en pintura a 1,5 horas.

Según la tesis titulada Propuesta de mejora del proceso de gestión del servicio de análisis de datos en la gerencia de innovación del Grupo 823, realizada por Josué Andrey Cascante Molina para optar por el grado académico de Licenciatura en Administración de Tecnología de la información del Instituto Tecnológico de Costa Rica, trabajo de investigación que se centra como objetivo proponer una mejora del proceso de gestión del servicio de análisis de datos brindado por la gerencia de innovación, basado en las mejores prácticas de la industria para la precisión y eficiencia del servicio a los proyectos del Grupo 823, durante el segundo semestre del año 2021.

El trabajo final de Cascante se basó en una metodología mixta guiada por el diseño cualitativo, en la cual se recolectan datos de ambos enfoques de manera concurrente, y se combinan los enfoques para comprender y resolver la problemática. Para la recopilación de datos se realizó la revisión y transformación de registros de datos y el análisis documental respectivo, además, se utilizaron entrevistas y un workshop con los involucrados claves para el descubrimiento del proceso.

También Cascante (2021) aplica los análisis de valor agregado, de desperdicios y simulación para identificar las problemáticas y se realizó un análisis de brechas para determinar el nivel de cumplimiento del proceso con las buenas prácticas, concluyendo que las mejoras propuestas para el proceso de análisis de datos, el rediseño y la documentación formal del proceso To-Be alineado a las buenas prácticas y los requerimientos de la organización, como resultado en la fase de validación del proyecto una disminución en tiempo del 6% y en costo del 10%, ejecutando el proceso propuesto con respecto al existente.

Por último, Cascante (2021) recomienda realizar la implementación de la propuesta de mejora, que incluye la aplicación de las mejoras del proceso e implementa una herramienta para simplificar y facilitar la alineación con las buenas prácticas, también se recomienda mantener actualizada la documentación del proceso y establecer un monitoreo constante orientado en la mejora continua.

Según la tesis titulada Actualización de estándares de producción, tiempo de ciclo, personas y factor de eficiencia en las líneas de producción “Pantera” de Viant Costa Rica para el control de producción y mejora de reabastecimiento de material, realizada por David Rodríguez Gutiérrez para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial con Énfasis en Logística en la Universidad Latina de Costa Rica,

El tfg de Rodríguez se relaciona con el proyecto presente y de la situación actual, logrando determinar que los factores principales que influyen en el problema principal, como lo es la falta de la actualización de estándares de producción tiempos de ciclo, personas y factor de eficiencia la falta de estandarización, falta de indicadores y puestos de control, mala capacitación a los operarios, así como falta de priorización. Debido a ello, la propuesta se enfoca en dar solución a las causas críticas detectadas durante el diagnóstico de la situación, todo con base en el rediseño de procesos.

Según la tesis titulada Propuesta para mejorar el proceso de cierre contable y presupuestario de la Junta de Protección Social de San José, realizada por Irasema Candelaria Ortiz Ferral para optar por el grado académico de Administración y dirección de empresas con énfasis en finanzas en la Universidad de Costa Rica, es un trabajo de investigación que se centra en plantear procedimientos y métodos de trabajo con el fin de que el Departamento de Contabilidad y Presupuesto de la Junta de Protección Social de San José (JOSS) reduzca el tiempo que dura el proceso de cierre contable y presupuestario, incluyendo la emisión de la información financiera.

La JPSSJ es una institución pública de bien social que por más de 160 años su principal objetivo ha sido la caridad, y tiene a su cargo la administración y distribución de las diversas loterías nacionales existentes, así como de los cementerios General y Metropolitano. Al presente, el Departamento de Contabilidad y Presupuesto de la JPSSJ es el encargado de generar y enviar a las autoridades superiores los estados financieros e informes de ejecución presupuestaria los días 20 y 22 respectivamente; sin embargo, la institución tiene especial interés en que dicha información se emita en un periodo menor para así cumplir a cabalidad con los requerimientos solicitados por la Gerencia, y

las entidades externas de fiscalización y supervisión, como son la Contraloría General de la República y la Autoridad Presupuestaria.

Para ello, el proyecto de Ortiz, desarrolla una investigación descriptiva y analítica de los procesos que se realizan en el Departamento de Contabilidad y Presupuesto, la cual le permite identificar las actividades que agregan o no valor al proceso, así como las deficiencias que impiden un flujo de información adecuado que origina que el proceso de cierre sea extenso y que la emisión de los estados financieros se realice quince días hábiles después de que el mes ha finalizado.

Dentro de las principales conclusiones de Ortiz, se encuentra que la esencial área de mejora en el actual proceso de cierre contable presupuestario se presenta en las secciones de Contabilidad General, Presupuesto y Control y Registro, primordialmente en los subprocesos de registro de excedentes, planillas, y operaciones de caja y bancos, pues debido a la falta de un sistema de información integrado, diversas tareas son registradas manualmente, duplicando actividades, alargando los tiempos de entrega y restando confiabilidad a la información.

Con base en todo lo anterior, se recomienda que la JPSSJ analice los flujos de información para las áreas que se encuentran íntimamente ligadas al proceso del cierre contable, como son Contabilidad, y Presupuesto y Tesorería y propone utilizar técnicas cuantitativas que facilitarán la recopilación, agrupación y análisis de los datos generados por los procesos, desarrollar interfases en los módulos de los departamentos o secciones que proveen de información a la Sección de Contabilidad, evitando así la duplicidad de funciones, la digitación manual y logrando que se realicen consultas en tiempo real.

Según la tesis titulada Diseño del proceso productivo para el manejo de reclamos técnicos de productos en el centro de servicios Bayer Costa Rica, realizada por Angélica Acuña González para optar por el grado académico de Bachillerato en ingeniería industrial de la Universidad de Costa Rica se centra en las etapas del diseño del proceso productivo para el manejo de reclamos técnicos de productos en el Centro de Servicios Bayer Costa Rica.

Como primer paso, se caracterizó el proceso mediante diagramas de flujo y requerimientos de procesamiento para poder definir los diferentes tipos de reclamos de calidad. Para cada tipo de reclamo, se realizó la medición de tiempos de procesamiento, se estimó el tiempo disponible por colaborador para el manejo de estos y se pronosticó la demanda por tipo de reclamo, resultados que fueron utilizados luego en el diseño del proceso productivo.

Seguidamente, con base en la teoría sobre procesos productivos se eligió el método de células de producción como el diseño que traería mayores beneficios al procesamiento de reclamos de calidad con la menor cantidad de recursos. El balanceo de línea se basó en la cantidad de reclamos recibidos, tiempos de proceso y tiempo diario disponible. Finalmente, se validó el diseño propuesto mediante teoría de colas para el modelo del proceso productivo de manejo de reclamos de calidad y se realizaron dos escenarios adicionales: uno para alcanzar los objetivos de cumplimiento con los tiempos de procesamiento y el otro para la utilización del tiempo.

1.4.2 Antecedentes internacionales

Según la tesis titulada Propuesta de mejora para reducir el tiempo de entrega de despacho de una empresa comercial empleando Lean Manufacturing realizada por Yasmin Rossylin y Raúl Enrique para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú se centra en la ineficiencia de las operaciones dentro área de despacho de una empresa comercial de productos tecnológicos de identificación automática, con la finalidad de abarcar el problema de entrega a destiempo de pedidos en el área de despacho.

Por tanto, se planteó como objetivo el diseño de una propuesta de mejora para disminuir el tiempo de despacho a un cliente presencial con la aplicación de la metodología Lean Manufacturing y sus herramientas. Se realizó el diagnóstico y análisis situacional mediante la recopilación de información, data y observación de la empresa, también se

utilizaron las herramientas Diagrama Ishikawa y Pareto para determinar tres principales causas ante el problema.

A partir de ello, se adoptó el desarrollo de la propuesta de mejora a través del método 5S, obteniendo un 59% en el aprovechamiento del tiempo para realizar la búsqueda de documentos, guías y equipos; la técnica Kanban con un 56% de mejoría en seleccionar los productos para ventas y Hoshin Kanri como medio para fortalecer la cultura organizacional a nivel comunicativo y cooperativo, todo ello permitió obtener una reducción de tiempo de 23.1 min a 12.1 min en todo el proceso de despacho.

De esta manera la propuesta contribuirá a desarrollar operaciones eficientes en términos de tiempo, producto de un entorno colaborativo entre personal interno. Análogamente con la aplicación de la técnica 5S se da una mejora del 50% con respecto al tiempo de búsqueda de documentos y guías, se encontró una tesis de grado de Ingeniería Industrial que tiene acercamiento al resultado obtenido por parte del autor (Fuentes, 2017) quien obtuvo una mejora del 75% en la disminución de tiempos que no añaden valor en la búsqueda de documentos por parte de los operarios.

Según la tesis titulada Teoría de colas para la reducción del tiempo de ciclo de los ascensores de la torre principal de una universidad privada, Lima 2019, realizada por Benites Silva, Jazmín Estefany, Virhuez Castro, Katherine, para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú se centra en la reducción del tiempo de ciclo mediante la aplicación de la teoría de colas en los servicios de los ascensores en la torre principal de una universidad privada.

Para el diagnóstico de la situación se realizó la recolección de datos mediante la toma de tiempos en las horas de mayor demanda del servicio, asimismo, se realizaron encuestas para saber la percepción de los usuarios, dando a conocer los problemas que más influyen, como las muchas paradas, largo tiempo de servicio y tiempo de paradas elevado.

Se propone una nueva asignación de pisos para los dos de los tres ascensores que se encuentran en la torre principal, reduciendo así el tiempo de ciclo en un 29.18% para el ascensor 2 y 50.11% para el ascensor 3, y el tiempo de espera de los usuarios 33.33% y 50 % para el ascensor 2 y 3 respectivamente y utilizó el programa arena para el análisis de la situación existente y de la propuesta de mejora, permitiendo obtener el número de usuarios promedio en un determinado tiempo.

Según la tesis titulada Propuesta de aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia en la gestión de despacho de una empresa comercializadora de productos eléctricos, realizada por Elizabeth Magaly y Ferrer Cruz para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú.

La investigación tiene como objetivo principal realizar la propuesta de aplicación de Lean Manufacturing en una empresa comercializadora de productos eléctricos, que pertenece al sector de la industria eléctrica; a fin de mejorar la eficiencia en la gestión de despacho, usando como base la filosofía Lean. De acuerdo al desarrollo, se realizó el diagnóstico recopilando información a través de las reuniones de enlace con Gerencia, jefe de logística, Jefe de Almacén y personal de la Oficina de almacén para realizar la lluvia de ideas; así mismo se consideraron los tiempos que generaba el proceso relacionado con el despacho y elaboración de la herramienta de diagnóstico como el VS. identificando los tiempos de ciclo y tiempos que no generan valor en el proceso.

También se usó el SIPOC para identificar los elementos de un proceso, el diagrama de Ishikawa para analizar la causa raíz y el diagrama de Pareto con la data de frecuencia de reclamos para identificar la incidencia del factor a evaluar. Por otro lado, se propusieron herramientas de mejora como tarjeta kanban, poka yoke, control visual y estandarización de procesos para reducir los tiempos de ciclo, realizar el control de salida de productos y por ende mejorar la eficiencia.

La metodología utilizada es el diseño de la investigación es no experimental, el tipo de estudio fue descriptivo y explicativo, los métodos de investigaciones serán cuantitativos. En tal sentido, la propuesta sugerida para la empresa tendrá como resultado el mejorar la eficiencia en la gestión de despacho de 68.34% a 93.66%, lo cual representa la reducción en los reprocesos por reclamos de los clientes. Por otro lado, se logró reducir los tiempos de ciclos de la gestión despacho de 73.84 a 61.00 minutos obteniendo un ahorro de S/. 3.09 h-h por despacho.

Según la tesis titulada Estudio de tiempos para mejorar la productividad en el proceso de envasado de conservas de la Corporación Pesquera ICEF S.A.C. Chimbote. Realizada por Estefany Giraldo Mota para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo. La investigación tiene como objetivo general aplicar el estudio de tiempos para mejorar la productividad en la Corporación Pesquera ICEF S.A.C, Chimbote.

Se consideró una población infinita de las actividades que se desarrollan en todos los procesos de la línea de producción y los registros de la productividad ligados a sus indicadores (eficacia, eficiencia y efectividad) desde su fundación, tomando como muestra las actividades que se desarrollan en el proceso de envasado y los registros de productividad de los tres últimos años (2014, 2015 y 2016); la cual se verá incrementada a través del análisis del proceso de envasado y la ideación de una propuesta de mejora en el área de estudio con el fin de aprovechar al máximo el recurso básico “tiempo”.

El estudio permitió mejorar el proceso de envasado, por lo que se logrando incrementar la productividad en un 36.02% con respecto al estado inicial; lo cual se corroboró con el análisis inferencial al comparar la productividad (ligado a sus indicadores) antes y después de la mejora planteada a través de la prueba T – Student para muestras emparejadas obteniendo un nivel de significancia p menor a 0.05; lo que permitió aceptar la hipótesis de que la productividad ligada a sus indicadores obtenida después de la aplicación de estudio de tiempos es significativamente mayor que la productividad obtenida antes.

Según la tesis titulada Proyecto para la disminución del tiempo, reducción del margen de error y mejora de los procesos de diseño, producción e instalación en la empresa Ofiarchivo SAS. Realizada por Alejandra Moreno Villegas para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. La investigación tiene como objetivo la disminución del tiempo, reducción del margen de error y mejora de los procesos de diseño, producción e instalación en la empresa Ofiarchivo SAS.

La investigación parte del diagnóstico realizado a partir de la revisión de tres proyectos seleccionados al azar que habían presentado reclamaciones, encontrando que las variables principales que afectan la eficiencia son: tiempo, dinero y reprocesos, los cuales se manifiestan en todas las etapas del proceso productivo de la empresa.

Debido a lo anterior, se desarrolló un proyecto que buscaba corregir errores en dichas variables, para lograr la reducción del margen de error y mejorar los procesos de diseño, producción e instalación a través de la creación de un banco de documentos que estandarizaron los productos y procesos, y que son propiedad de la empresa, lo cual fue implementado por medio de capacitación al personal a medida que se ejecutaban los proyectos, obteniendo como resultado la reducción en los tiempos de cotización, producción y montaje de los proyectos, permitiendo a Ofiarchivo SAS, recuperar la competitividad que ha demostrado en su línea de negocio.

1.5 PROYECCIONES

- Se estima una disminución en tiempos de ciclo de un 2% en la operación de estiramiento de mandril para la creación de pitones (producto que se utiliza para

ayudar a tratar aneurismas) estimado, tomando en cuenta que no se tiene claro la cantidad de veces que se puede utilizar

- Un ahorro en la compra de materias primas para la compañía de materiales de alto valor como lo es el platino y el tungsteno.
- Obtener beneficios con las ganancias de la compañía con un proyecto de un ahorro no mínimo a \$10,000. (monto establecido por la compañía para un proyecto de alto nivel)

1.5.1 Alcances

En esta sección se especifica de forma detallada todo lo estipulado para la realización del proyecto, las limitaciones y supuestos para cumplir con los objetivos propuestos

El proyecto consiste en elaborar una propuesta para la mejora en tiempos de ciclo de operaciones de estiramiento de mandriles en un 2%, este se elabora en una compañía médica de la Zona Franca en el Coyoil de Alajuela Costa Rica que elabora Pitones, un producto para evitar derrames cerebrales, que se construye en una línea de ensamblaje que lleva uno tras otro proceso de forma lineal, basándose en mejorar, y adaptar el proceso con lo que agrega valor y dejando de lado aquello que no funciona, corporativamente hablando.

Dentro del alcance se busca contrarrestar esta problemática, conociendo la situación del departamento mediante la recopilación de información, esta información se utilizará para el diseño de herramientas ingenieriles que proporcionen resultados para la mejora de los procesos y así tener una visión clara de cómo podemos hacer que el proceso se vuelva más provechoso.

En esta sección, se especifica una serie de aspectos que no forman parte del alcance del Proyecto:

- No se contemplan otras empresas pertenecientes a la corporación, ni otros procesos de la compañía solo proceso en proyecto (pitones).

1.5.2 Limitaciones

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- La mayor limitación que se ha dado en la realización de este proyecto es que no todos los documentos se pueden mencionar, demostrar o adjuntar al proyecto al ser documentos de uso oficial para la compañía y adicional a esto confidenciales.
- Otra limitación importante para mencionar es el tiempo para efectuar el trabajo de investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 Kaizen

El kaizen comienza con un problema, o, más concretamente, con el reconocimiento de que existe un problema. – Masaaki Imai.

Kaizen es un término japonés que significa "cambio bueno", "cambio a mejor" o "mejora". Como filosofía, el kaizen promueve una mentalidad en la que los pequeños cambios incrementales crean un impacto a lo largo del tiempo. Como metodología, el kaizen mejora áreas específicas de una empresa implicando a la alta dirección y a los empleados de base para iniciar cambios cotidianos, sabiendo que muchas pequeñas mejoras pueden dar grandes resultados.

2.1.2 Diagrama de flujo

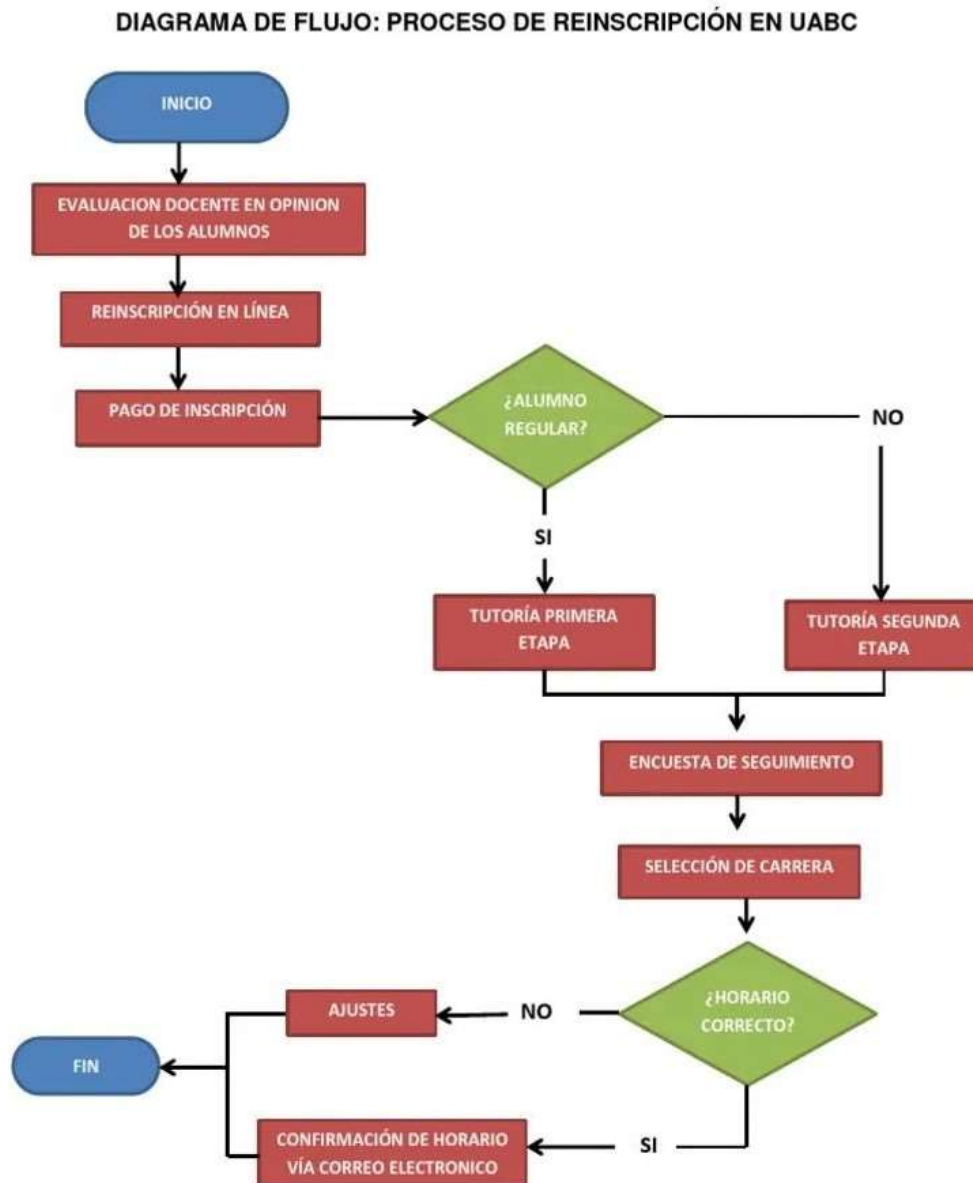
Un diagrama de flujo es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender.

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia. Pueden variar desde diagramas simples y dibujados a mano hasta diagramas exhaustivos creados por computadora que describen múltiples pasos y rutas. Si tomamos en cuenta todas las diversas figuras de los diagramas de flujo, son uno de los diagramas más comunes del mundo, usados por personas con y sin conocimiento técnico en una variedad de campos.

Los diagramas de flujo a veces se denominan con nombres más especializados, como "diagrama de flujo de procesos", "mapa de procesos", "diagrama de flujo funcional",

"mapa de procesos de negocios", "notación y modelado de procesos de negocio (BPMN)" o "diagrama de flujo de procesos.

Figura 1.1 Ejemplo de diagrama de flujo

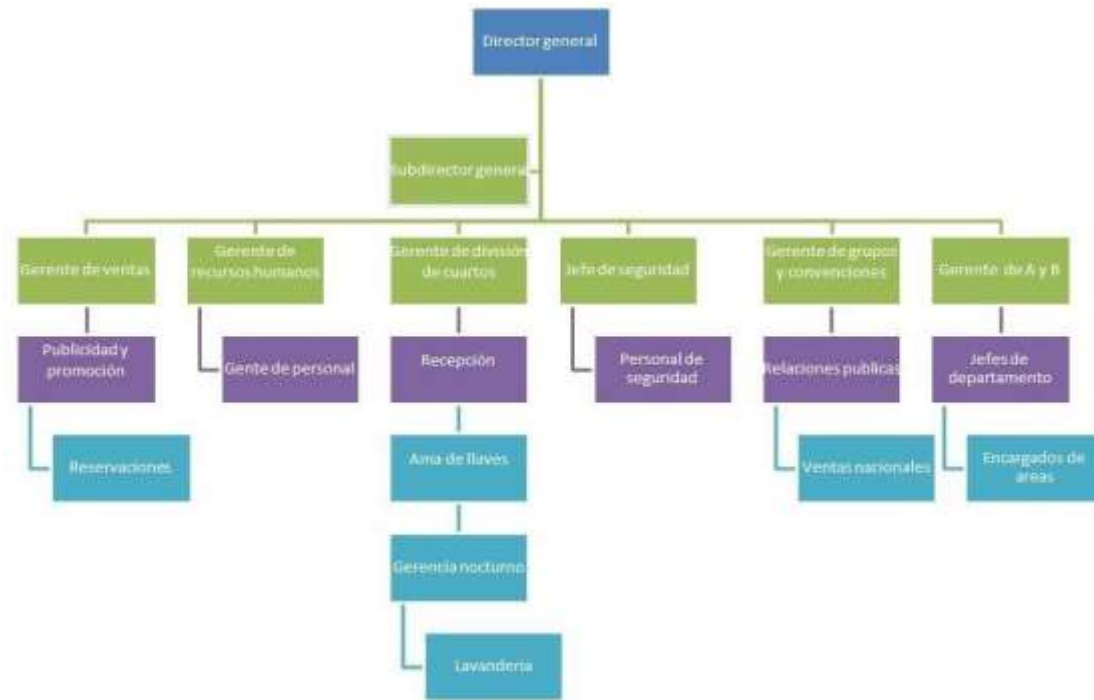


Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.3 Organigrama

Un organigrama es un esquema o representación gráfica de la estructura de una organización, que refleja los departamentos con su respectivo responsable a cargo y cómo se relaciona cada área entre sí.

Figura 1.2 Ejemplo de organigrama



Fuente: <https://concepto.de/organigrama>

2.1.4 Metodología DMAIC

El método Seis Sigma conocido también como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se estructura en cinco fases, que son:

- Fase de definición: Se identifican los proyectos Seis Sigma que deben ser evaluados.

por la dirección para evitar la infrutilización de recursos, para así asignar la prioridad necesaria para cada proyecto.

- Fase de medición: Consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto y los parámetros que afectan al funcionamiento del proceso y a las características clave. Es donde se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

- Fase de análisis: Se analizan los datos actuales e históricos. Se desarrollan hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto mediante el uso de herramientas
- Fase de mejora: Se determina la relación causa-efecto para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso.
- Fase de control: Se diseñan y documentan los controles necesarios para asegurar que el sistema implantado se mantenga en el tiempo.

Figura 1.3: Ejemplo del ciclo DMAIC



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.5 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas permite encontrar con nuevos puntos de vista por parte de los compañeros que se ven todos los días, pero que quizá no siempre se reconocen como aliados en la creatividad.

Además, es una de las mejores herramientas para desbloquear la inventiva, sea de la investigadora o la de los miembros del equipo, dado que tiene por principio lograr un ambiente de colaboración y más relajado que el habitual, puede brindar resultados sorprendentes. Una vez que se establezca esa atmósfera de confianza, es posible que hasta el más tímido exprese lo que piensa acerca de un tema.

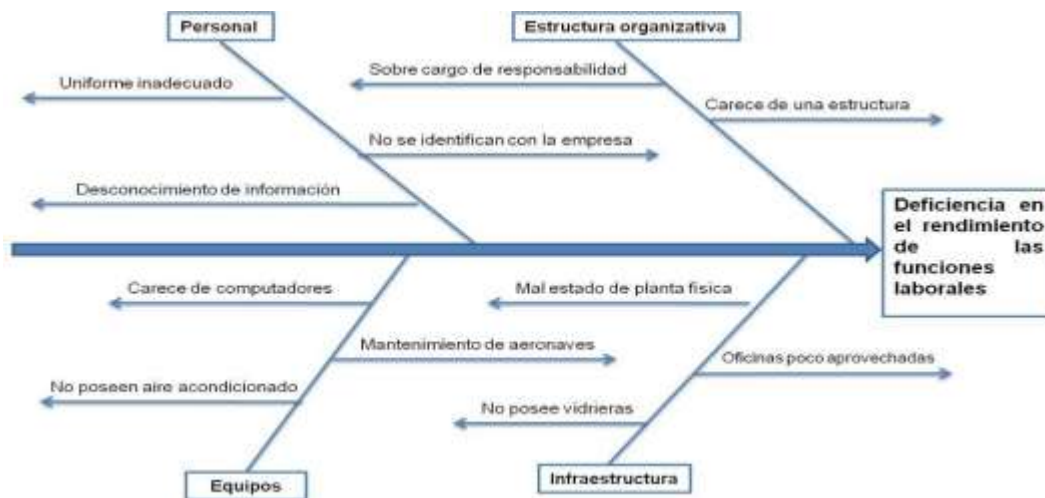
Lo mejor es dársele diversos enfoques, tanto en el tema a abordar y su acotación (¿Quieres hablar de cuáles son las ideas que tienen para el departamento de marketing

en general, o sobre las tácticas a seguir con tu cliente más nuevo?) cómo hacer sesiones de acercamiento a esta técnica o para un proyecto urgente.

2.1.6 Diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto

Se trata de un sistema de toma de decisiones desarrollado por el seminal gurú empresarial Kaoru Ishikawa, quien pretendía establecer mejoras en los controles de calidad para proyectos de diversa naturaleza, para lo que creó esta metodología. Su funcionamiento consiste en un análisis simplificado de un problema determinado y el listado de causas que pueden provocar su aparición.

Figura 1.4 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.7 Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que se debería enfocar para solucionarlos.

Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, según la cual se establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, según la cual el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

Figura 1.5: Ejemplo de diagrama de Pareto



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.8 Acta de proyectos

El Acta de Constitución del Proyecto es un documento en el que se define el alcance, los objetivos y los participantes del proyecto y provee una visión preliminar de los roles y responsabilidades, de los objetivos, de los principales interesados. Sirve como referencia de autoridad para el futuro del proyecto.

Figura 1.6 Ejemplo de acta de proyecto

	ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO
--	--

Nombre	Identificador
SIMPA	SII-ISTPC-001
Descripción	
Análisis de requerimientos y diseño del sistema integrado para el manejo del Procesos Académico.	

1. Integrantes

Rol	Apellidos y Nombres	Oficina	Cargo	Firma
Encargado:	Sixto Saavedra Flores	Dirección General	Director	
Patrocinador:	Sixto Saavedra Flores	Dirección General	Director	
Jefe de Oficina:	Carlos Sinche Taype	Jefatura de Unidad Académica	Jefe	
Líder Usuario:	Jovana Sanchez Flores	Jefatura de Unidad Administrativa	Jefe	
Miembros del Equipo:	Jose G. Laymito Quispe	SII-ISTPC-001	Encargado del proyecto	
	Joel Cosme Salcedo		PMO	
	Darwin Castillon Poma		Especialista en SCRUM - UML	

2. Alcance del Proyecto

Antecedentes:

En Octubre del 2016 se promulga la LEY N° 30512, Ley **DE INSTITUTOS Y ESCUELAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y DE LA CARRERA PÚBLICA DE SUS DOCENTES**. Iniciativa del Ministerio de Educación que tiene como fin mejorar la calidad de la enseñanza y gestión en Institutos de Educación Superior tecnológica, Escuelas de Educación Superior Pedagógica y Escuelas de Educación Superior Tecnológica de todo el país.

Con la finalidad de mejorar la Gestión académica del "Instituto de Educación Superior tecnológica – Castorvirreyna"; servicio que se le ofrece a nuestros alumnos; se tiene la

Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.9 Plan de recopilación de datos

La recolección de datos es el proceso mediante el cual, los investigadores capturan la información que requieren, siendo su fin llevar a cabo un estudio y es una fase necesaria previa a la realización de un estudio estadístico. Esto se debe a que se precisan estos datos para el procesamiento de la información y la subsiguiente interpretación.

Conviene, además, señalar que los datos recolectados pueden ser cualitativos o cuantitativos. En el primer caso, se refiere a características como pueden ser la raza, el género, la profesión, la opinión sobre un tema específico, entre otros.

En cambio, los datos cuantitativos son aquellos numéricos. Es decir, aquellos en los que es posible medirlos, como en el caso de la talla, el peso, el nivel de ingresos, entre otros. La recolección de datos puede recurrir a distintas fuentes, como aquellas bibliográficas (particularmente si la información es cualitativa) o bases de datos de libre disposición. Por ejemplo, un periodista podría acceder a información sobre la distribución del presupuesto público en el portal de transparencia de su gobierno.

2.1.10 Multivoto

La tabla multivoto es un método que se utiliza para clasificar problemas, causas de problemas o limitaciones de un proceso de mejoramiento continuo. Una clasificación inicial se somete a votación de un grupo de no menos de 10 personas con el fin de evaluar sus opiniones. Estas personas solo podrán votar una sola vez dando así su valoración de 1 a 5 según su criticidad.

Figura 1.7 Ejemplo de multivoto

Clasificación de defectos						
Errores	1	2	3	4	5	Total
Incompleto	1	6	12	4	5	28
Equivocado	8	2	3	0	0	13
Quebrado-ajado	2	4	15	4	0	25
Bolsas rotas	7	2	3	0	5	17
Mal entarimado	1	4	3	16	10	34
Lugar incorrecto	0	0	9	8	25	42

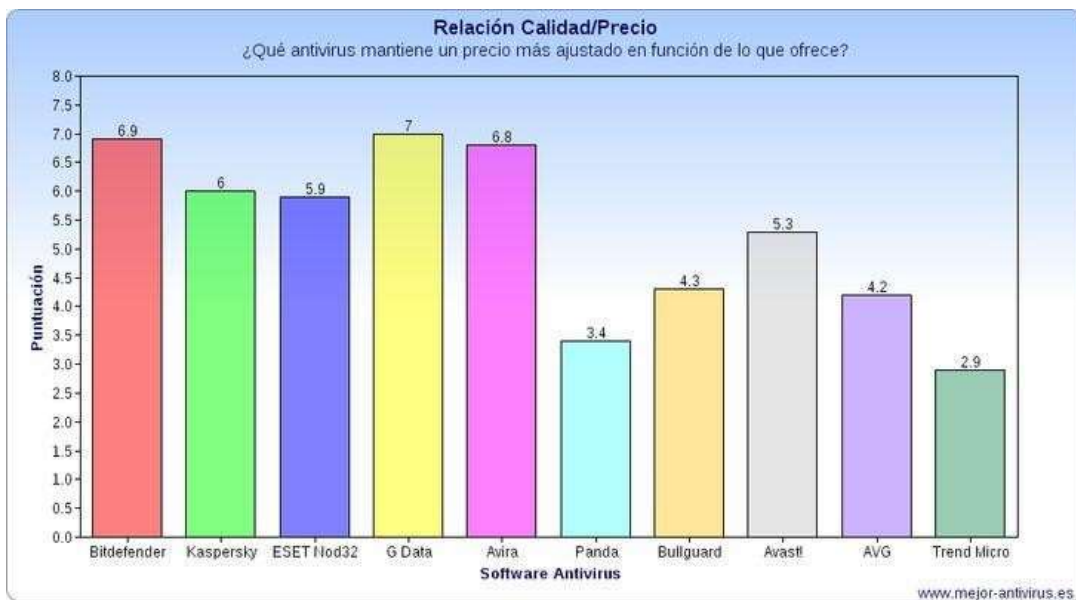
Fuente: Libro mejoramiento de la calidad autor Jorge Acuña Acuña

2.1.11 Gráfica de barras

Una gráfica de barras, también conocido como diagrama de barras, gráfico de barras o gráfico de columnas es una representación gráfica de un conjunto de datos de diferentes categorías.

El valor de cada categoría se muestra como una barra rectangular de ancho fijo y de altura proporcional al valor representado (mientras más larga es la barra, mayor será su valor).

Figura 1.8 Ejemplo de gráfica de barras



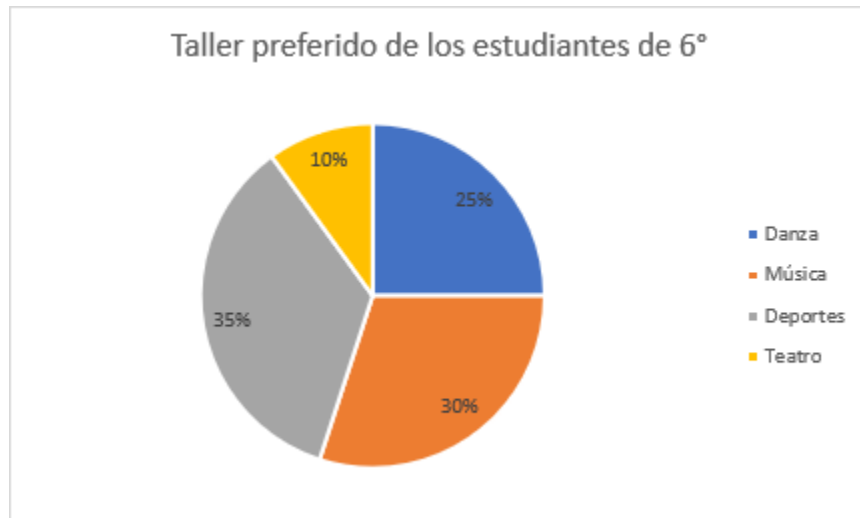
Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.12 Gráfico circular

Un gráfico circular, también llamado diagrama circular, es un tipo de gráfico estadístico que sirve para representar porcentajes y proporciones de manera visual. En concreto, en un gráfico circular se representan los datos mediante porciones de un círculo, de manera que el ángulo de cada quesito es proporcional a su frecuencia, por lo tanto, cuanto mayor sea la frecuencia de un valor, mayor será la porción que ocupe en el gráfico circular.

En estadística, los diagramas circulares son muy útiles para representar en una gráfica datos cualitativos, además, permiten extraer conclusiones de manera rápida. Cabe destacar que el gráfico circular recibe muchos nombres diferentes como gráfico de pastel, gráfica de pizza, gráfico de torta, gráfico de quesitos o gráfica de 360 grados.

Figura 1.9 Ejemplo de gráfico circular



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.15 Gemba

Realizar un Gemba Walk (paseo por la empresa) para ir a ver, preguntar qué y por qué y mostrar respeto es una forma clave de involucrar más activamente a las personas en las actividades de mejora del rendimiento. Un Gemba Walk respetuoso y efectivo genera confianza y sienta las bases para una gran transformación. Es increíble lo que se puede aprender durante un paseo” (según el libro Como hacer un Gemba Walk, realizado por Bremer, Michael).

2.1.16 Los 5 ¿Por qué?

La técnica de los 5 ¿por qué? puede ser muy útil para la gestión de riesgos empresariales pues tiene por objetivo resolver una situación o problema a través del planteamiento de cuestionamientos en cadena: al plantear el primer «por qué», otros se van desencadenando hasta llegar a la solución, respuesta o razón.

La idea es que con estas preguntas se pueda llegar a un esclarecimiento de la situación que se analiza. Por ejemplo, si una maquinaria empresa se ha averiado, la primera pregunta para averiguar lo qué sucedió será: «¿Por qué se averió la máquina?»; según la respuesta, el segundo «por qué» podría ser: «¿Por qué tuvo una sobrecarga de trabajo?»; después de esto, la siguiente pregunta puede ser: «¿Por qué tenía falta de mantenimiento?» y así sucesivamente hasta llegar a la posible resolución.

Siguiendo con el ejemplo, el proceso podría dar la siguiente conclusión: La maquinaria tuvo una sobrecarga de trabajo porque desde hace 6 meses no le han dado la revisión y mantenimiento apropiados por falta de un inventario de mantenimiento adecuado dentro de la empresa. De esta manera, los «¿por qué?» proporcionan una razón con la que se podrá intervenir y mejorar los procesos.

Figura 1.10 Ejemplo de ¿5 por qué?



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.20 FODA

El análisis FODA, también llamado análisis DAFO o DOFA, consiste en un proceso donde se estudian debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de una empresa. De ahí, el nombre que adquiere. Se trata de una herramienta muy importante antes de realizar cualquiera estrategia comercial. En este sentido, para que una empresa lleve a cabo con éxito dicha estrategia, primeramente, deberá conocer la situación presente de su empresa.

El objetivo de este análisis es que la empresa, a partir de la información que obtenga sobre su situación pueda tomar las decisiones o cambios organizativos que mejor se adapten a las exigencias del mercado y del entorno económico.

Análisis interno: Se deberán poner en cuestión el liderazgo, la estrategia, las personas que trabajan en la empresa, los recursos que tienen y los procesos. Dentro del análisis interno se deberán analizar las fortalezas y las debilidades que tiene la empresa. Las fortalezas indican las destrezas que tiene la empresa que la hacen diferente de sus competidores. Y, por el contrario, las debilidades muestran los factores que hacen a la empresa quedar en una posición desfavorables respecto a los competidores.

Análisis externo: Se deberán estudiar el mercado, el sector y la competencia.

Dentro del análisis externo, se estudian las oportunidades y las amenazas. Dentro de las posibilidades se debe tener en cuenta el posible futuro. Es decir, los nuevos mercados en los que tiene cabida la empresa. Y, las amenazas, pueden alertar sobre los factores que pueden poner en peligro la supervivencia de la empresa.

Figura 1.11 Ejemplo de un FODA



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.21 análisis Pugh o Matriz Pugh

Matriz de análisis Pugh es similar a las listas de las ventajas frente de los contras. Estos se utilizan para evaluar varias opciones entre sí, con relación a una opción básica. El método fue inventado por Stuart Pugh, de la Universidad de Strathclyde en Glasgow, Escocia, como un enfoque para la selección de alternativas de concepto.

Este tipo de herramientas se utiliza para la toma de decisiones sobre el desarrollo de un nuevo producto o servicio, diferenciar los criterios que van a aportar más valor de una manera cuantitativa, es decir, una manera rápida de poder priorizarlas características del producto que se pretende lanzar o mejorar. Se puede estar hablando del hermano pequeño de una Matriz QFD, puesto que ambas persiguen un objetivo similar, aunque en QFD se realiza un estudio más profundo sobre las necesidades del cliente.

También puede ser utilizada para ver cuál es la mejor opción frente a un problema, es decir, se basan en el estudio comparativo de las diferentes alternativas para conseguir realizar la opción que vaya a conseguir un mayor beneficio para la organización. Con ello

se consigue ver cuáles son los puntos fuertes y las limitaciones que presentan las posibles alternativas al problema, con base a una alternativa raíz desde la que se comparan el resto, pudiendo optar por la del mayor impacto y deshacernos de las más débiles. La ventaja de la Matriz Pugh es acercar una toma de decisiones subjetivas a una objetiva y cuantitativa

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control (Teoría General del Sistema, 2010).

Figura 1.12 Ejemplo de matriz Pugh

CRITERIOS	Peso	CONCEPTOS (Alternativas de diseño)						
		Referencia	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5	Diseño 6
Peso del calzado	2	REF	-1	-1	-1	1	-1	-1
Diseño anatómico	2	REF	0	1	1	-1	0	1
Duración de suela	3	REF	1	0	1	-1	1	-1
Disponibilidad de colores	0,5	REF	-1	-1	0	1	-1	0
Precio	1	REF	1	-1	1	-1	0	1
Suma positivos (+)			2	1	3	2	1	2
Suma negativos (-)			2	3	1	3	2	2
SUMA GENERAL			0	-2	2	-1	-1	0

Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.22 FMEA.

Diseñado originalmente para abordar cuestiones de seguridad, el análisis de efectos y modos de falla (FMEA) ahora se utiliza en toda la industria para prevenir una amplia gama de problemas de procesos y productos. Útil tanto en el diseño como en la fabricación de productos, el FMEA puede identificar mejoras tempranamente cuando los cambios en los productos y procesos son relativamente fáciles y económicos de realizar. Libro the basic of FMEA autores Robin McDermott, Raymond J. Mikulak, Michael Beauregard.

El Análisis de Modo y Efectos de Fallas (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA) es una herramienta utilizada para evaluar la confiabilidad de los sistemas e identificar posibles fallas en un proyecto, proceso, producto o servicio. De este modo, es posible definir un plan para corregir proactivamente estas fallas y evitar así sus impactos negativos.

El FMEA es un método inductivo en el que se pregunta: “Si se produce esta falla, ¿qué podría suceder?” La intención es que la probabilidad estimada de que se produzca la falla se reduzca al máximo eliminando sus causas fundamentales. Esta herramienta funciona como un resumen de conocimientos, permitiendo la creación de un historial basado en experiencias anteriores con productos/procesos similares y permitiendo el uso de esta información en futuras mejoras.

El uso del FMEA permite eliminar las fallas de forma sistemática, lo que se traduce en un aumento de la confiabilidad del servicio prestado y en una mayor seguridad y satisfacción de los clientes. Su aplicación tiene un impacto directo en el rendimiento financiero de la empresa, ya que minimiza o elimina posibles fallas en los procesos de producción.

Figura 1.13 Ejemplo de un FMEA

Función Descripción	Modo de falla	Efecto	S	Causa	O	Medida control actual	D	C	PR	Cr
Finalización de la cara inferior	Altura mayor o menor que en especificaciones	Problema de humos. Problema de combustible	6	Ajuste incorrecto. Retirada de material incorrecta.	2	Planos. Instrucción de trabajo. Inspección inicial.	3	NO	36	12
Diámetro del inyector	Mayor profundidad del diámetro de la boquilla	Cambios en el punto de inyección puede dar un mayor consumo	6	La cara en reposo del tapón es irregular o está confinada en medio de la cara de control	3	Planos. Instrucción de trabajo. La pieza maestra de profundidad se ajusta.	3	NO	54	18
Finalización de la cara superior	Planeidad fuera de especificaciones.	Problema de encaje. Problema funcional.	6	Ajuste incorrecto. Uso de herramientas incorrectas.	2	Planos. Instrucción de trabajo. Inspección inicial.	1	NO	12	12

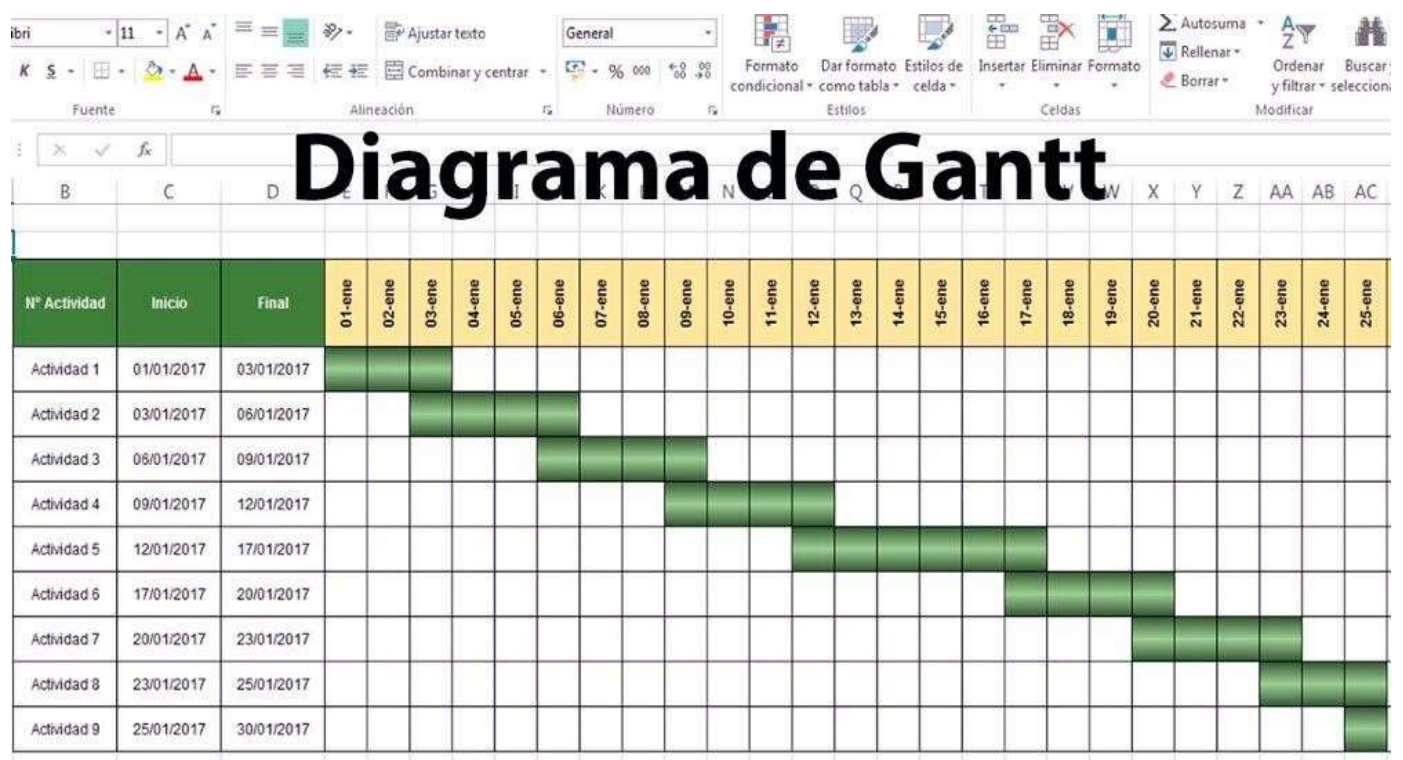
Severidad (S): 6 – El producto se mantiene operativo pero hay pérdidas de funcionalidad. Descuento del cliente final.
 2 – Baja.
 3 – Baja.
 Ocurriencia (O): 3 – Alta probabilidad de detección.
 1 – Extrema probabilidad de detección. Se puede corregir antes de hacer el prototipo.
 NO – No está relacionado con Seguridad o Regulación legal
 Detección (D): 1
 Clasificación (C): NO
 Prioridad de riesgo (PR): PR = S x O x D
 Críticidad (Cr): Cr = S x D

Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.23 GANTT

La definición del diagrama de Gantt es muy simple. Es un gráfico de barras con dos ejes: uno horizontal y otro vertical. El primero se usa para definir fechas de inicio y finalización, mientras que el segundo se usa para presentar tareas.

Figura 1.14 Ejemplo de diagrama de Gantt

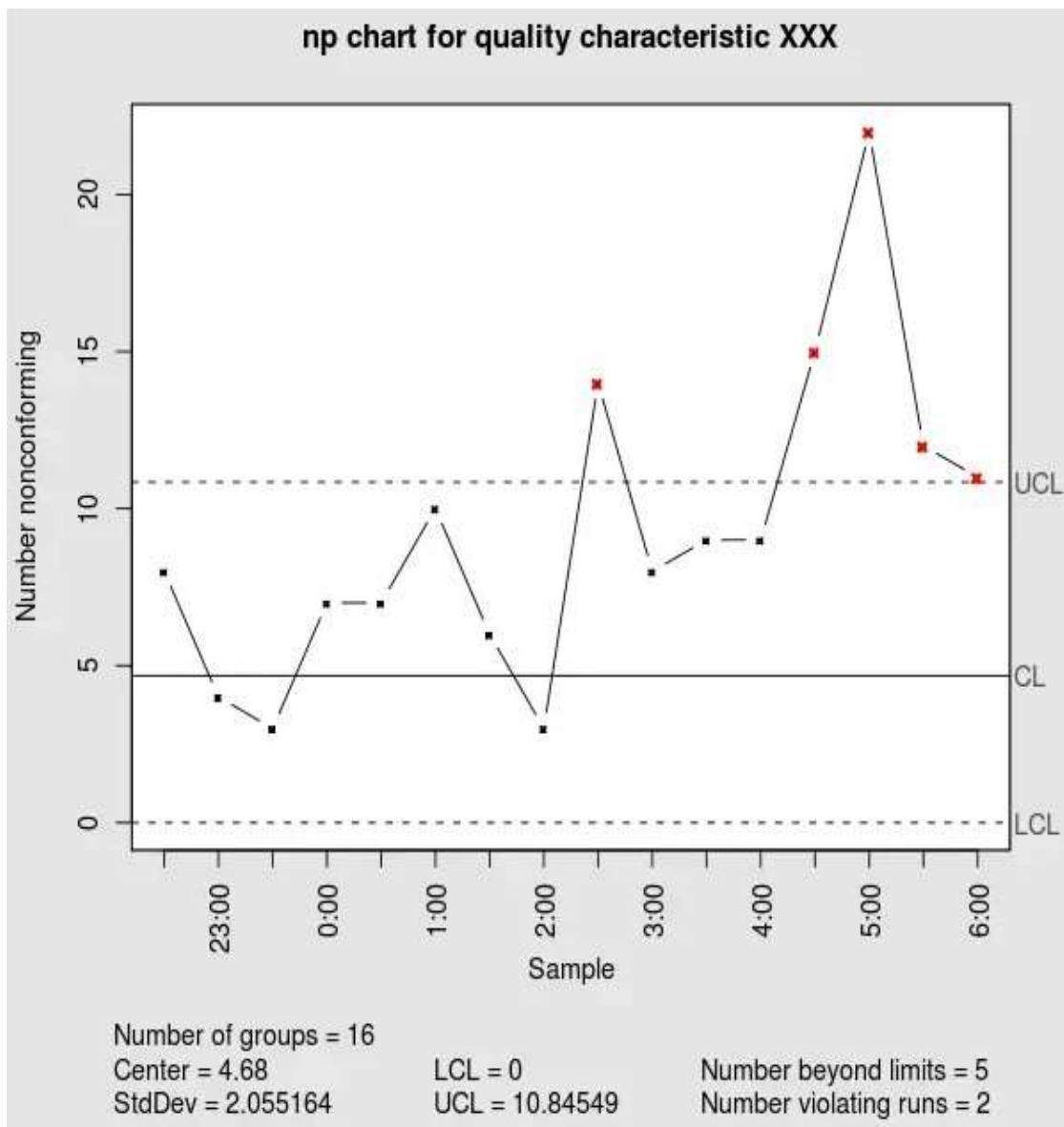


Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.24 Gráfico NP

Un gráfico NP permite a un investigador realizar un seguimiento de si un proceso de medición está dentro de los límites o «fuera de control». Registra el número de unidades no conformes o instancias defectuosas en el proceso de medición.

Figura 1.15 Ejemplo de gráfico NP



Fuente: Internet Microsoft Bing

2.1.25 Prueba de hipótesis

En estadística, la prueba de hipótesis es un procedimiento usado para comprobar cuán acertada es una conjetura acerca de una población. Dichas conjeturas se llaman hipótesis, que en principio se toman como verdaderas, hasta que alguna evidencia lo confirme o desmienta.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se verá los detalles más importantes de la empresa médica, donde se realizará el estudio.

2.2.1 Visión / Misión

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente:

Visión

Nuestra visión es ser la operación más productiva liderando transferencias de productos a través de continuo entrenamiento de nuestra gente, bajo un sistema de calidad, autosuficiente, manteniendo un ambiente adaptable, feliz y respetuoso.

Misión

Ser líder absoluto en la producción, comercialización, distribución y dedicación a la investigación, desarrollo y comercialización de tecnología neuro endovascular que proporcionan una mejor calidad de vida a los pacientes.

2.2.2 Antecedentes históricos

Fue fundada en 1997 y se dedica a la creación de dispositivos médicos y es pionera en el país en el desarrollo de tecnologías neuro endovasculares que proveen ventajas terapéuticas a los pacientes con aneurismas cerebrales y otras enfermedades neuro

endovasculares. Cuenta con el respaldo internacional de la compañía japonesa dedicada también al desarrollo de dispositivos médicos.

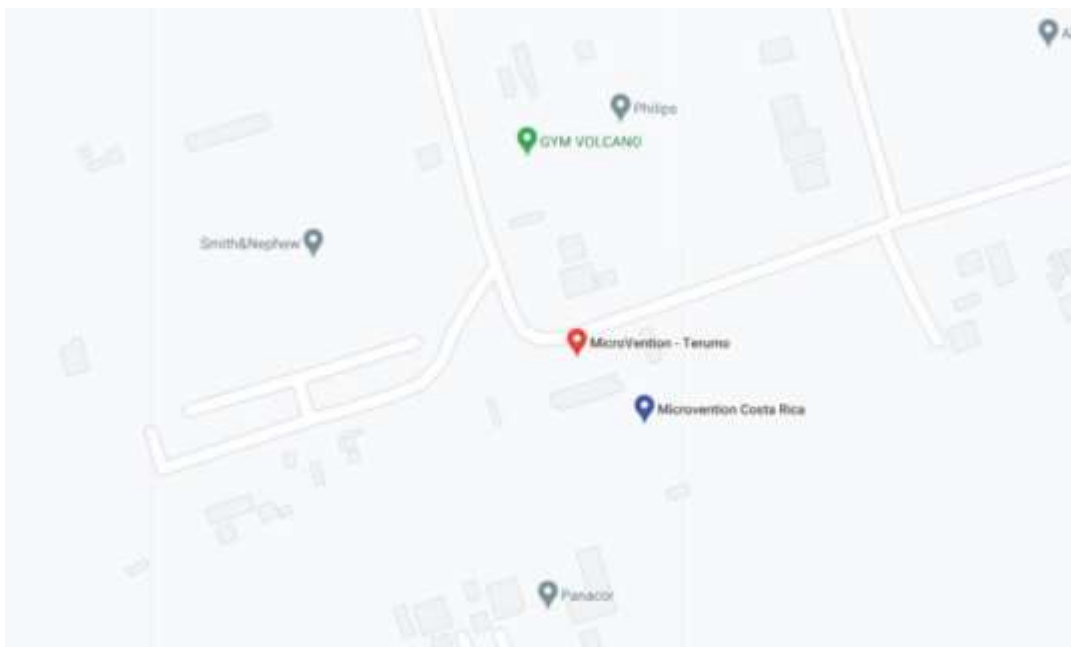
Dedica a la investigación, desarrollo y comercialización de tecnología neuro endovascular que proporcionan una mejor calidad de vida a los pacientes. La casa matriz está localizada en Tustin, California y ésta es la primera operación que la empresa establece fuera de los Estados Unidos. Nuestra visión es ser la operación más productiva liderando transferencias de productos a través de continuo entrenamiento de nuestra gente, bajo un sistema de calidad, autosuficiente.

Se estableció en Costa Rica en el año 2011 se inició con 100 empleados, actualmente tiene 2000 empleados.

2.2.3 Ubicación geográfica

A continuación, se adjunta imagen de la ubicación satelital de empresa en estudio.

Figura 2.1 Mapa satelital de la empresa

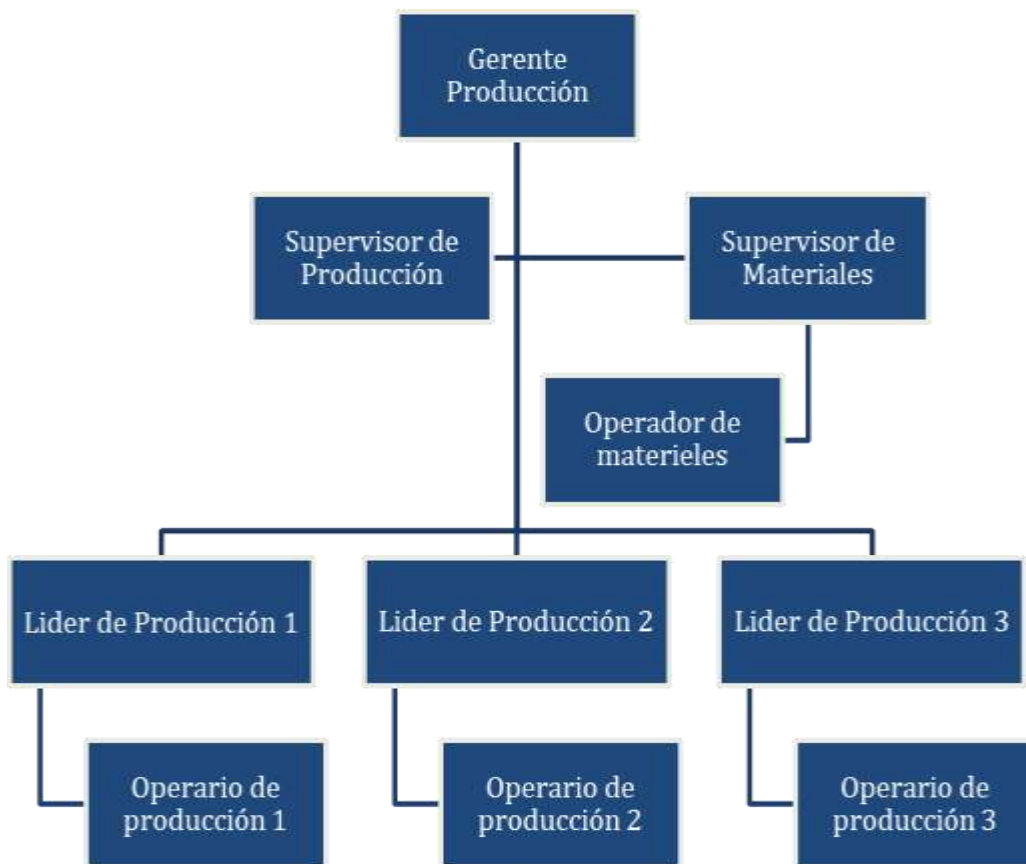


Fuente: Google maps

2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.2 Organigrama de producción



Fuente: Sistema de Empresa médica área de producción.

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 1.1 Cantidad de empleados por área

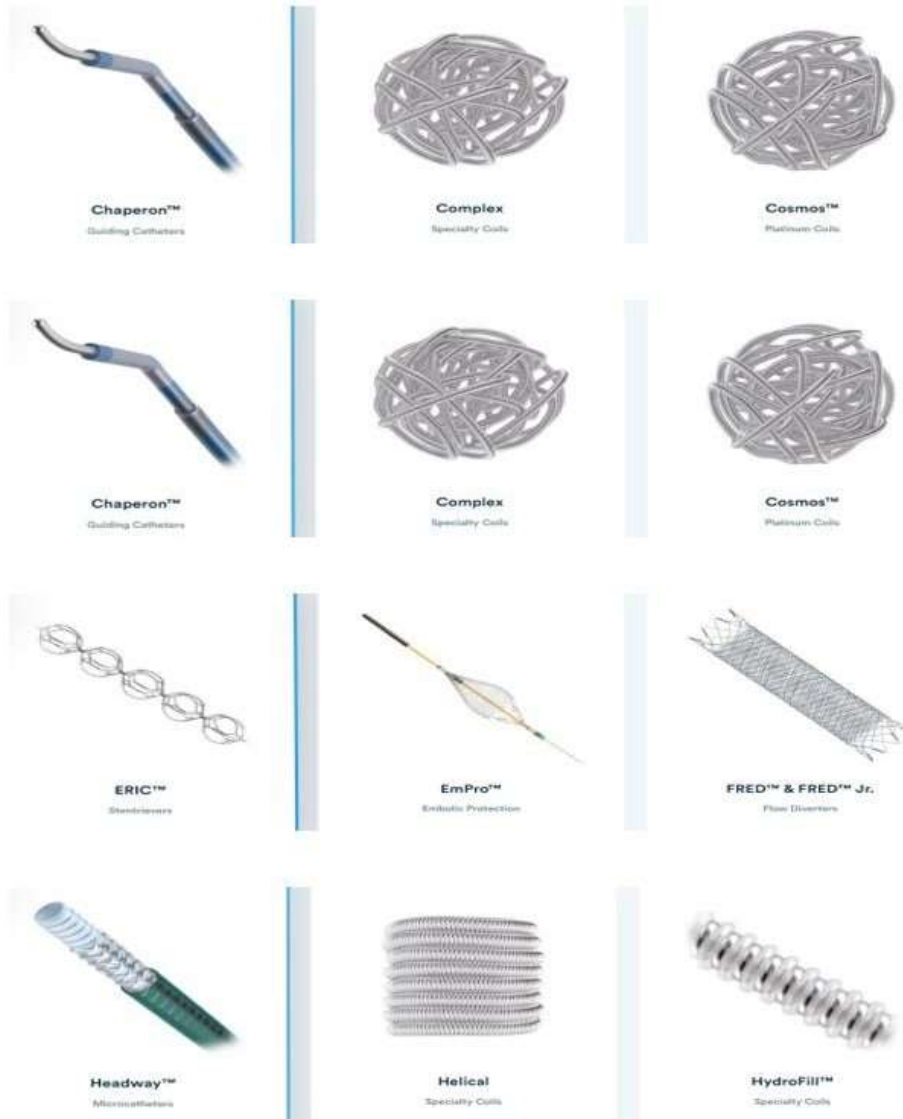
Puesto o Área	Cantidad
Vicepresidente	1
Director General	2
Director General	2
Directores	14
Gerentes	25
Supervisores	32
Líderes	48
Calidad	40
Supply Chain	23
Producción	1650
BEX	14
Ingenieros y técnicos	56
Entrenamiento	50
Seguridad y EHS	28
Finanzas	12
IT y programación	5
Total	2000

Fuente: RRHH de empresa médica.

2.5 Tipos de productos

Productos de la empresa médica en estudio:

Figura 2.3: Productos de la empresa médica parte 1



Fuente: página del sitio web de la compañía

Figura 2.4: Productos de la empresa médica parte 2



Fuente: página del sitio web de la compañía

2.6 Mercado de exportación

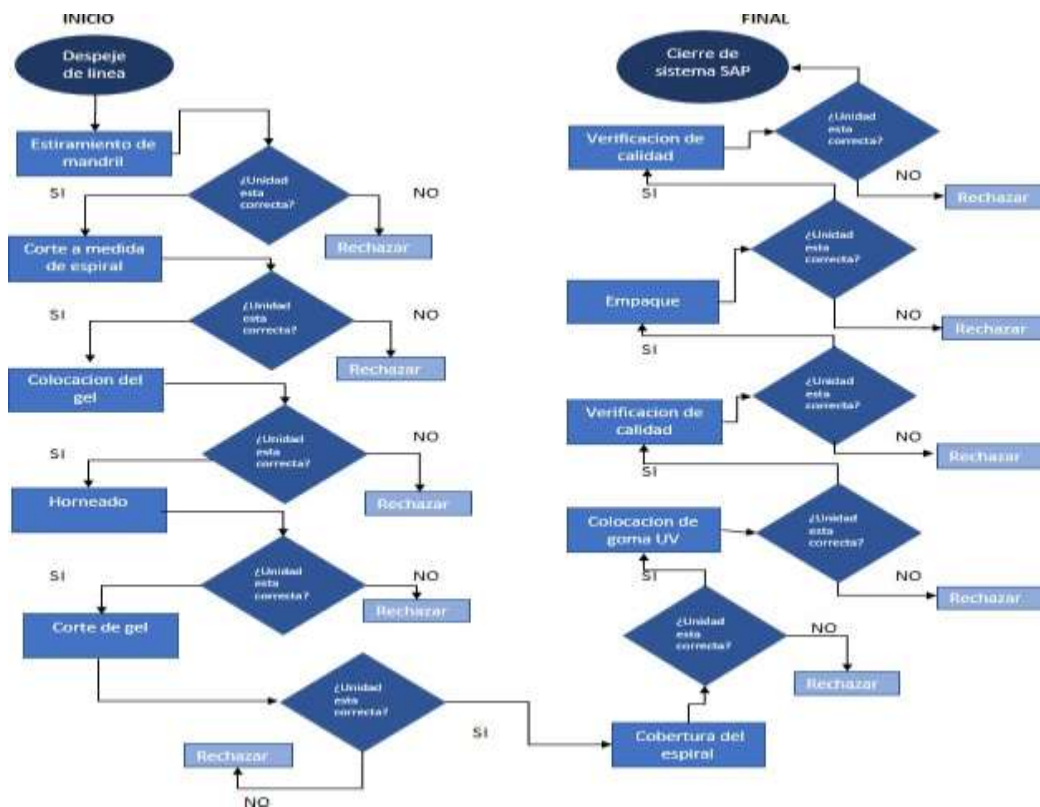
Se ofrecen productos y servicios en más de 160 países y regiones.

Algunos de los que se pueden mencionar son Shanghái, Tokio, Yamaguchi, Kofu, Colombia, Puerto Rico, Chile, España, Francia, Rusia y otros.

2.2.8 Descripción general del proceso productivo de pitones

Diagrama de flujo del proceso en estudio:

Figura 2.5: Diagrama de flujo del proceso de producción de pitones



Fuente: Compañía en estudio

El proceso que está en estudio es el proceso de pitones, estos dispositivos se realizan de la siguiente manera.

Paso 1: Despeje de línea:

Por tratarse de una compañía médica, lo primero que se tiene que realizar es un despeje de línea el cual consiste en despejar de la mesa de trabajo de cualquier documentación que no sea del lote que se esté trabajando, materia prima verificando que estas sean las correctas además de verificar su fecha de vencimiento.

Se deben eliminar todas las partículas de la zona, además verificar el correcto funcionamiento, de que todas las máquinas que se van a utilizar lo cual se realiza observando las fechas de las etiquetas de PM (mantenimiento preventivo), o la de calibración donde indica cada cuanto tiempo debe realizarse las tareas respectivas. Cabe mencionar que siempre es bueno después de realizar el despeje, hacer una verificación de que se realizó correctamente, en caso de que no fuera así, se puede volver a realizar.

Paso 2: Estiramiento de mandril:

Luego del despeje de línea se procede con el estiramiento de mandril lo que consiste en tomar un equipo especial (refiérase al anexo 2 figura 8.1) colocar la carrucha de mandril (refiérase al anexo 2 figura 8.2) ya sea de platino o tungsteno, pues eso depende del modelo de pitón que se va a correr. El mandril se carga en el equipo, luego el operador tiene que jalarlo manualmente para que este se estire. En caso de que este no quede completamente recto, se debe realizar un ajuste a los tornillos que son los que dan la direcciones al mandril enderezado.

Luego de estirarse este debe ser cortado a una medida específica sea largo o corto (solo existen dos medidas). Luego pasan por un lavado de agua y alcohol para evitar que estos lleven partículas que puedan causar algún problema de contaminación en los procesos siguientes. Éstos mandriles se almacenan en tubos de ensayo donde se espera su utilización. En caso de que un mandril no cuente con las dimensiones o no esté con el enderezado correcto, este deberá ser rechazado.

Paso 3: Corte de medida de espiral:

Para la siguiente operación de corte de espiral a la medida, se requiere el mandril almacenado en los tubos de ensayo. La utilización de estos mandriles es para dar soporte para mayor explicación antes de este proceso de Pitones pasaron por un proceso anterior donde se les da una forma curva por medio de horneado a una temperatura de 700 grados Celsius.

La utilización del mandril es para servir de soporte cuando este requiere el corte ayudándole a estirarse nuevamente de manera recta y hacer un corte que ayudara a una medida más exacta. Este proceso requiere de una verificación de medida y si la medida de la unidad no es la correcta se debe desechar la unidad completa.

Paso 4: Colocación de gel:

Luego de estirarse la espiral y ser cortado con el soporte del mandril este se inserta en un gel, el cual debe de ir en el medio, por lo que sin el soporte del mandril la operación sería imposible de ejecutar. Cuando el mandril pasa por el centro del gel este se coloca en etanol para la deshidratación del gel. Se debe realizar una verificación de mandril que se encuentre centrado en el gel, este no puede tocar paredes, pues de ser así, tendrá que desecharse.

Paso 5: Horneado:

Cuando ya ha sido insertado en gel y pasó por la deshidratación el proceso siguiente es un horneado al vacío donde se coloca por hasta 24 horas para que el producto quede en el estado requerido donde el gel deja de ser pegajoso y se vuelve en una cobertura dura. Esta cobertura debe quedar de esta manera ya que pasará por el torrente sanguíneo y esto hará que contacto con la sangre y en ese momento volverá a hidratarse. De tener algún fallo el horno este el material que este en el horno deberá ser desechado.

Paso 6: Corte de gel:

Después de ello pasa a una operación llamada corte de gel donde se le hace un corte recto al gel girándose el mismo a 360 grados, donde nuevamente es importante el mandril

porqué sin este el proceso se dificultaría ya que podría ondearse, aunque esté con el gel endurecido, y más bien sin el mandril se podrían causar grietas en el gel.

Este proceso es para dejar una ondulación fuera (llamada también loop) y verificación de que la ondulación cuente con el diámetro correspondiente, ya que estas medidas son críticas para el paciente, pues no todos los aneurismas son del mismo tamaño por lo que no se pueden tratar con las mismas especificaciones todos. Después de realizada la operación se verifica que el producto cuenta con todas las medidas requeridas de no ser así se procede a rechazar la unidad.

Paso 7: Cobertura de coil:

Después se pasa a una operación donde se recubre el gel con un coil más delgado encima para su funcionamiento en el paciente y que se expanda de manera adecuada. La colocación de este coils es muy importante para que el gel tenga una expansión de manera uniforme. Luego de realizado el proceso se debe verificar que este contenga las dimensiones adecuadas entre cada revolución de coil, para su correcto funcionamiento, además que no esté majada o dañada, en caso de tener alguno de los defectos mencionados esta unidad debe ser rechazada.

Paso 8: Colocación de goma UV:

Para el siguiente paso se le agrega goma UV esto para que los filos que pueden quedar expuestos sean cubiertos y no ocasionen daños en las venas de los pacientes. La goma UV tiene ciertas dimensiones que no se pueden superar ya que pueden ocasionar daños en los pacientes y debido a esto se hacen verificaciones si estas no están dentro de las especificaciones se debe rechazar la unidad.

Paso 9: Verificación de calidad:

La industria médica es muy meticulosa, por lo que, aunque en el proceso se realicen verificaciones del producto, siempre es importante que se tenga una segunda revisión para detectar fallas que se pueden dar. Por lo cual, en los pitones se encuentra el proceso de inspección de calidad o verificación de calidad, el cual consiste en una revisión total

de todos los procesos anteriores, donde se verifica al 100% a las unidades. De esta forma, si se detecta alguna unidad con alguna especificación fuera de procedimiento, la unidad se rechazará.

Paso 10: Empacado:

Después de ser revisadas por el inspector de calidad, las unidades pasan a un proceso de empacado donde se colocan las unidades en unos tubos y estos tubos en una bolsa que es sellada al vacío. Además, se debe colocar las etiquetas correspondientes al producto y empacarlas en una caja con sus respectivas instrucciones. Aquí se debe verificar que no lleve partículas o fallas en el sello, de tener algún problema la unidad deberá ser rechazada.

Paso 11: Verificación de calidad:

Después de ser empacada vuelve a ser verificada por calidad esto para garantizar que el empaque es el correcto con la unidad y no hacer llegar al paciente una medida errónea o un empaque ilegible, o bien sin vacío. La verificación es tanto sistemática como visual para que no se den errores en el mercado. De éstas, si se encuentra cualquier unidad fuera de especificaciones o con condiciones no aceptables, se procederá a rechazarla.

Paso 12: Cierre en sistema SAP:

Como último paso para el proceso de los pitones, se realiza un cierre en sistema para poder realizar los envíos a bodega y estos procedan según sea requerido.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación será de carácter mixto, es decir que incluye lo cualitativo y lo cuantitativo. Desde el enfoque cualitativo, se busca o alcanzar un análisis más sistemático e interpretativo de información subjetiva a partir de ideas, acciones y procesos, lo cual se hará de manera lógica y fundamentada en los aspectos teóricos correspondientes. Dicho enfoque cualitativo se llevará a cabo para un medio de estudio más comprensivos de procesos, que no pueden ser cuantificados, pero si interpretados

Con respecto al enfoque cuantitativo, se procura un análisis de información basada en cantidades, es decir, de elementos susceptibles de ser presentados numéricamente, de manera que, para este enfoque, entre otros aspectos se acudirá a la interpretación estadística de todos los datos que surgen del proceso de investigación. Por ejemplo, este enfoque cuantitativo estará más enfocado en tiempos, dimensiones, pruebas, etc.

Se acudirá a ambos enfoques, por qué se comprende que ambos son fundamentales para una más adecuada investigación.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Para estructurar el estudio correspondiente del problema y las variables de esta investigación, se tendrá como apoyo la metodología DMAIC, Por qué se considera la más indicada para el estudio en curso, donde se partirá de definir el problema que existe actualmente, y se continuará con las mediciones correspondientes, para de seguido se realizar el análisis ideal. Tomando en cuenta las posibilidades de mejora observada por los diferentes análisis y se plantearán por último los mecanismos de control de estas posibilidades de mejora convertidas en propuestas.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información utilizadas para realizar la presente investigación fueron tanto primarias como secundarias:

Fuentes primarias

Las fuentes primarias se consideran aquellas en las que se obtiene información que no existía antes de la investigación, tales como la proveniente de entrevistas, encuestas, observación de campo, mediciones, pruebas, experimentos, es decir información y datos de primera mano, y por eso se denominan fuentes primarias.

- Entrevistas: Las entrevistas son importantes ya que de por medio de ellas se obtiene información que no suele estar disponible. Por ejemplo, mediante entrevistas se pueden obtener detalles de procesos o se puede ver lo que es el comportamiento de las pruebas entre un sin fin de información relevante.
- Observación: Al realizarse Gemba se logra una observación meticulosa de los procesos por lo cual, la observación agrega un alto valor a la investigación.
- Unidades de muestreo: Cuando queremos resultados también tenemos que hacer pruebas las cuales pueden darnos un resultado a interpretar, analizar muestras es super importante en un proceso de cambio.
- Experimentos: Tenemos que experimentar nuevas alternativas para tener nuevos resultados por lo que es de suma importancia realizar experimentos para el análisis de nuevos procesos o cambios en los procesos actuales.
- Personal de la compañía: El personal de la compañía también es una fuente que ofrece información y datos al proceso investigativo mediante la evacuación de consultas entre otras cosas, lo cual contribuye a una mayor fiabilidad de los resultados de la investigación

Fuentes secundarias

Se entienden como fuentes secundarias todas aquellas que proveen información existente de previo a la investigación, como tesis, libros, documentos, archivos, memorias, informes, etc.

- Tesis: Para la realización de los antecedentes se revisaron y r diversas investigaciones anteriores
- Documentos de la compañía: La investigación abarca gran cantidad de datos obtenidos de documentos de la compañía, como por ejemplo los relativos a procesos provenientes de los documentos oficiales de la compañía, los cuales explican con más detalle la manera en que se realizan. De allí surgen resúmenes para diferentes secciones del trabajo.
- Recursos tecnológicos: La Internet es esencial para obtener datos e información para ejecutar de estas investigaciones, ya que ofrece acceso ilimitado de las redes de investigación, libros virtuales y bibliotecas virtuales, revistas informativas y más que son de muy alta utilidad.
- Libros: Los libros contienen una gran cantidad de información que es muy útil a la hora de realizar investigaciones.
- Correos: Algunos datos son actualizaciones constantes por lo que, los correos se vuelven en una fuente de utilidad.

3.3.1 Sujetos de información

Para los sujetos de información siguiente encontraremos un Project Charter, con la información del trabajo.

Figura 3.1 Plantilla de Project Charter utilizada para el proyecto

Plantilla de Project charter

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Datos

Empresa	Empresa Medica
Proyecto	evaluación de reducción de tiempos de ciclo por medio de reutilización de mandriles de platino y tungsteno.
Fecha	Marzo 2023
Cliente	Interno
Gerente a cargo	Jesus Madrigal

Sponsors

Nombre	Cargo	Departamento
Maria Mora	Jefe de proyecto	Producción
Fabiola M	Ingeniero de proceso	ingeniería
Erick A	Analista de tiempos	BEX
Wendy C	Ingeniero de calidad	Calidad

PROPÓSITO

Reducción de tiempos para el mejor aprovechamiento del proceso haciendo este más eficiente, además de colaborar con la reducción de gastos en las compras de los mandriles de alto valor

DESCRIPCIÓN

El proyecto consta en la recolección de datos para poder obtener la información necesaria para la creación de herramientas ingenieriles que nos ayuden a tomar decisiones basadas en las mejoras de proceso, que utilizan mandriles.

Fuente: Compañía en estudio

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

La investigación, debido a su enfoque mixto, cuenta con variables cuantitativas y cualitativas, tal como lo dice Galileo Galilei citado por Sabino (1992) “Quién pretende resolver problemas en las ciencias naturales sin ayuda de las matemáticas, emprende una tarea imposible. Hay que medir lo que es medible y volver medible, lo que no lo es.”,

refiere que variable “es cualquier característica o cualidad de la realidad susceptible de asumir diferentes valores”.

Tabla 2.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir el problema actual de la línea de manufactura de Pitones en la empresa médica	Problemática actual	El tiempo y dinero invertido en procesos que no agregan valor a los productos.	Mediante la valoración de tiempos y de defectos, además de costos.	FODA Kaizen Lluvia de ideas GEMBA 5 ¿Por qué?
Medir el proceso actual de la línea de producción de Pitones en la empresa médica	Medición	Por medio de variables cuantitativas se realiza la medición de los procesos.	Se realiza la medición de tiempos y variables cuantitativas de los procesos por medio de las herramientas ingenieriles	Multivoto Gráfico de Pareto Diagrama de Ishikawa Gráfico de barras Gráfico circular Toma de tiempos
Analizar mediante herramientas ingenieriles	Analizar	Determinación analítica de los procesos donde se ejecutan operaciones con mandriles	Analizar la investigación total para obtener un resultado	Diagrama de Pugh Prueba de hipótesis Gráfica NP FMEA

Fuente: Autora

3.5 INSTRUMENTOS

Para la presente investigación, resultan de suma importancia los instrumentos que se utilizan ya que son medios primordiales para obtener datos y números desde las fuentes que nos llevarán a analizar y tomar decisiones que tomarán el curso del proyecto hacia donde realmente es favorable.

Entre los instrumentos utilizados en esta investigación están fotografías, planos, registros, documentos formales, documentos informales, entrevistas, reuniones grupales y recorridos (gemba). Todos estos instrumentos ayudan para el desarrollo del presente proyecto , permitiendo obtener información valiosa para la investigación de las variables.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la recolección de datos en este proyecto, se realizaron diferentes actividades de gran ayuda, como lo fueron el llenado de formularios informales y los documentos que se anotaban resultados del comportamiento de los mandriles al ser usados una u otra vez.

También se realizaron reuniones para dar inicio al proyecto, para generar lluvia de ideas y obtener claridad de lo que se quería implementar, que fuera rápido, sostenible y a la vez, de bajo costo para la compañía. También es importante mencionar que siempre se tomó en cuenta que se trabaja para los pacientes, por todo lo que se toma de decisión de no realizar acciones que produzcan efectos secundarios. También se entrevistó al personal por medio de la metodología de los 5 ¿Por qué? (5w-h)

Tabla 2.2 Variables de la investigación por objetivo específico

Plan de recopilación de datos						
Herramientas	Variable	Definición Operacional	Comunicación	Fiabilidad	Fuente de dato	Responsable
Kaizen	Cualitativa y cuantitativa	Reunion Grupal	Verbal	Buena	Ingenieros, supervisores	Maria Mora
Formularios informales de entrevista	Cualitativa y cuantitativa	Entrevista	Verbal	Buena	Operadores	Maria Mora
Sistema de la compañía	Cualitativa y cuantitativa	Documentos oficiales	Visual	Buena	Compañía	Maria Mora
Office	Cualitativa y cuantitativa	Documentos informales	Visual	Buena	Ingenieros, supervisores	Maria Mora
Ficha de observación	Cualitativa	Gemba	Visual y verbal	Buena	Ingenieros, supervisores	Maria Mora
Capacitool	Cualitativa y cuantitativa	Sistemas oficiales	Visual	Buena	Compañía	Maria Mora
Cámara	Cualitativa	Fotografías	Visual	Buena	Supervisor	Maria Mora
Winchill	Cualitativa y cuantitativa	Registros	Visual	Buena	Compañía	Maria Mora
Winchill	Cualitativa y cuantitativa	Planos	Visual	Buena	Compañía	Maria Mora

Fuente: Compañía en estudio

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DEFINIR

Durante esta etapa se determinaron las necesidades de la compañía y el problema sobre el que se está trabajando por medio un FODA, el cual se realiza en la línea de producción con más demanda a nivel internacional. Para el proceso se realizó un recorrido en el piso de producción de la compañía que realiza productos médicos.

Este, más que un simple recorrido, se puede decir que fue un proceso de observación, en el cual se realizan los cuestionamientos y conversaciones por parte de los ingenieros de calidad e ingenieros de manufactura, acompañados de seguridad y producción para obtener información importante que será evaluada con el uso de técnicas de investigación como lo son la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, el FODA, el diagrama de Pareto, entre otras herramientas muy importantes para el estudio inicial.

El proyecto es realizado en la línea de producción que construye pitones en una empresa médica dedicada a la realización de dispositivos para evitar complicaciones con aneurismas. La línea de pitones fue elegida después de observarse que es una operación que puede tener un cambio importante en sus tiempos y sus costes ayudando así mismo a hacer un producto más barato por lo que se pueden realizar grandes cambios de alto impacto para la compañía.

Se realiza una evaluación de tipo FODA en la línea de producción de pitones al ser esta una que línea que llama mucho la atención a la compañía debido a su alta demanda al mercado.

Figura 4.1 FODA de la compañía

FODA	
Fortalezas Casi nulas las quejas del cliente Equipos en buen estado Mucha demanda Poca competencia Producto de calidad	Oportunidades los cambios en procesos duran mucho tiempo Poca automatización
Debilidades El procedimiento no es claro Desperdicio de materiales muy costosos Documentación en otro idioma Cortos de materia prima por parte de proveedor Poca concentración Complejidad en procesos específicos	Amenazas Mejores competencias salariales en otras empresas

Fuente: Compañía en estudio

A continuación, se presenta un resumen del análisis FODA realizado.

Con respecto a las fortalezas se puede apreciar que el área de pitones cuenta con estándares muy elevados ya que su producto es de calidad, y lo que reafirma el hecho de inexistencia de quejas en el cliente. Los equipos siempre tienen un buen seguimiento, por lo que esto no es un problema. Además, la demanda es fuerte, y no cuenta con competencia para estos productos.

Con respecto a las debilidades, se puede determinar que existen varios factores que se deben revisar uno a uno para evaluar el peso de cada uno de ellos, pero que sí se reconoce la existencia de debilidades que se deben trabajar como compañía.

En cuanto a las oportunidades, lo que más se puede observar es que los cambios tienen duraciones muy extensas para que sucedan y que no se cuenta con procesos automatizados, sino que son muy manuales.

Por último, respecto a las posibles amenazas existentes, son la competencia de la industria médica, que está ofreciendo salarios más altos que los que se tienen actualmente en esta compañía y esto generan un alto nivel de rotación en el personal.

La problemática identificada en la compañía es de la utilización del tiempo efectivo y los costos elevados de los consumibles que se utilizan en la industria médica, respecto a materiales que se utilizan porque son de los pocos materiales que acepta el cuerpo humano.

Observando las líneas de producción se detectó que una de las líneas de producción que puede llevar a cabo una mejora significativa es la línea de producción de pitones y los que más han reportado esta ineficiencia a sido los clientes internos, es decir, los operadores, que realizan día con día el proceso.

Actualmente se realizan 120 unidades diarias que consumen mandriles que se desechan, aunque estén en perfectas condiciones. Estos mandriles desechados llevan un proceso posterior que abarca tiempo en los operadores además de también tener un alto costos para la compañía. Por consiguiente, se realiza una lluvia de ideas para poder realizar el estudio preliminar de la problemática.

Durante esta etapa se miden los impactos del problema en la compañía médica en estudio para así tener datos importantes para luego pasar a la siguiente fase de análisis.

La construcción de pitones involucra un material que es de alto valor y no es un componente de la unidad producida, sino que es un consumible que se retira después de su usaje, y así se logró detectar que el proceso de pitones es un área de estudio en la que se pueden desarrollar mediciones para evaluar las necesidades que esta línea tiene para alcanzar una mayor efectividad.

Después de realizar observaciones en diferentes líneas de producción, se procede a una reunión kaizen para evaluar la problemática que se tiene en pitones y a partir de la reunión

se logra determinar que tiene posibilidades de mejoras de eficiencia y de costos al tener un mandril diseñado de platino y uno de tungsteno, los cuales son materiales escasos y de alto valor.

Un vez realizada la reunión kaizen donde surgen ideas que se van a valorar posteriormente a través de la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa y más durante por dos días y se determina que el proceso de pitones será revisado y que se realizará la recolección de datos para el análisis correspondiente, para finalmente tomar decisiones.

Debido a lo anterior se llevó a cabo una reunión kaizen para hacer una pequeña proyección y así tener más claro si es posible iniciar con el proceso. Después de dos días en la reunión, se concluye que se va a iniciar con la definición del problema y como atacarlo en lo que es el área de pitones.

El primer paso que se realiza es una lluvia de ideas, en la cual se empieza a tener un desglose de ideas que se intentarán llevar a un sentido lógico para la construcción de posibles soluciones ante la problemática de la ineficiencia del personal en sus tiempos, y en la mejora de los costes de la compañía.

Problema: La línea de Pitones tiene oportunidades de mejora en cuanto a la reutilización de mandriles que se trabajan para el soporte y así a su vez con la eficiencia actual que puede mejorar con la reducción de tiempos mejorando los procesos vigentes.

Lluvia de ideas:

1. Componentes de consumibles no aptos: Si los compuestos del mandril que es platino o tungsteno deben ser remplazados por un material de un menor costo como lo es el iridio, puede generar una disminución significativa en lo que es los costos del producto.

2. No se reutiliza materiales en buen estado: Reutilizar el mandril en varias ocasiones puede ayudar en cuanto a tiempos para no tener que realizar procesos posteriores además de ayudar en la disminución de compras, lo que se reflejaría en ganancia para la compañía.
3. Poca mano de obra: Se ve reflejado que no se cuenta con mucho personal para estas operaciones y que la cantidad de personas en estas líneas es menor a otras líneas de producción.
4. Pocos inventarios: Si los inventarios de actividades de rectificación o enderezado de mandril aumentara se podría cambiar los mandriles con facilidad.
5. Falta de capacitación al personal: La falta de experiencia en el operador como una falta de capacitación que puede generar defectos.
6. Producto con alto grado de dificultad para realizarse
7. Flujo incorrecto: No se esté llevando las operaciones de manera correcta, y puede que se deba hacer el estiramiento de mandriles en la estación de colocación.
8. Muchos pasos en el proceso: Existe posibilidad de omitir pasos como la colocación del mandril para un mejoramiento de tiempo efectivo.
9. Exceso de verificaciones: Se analiza la posibilidad de reducir las verificaciones, para ganar tiempo.
10. Falta de entrenamientos cruzados: Entrenar más personal que se encuentra en la compañía para así tener mejores resultados, a la hora de la rotación.

11. Pocos proveedores validados: Se tiene solo dos proveedores validados para la realización de este mandril que viene en carrucha, si se valida alguno que entregue el material listo.
12. Diseño incorrecto de mandril: Si el mandril hubiera sido construido en los planos de manera correcta con las especificaciones los proveedores lo entregarían así.
13. Falta de equipos para automatizar: Si existe un equipo para enderezar el mandril y cortarlo de manera automática.
14. Utilización de herramientas innecesarias: Si el mandril no se usa, para sí ahorrar tiempo en procesos anteriores.
15. Tiempos prolongados de comida: El personal tiene un receso de alimentación muy amplio.
16. Pocas estaciones: Solo existen dos estaciones de proceso por cada operación. Ha excepción de colocación de gel (hay 5 estaciones)
17. Tiempos de ciclo alterados: Los tiempos no se tomarán con el personal adecuado siendo este muy experto o inexperto.
18. Dimensiones de mandril incorrectas: El grosor del mandril no es el correcto por lo cual se daña con mucha facilidad.
19. Mucho personal en entrenamiento El personal en entrenamiento no es experto en el proceso por lo que se puede equivocar
20. Alta rotación: Al existir alta rotación no se tiene personal experto en las estaciones de trabajo, y esto genera que los tiempos sean más prolongados de lo que deben ser.

Después de realizado el kaizen se procede a archivar la información y se toma la decisión de realizar el gemba se logra observar del proceso y también se da la revisión de documentos que pueden ayudar con la valoración, como es el caso de los documentos que indican cuál de estas ideas requieren validación de la línea de producción, cuáles son las especificaciones y si es viable cambiarlas.

En el gemba también se realizan consultas a los operadores, como entrevistas, para así poder tener más claro cuáles son las ideas que ellos ven más viables ya que ellos son las personas que día a día trabajan realizando estos dispositivos médicos.

En la realización de gemba se entrevista a los operadores con la consulta del 5 ¿Por qué? que se realizan a 3 operadores distintos para obtener resultados que pueden ayudar con la definición de la posible solución ante el problema que tenemos en la línea de producción de pitones:

Operador entrevistado; Hilary Rojas

1. ¿Por qué crees que tenemos poco tiempo eficiente en la operación de pitones?

Porque no nos escuchan.

2. ¿Por qué no los escuchan?

Porque necesitamos un cambio en el procedimiento

3. ¿Por qué necesitan un cambio en el procedimiento?

Porque el procedimiento no es claro

4. ¿Por qué el procedimiento no es claro?

Porque no especifica

5. ¿Por qué no especifica?

Porque no dice si podemos reutilizar el mandril.

Operador entrevistado; Andrea Ruiz

1. ¿Por qué crees que tenemos poco tiempo eficiente en la operación de Pitones?

Porque no evalúan lo que se debe evaluar

2. ¿Por qué no se evalúa lo que se tiene que evaluar?

Porque no hacen estudios de tiempos

3. ¿Por qué no hacen estudios de tiempos?

Porque toman el tiempo, pero no lo analizan

4. ¿Por qué toman tiempo y no lo analizan?

Porque no se dan cuenta que hacemos más cosas de las que son necesarias

5. ¿Por qué no se dan cuenta que hacen cosas que no son necesarias?

Porque tenemos que hacer procesos que se pueden evitar usando más veces los materiales.

Operador entrevistado: Luisa Mena

1. ¿Por qué crees que tenemos poco tiempo eficiente en la operación de Pitones?

Porque los ingenieros no actúan

2. ¿Por qué los ingenieros no actúan?

Porque no hacen análisis de nuestro proceso

3. ¿Por qué no hacen análisis de sus procesos?

Porque se enfocan en otras reducciones y no las que tienen valor

4. ¿Por qué se enfocan en otra reducción y no las que tiene valor?

Porque no se han dado cuenta que Pitones es un proceso que puede generar ganancias

5. ¿Por qué no se han dado cuenta que Pitones es un proceso que puede generar ganancias?

Porque no han realizado los estudios.

A continuación de las entrevistas de 5 ¿Por qué? se toman estos datos en consideración para el estudio, más aún, en atención al hecho de que los trabajadores siempre tienen ideas innovadoras. Después del gamba, se toma la decisión de realizar un plan de recolección de datos el cual se puede observar a más detalle en la pág. 53, de este documento.

4.2 MEDIR

Realizada la lluvia de ideas, se procede a efectuar un multivoto para así lograr nueva información valiosa. Este multivoto se realiza en la compañía en estudio tomando en cuenta la opinión de algunos colaboradores y obteniendo los siguientes resultados.

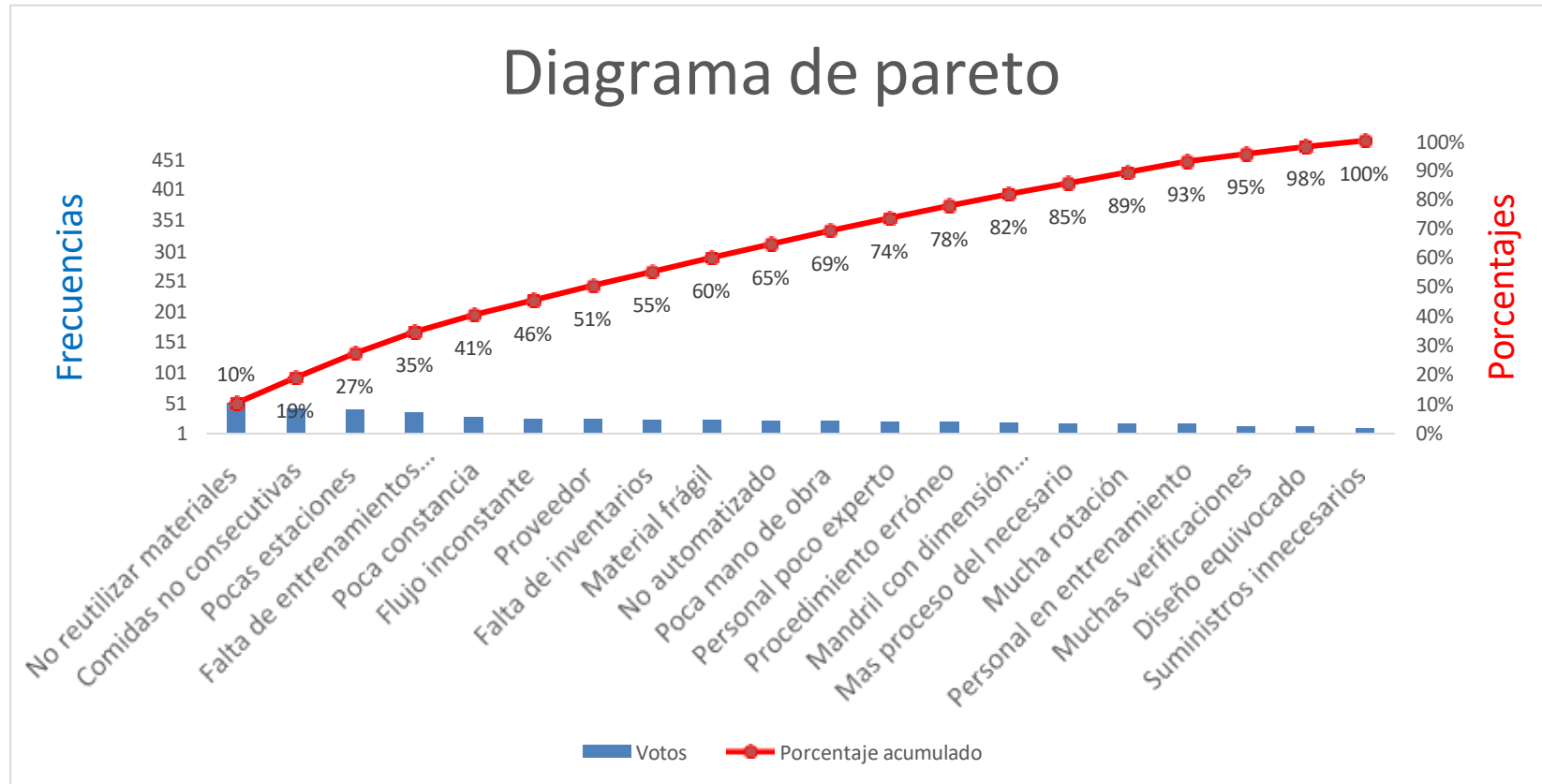
Tabla 3.1 Variables de la investigación por objetivo específico

Problemas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Votos	Frecuencia relativa	Porcentaje acumulado
No reutilizar materiales	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	10%	10%
Comidas no consecutivas	5	4	5	4	4	4	4	4	3	5	42	9%	19%
Pocas estaciones	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	40	8%	27%
Falta de entrenamientos cruzados	4	3	4	3	4	5	3	3	3	3	35	7%	35%
Poca constancia	3	3	2	4	3	3	3	2	2	3	28	6%	41%
Flujo inconstante	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	24	5%	46%
Proveedor	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	24	5%	51%
Falta de inventarios	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	23	5%	55%
Material frágil	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	23	5%	60%
No automatizado	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	22	5%	65%
Poca mano de obra	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	22	5%	69%
Personal poco experto	2	3	3	2	1	1	3	2	2	2	21	4%	74%
Procedimiento erróneo	2	2	2	3	2	3	1	1	1	3	20	4%	78%
Mandril con dimensión equivocada	2	2	2	2	2	3	1	2	2	1	19	4%	82%
Mas proceso del necesario	3	4	1	1	1	1	1	1	1	4	18	4%	85%
Mucha rotación	5	2	1	2	3	1	1	1	1	1	18	4%	89%
Personal en entrenamiento	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	4%	93%
Muchas verificaciones	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	12	2%	95%
Diseño equivocado	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	12	2%	98%
Suministros innecesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	2%	100%

Fuente: Compañía en estudio

Con base al multivoto, de seguido se realiza un diagrama y análisis de Pareto para la búsqueda del el 80/20 y así lograr tomar decisiones importantes basadas en los datos y resultados.

Figura 4.2 Diagrama de Pareto de problemas del proceso de Pitones



Fuente: Compañía en estudio

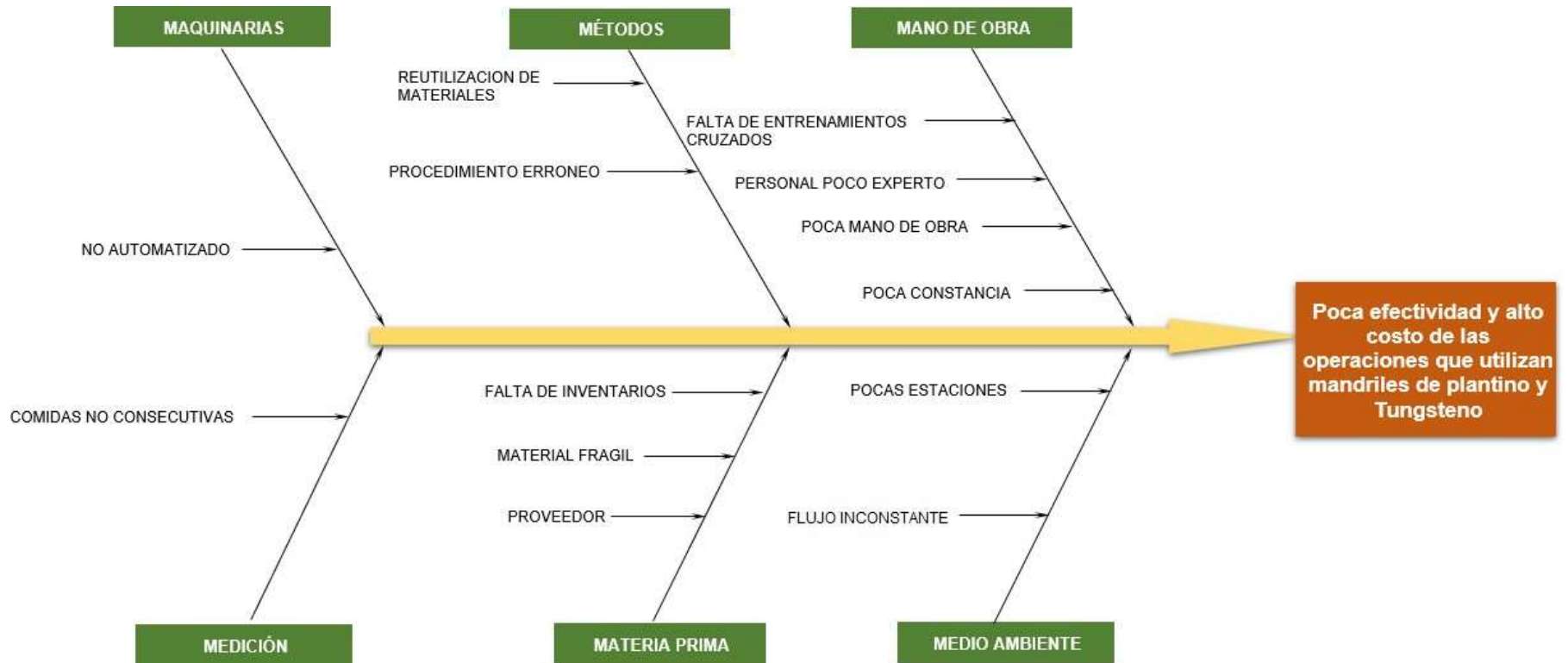
Partiendo del análisis del diagrama de Pareto realizado, se encuentra que las primeras 13 líneas de problemas son las más importantes tomando en cuenta el estudio de 80/20 donde se demuestra que éstas 13 líneas están dentro del porcentaje importante para el estudio;

1. No reutilización de materiales
2. Comidas no consecutivas
3. Pocas estaciones
4. Falta de entrenamientos cruzados
5. Poca constancia
6. Flujo inconstante
7. Proveedor
8. Falta de inventarios
9. Material frágil
10. No automatizado
11. Poca mano de obra
12. Personal poco experto
13. Procedimiento erróneo

Una vez realizado el análisis de Pareto y ver cuáles son las 13 ideas vitales para utilizar en el proyecto, se decide realizar un diagrama de Ishikawa para observar más detenidamente la necesidad y cuál será la principal que encabezará el proyecto llevando a si a los resultados deseados por la compañía.

A continuación, se podrá observar el resultado del diagrama de Ishikawa desarrollado. Con la verificación correspondiente de dicho diagrama se determina que la reutilización de materiales es la causa más atribuyente y el cual será tema de estudio.

Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa de los problemas del proceso de pitones



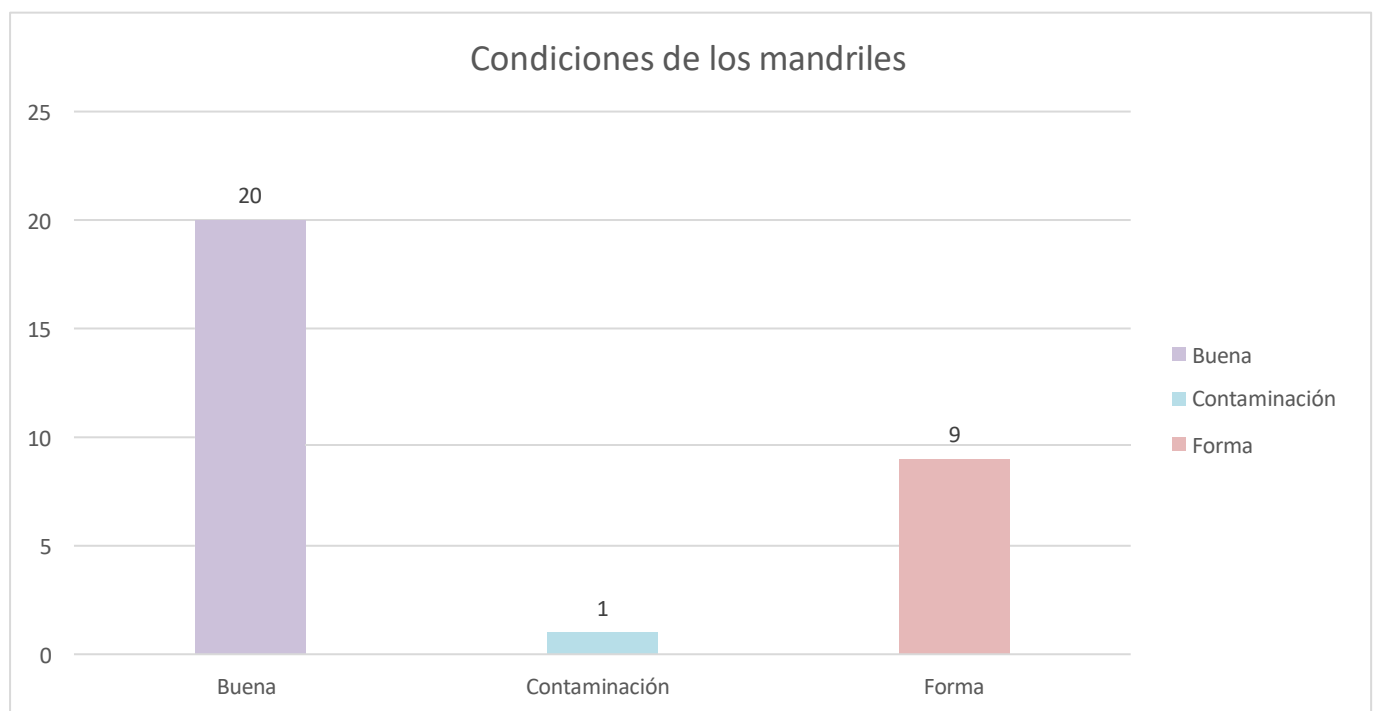
Fuente: Compañía en estudio

Para el proyecto se realiza una recolección de datos cuantitativos, lo cuales brindan una visión de métrica de los detalles.

En la realización de pruebas de 30 mandriles por 10 usajes cada uno, se logra determinar como resultado del muestreo de 300 mandriles, que de los 30 que se usaron para el estudio, 20 lograron dieron resultados positivos (unidades buenas) sin embargo en el muestreo realizado se dan dos defectos que son contaminación con 1 desecho y forma, lo que significa que el mandril se ha doblado por lo cual ya no se puede utilizar más, esto con un resultado de 9 unidades.

Lo antes mencionado se puede observar en el gráfico siguiente:

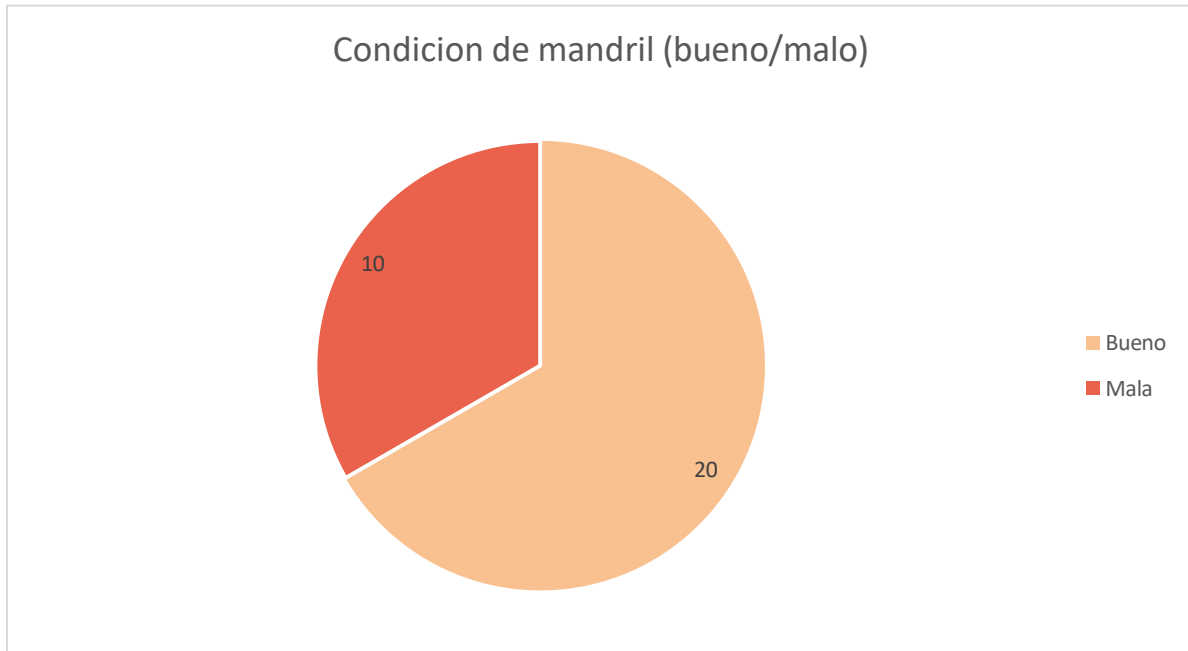
Figura 4.4 Gráficos de barras de las condiciones de los mandriles



Fuente: Compañía en estudio

También, se puede observar el siguiente gráfico para ver los resultados de las unidades buenas y unidades malas

Figura 4.5: Condición de mandril en pruebas



Fuente: Compañía en estudio

Aquí se logra determinar que existen 20 unidades buenas, sin ningún problema después de ser utilizadas por 10 veces y que 10 unidades no dieron los resultados esperados convirtiéndose en desecho en el proceso.

Para lo que es la definición de la muestra, se ejecuta un estudio basado en estadística, por medio del cual se determina el n óptimo con base en que para la producción diaria estimada es de 1365 unidades, tomando en cuenta un nivel de confianza de 95% ($Z=1.96$) y un error estimado máximo aceptado de un 5%, da como resultado un $n = 299.96$, por lo cual se procede a realizar el estudio con un muestreo de 30ea usándose 10 veces siendo así la muestra final de 300 unidades.

Para más detalle en cuanto a los cálculos realizados refiérase a la imagen siguiente:

Figura 4.6 Análisis estadístico de n óptimo

Parametro	Valor
N	1365
Z	1.96
P	0.5
Q	0.5
e	5%

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n=	299.96
----	--------

Nivel de confianza	Z _{α/2}
99.7%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.674

Fuente: Compañía en estudio

Por medio de la información expuesta en el cuadro anterior, se logra demostrar que el análisis de las 300 muestras se encuentra de acuerdo con el análisis del n óptimo 299.66.

Con base a los resultados en los tiempos tomados, se realiza un análisis de tiempo para tener claro cuál puede ser el beneficio de este proyecto enfocándonos en tiempos:

Se recolectan los tiempos de cada estación a detalla con un muestreo de 1530 datos ya que, de cada subproceso se mapean siendo en total 52 por 30 veces recolectando en total 1530 datos como se menciona anteriormente, tomando en cuenta que esta es la cantidad de muestras que se toma en la compañía que se está realizando este proyecto (refiérase tablas 4.1 - 4.12). También cabe mencionar que se puede hacer el análisis

estadístico para corroborar que las muestras con las que se cuenta son suficientes, este se realizara por medio de n óptimo para una población infinita donde tendremos un nivel de confianza de 95% y un 5% de error, arrojando así los siguientes resultados:

Figura 4.7 Análisis estadístico de n óptimo (tiempos)

Parametro	Valor
Z	1.96
P	0.5
Q	0.5
e	5%

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

n=	384.16
----	--------

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Fuente: Compañía en estudio

Así, se obtiene como resultado que, la muestra utilizada es aún mayor a la muestra recomendada, al ser n óptimo 384 y se recolectan 1530 datos. También cabe mencionar que no se hace la proporción estadística porque la decisión de la compañía es la de recolectar el total de datos basados por el sistema interno.

Tabla 4.1 Toma de tiempos para el proceso despeje de línea

Despeje de línea	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T 27	T 28	T 29	T 30	Promedio
Revisión de documentos	20	22	25	30	22	23	24	22	25	17	22	23	25	23	25	24	23	35	22	24	19	20	21	22	21	22	25	23	25	23	23
Revisión de registros de entrenamientos	9	8	6	10	11	12	11	13	12	15	6	14	12	14	12	11	10	11	12	14	12	12	17	15	12	15	12	15	13	12	12
Revisión de materiales	60	63	65	100	213	63	53	62	53	66	62	69	120	68	70	75	78	80	67	80	75	73	59	60	64	64	72	66	60	58	74
Verificación de las herramientas	62	45	74	45	67	68	76	57	56	46	88	67	54	68	78	65	77	73	72	57	56	66	68	67	69	70	66	62	64	65	65
Seteo de parámetros	80	75	87	79	96	75	85	68	95	65	86	54	89	85	58	57	87	67	59	79	76	96	58	58	58	68	76	68	58	97	75
Revisión de etiquetas	120	123	153	125	145	124	120	152	123	154	134	174	146	233	234	177	167	154	134	178	149	234	134	212	156	199	136	124	122	122	155
Limpieza de superficie	123	153	163	164	234	122	90	155	235	262	243	255	150	120	160	200	273	274	274	233	274	274	243	264	189	188	180	177	165	130	199
Revisión de las fechas de calibración	60	65	53	65	34	65	46	85	56	56	65	64	74	64	54	66	64	62	60	61	53	65	25	64	68	88	65	36	78	86	62
Revisión fechas de mantenimientos preventivos	88	230	234	235	352	232	324	120	238	238	237	234	232	333	352	342	322	312	321	212	211	230	123	124	280	234	253	253	263	234	246
Llenado de documentación	123	143	234	212	164	234	212	122	222	124	142	124	161	164	253	352	232	222	211	252	143	124	123	523	123	165	163	133	134	233	192
Limpieza Final	243	264	236	243	234	234	324	231	211	156	264	235	234	301	300	214	233	236	265	247	278	277	285	264	275	242	243	252	253	273	252
																															1355

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.2 Toma de tiempos para el proceso estiramiento de mandriles

Estiramiento del mandril	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T 27	T 28	T 29	T 30	Promedio
Recoger la carrucha	120	124	123	121	122	141	124	125	163	172	161	136	172	188	142	172	134	182	131	90	89	77	165	131	173	122	157	123	152	122	138
Identificación de la estación	140	152	163	124	173	173	124	127	124	178	200	291	152	162	133	173	273	177	231	121	151	202	121	151	202	121	161	162	162	163	166
Estiramiento del mandril	237	236	264	264	400	354	256	364	235	274	273	242	277	289	302	301	222	301	124	239	250	253	257	263	264	236	263	264	235	287	268
Corte del mandril a medida	25	23	53	24	16	12	27	43	35	25	22	27	24	27	44	27	27	29	30	12	33	37	32	47	23	26	36	16	16	22	28
Lavado de mandril	100	102	95	99	99	98	89	100	121	100	101	102	98	97	99	99	98	100	100	100	102	102	100	98	99	99	90	99	98	96	99
Almacenamiento del mandril	23	42	33	23	23	25	23	26	23	25	23	24	19	23	24	25	25	23	23	21	20	22	21	34	21	24	28	25	25	26	25
																															724

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.3 Toma de tiempos para el proceso corte de medida de espiral

Corte a medida de espiral	T 1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio	
Colocacion de mandril	7	8	6	7	5	10	11	7	4	8	7	5	7	6	4	8	4	6	7	7	5	8	7	5	8	9	9	10	11	9	7	
Medicion de la unidad	34	53	46	44	46	36	36	33	36	34	36	33	29	30	27	28	26	27	25	23	22	27	29	29	33	23	31	30	19	18	31	
Corte de la unidad	90	92	99	100	101	98	89	87	90	100	102	102	101	100	102	99	98	99	78	77	95	97	99	100	103	100	99	95	97	102	96	
Proceso de almacenamiento	44	34	30	28	27	22	29	30	31	32	33	33	33	39	29	27	27	25	29	33	27	20	27	24	28	30	31	33	37	31	30	
																																165

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.4 Toma de tiempos para el proceso Colocación de gel

Colocacion de Gel	T 1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio	
Colocacion de dispositivo de subsion	23	20	19	22	27	19	22	28	26	22	26	23	23	20	21	22	18	20	21	20	33	19	20	22	21	21	21	21	20	23	22	
Absorcion de gel	10	8	9	11	12	11	10	9	8	9	9	9	11	10	12	11	10	13	9	7	8	9	8	10	11	12	10	9	8	9	10	
Coloacion de coil en el Gel	321	342	234	366	364	299	298	321	363	380	312	376	355	375	344	371	342	333	360	321	333	347	387	366	320	331	337	322	310	300	338	
																																370

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.5 Toma de tiempos para el proceso horneado

Horneado	T 1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio	
Transporte de las unidades	22	30	32	29	27	28	22	38	42	29	33	30	28	44	23	33	39	40	29	22	20	32	33	30	40	41	38	35	38	33	32	
Tiempo de Horno	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	
Tiempo de reposo	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
Inspeccion de la unidad	120	130	121	122	122	130	150	120	122	120	119	117	120	122	146	156	200	186	190	176	177	178	165	187	120	200	210	187	165	170	152	
Almacenamiento de las unidades	100	87	90	101	100	123	101	99	96	83	45	88	100	98	78	98	68	98	100	89	92	80	100	101	111	109	105	98	78	99	94	
																																601

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.6 Toma de tiempos para el proceso corte de gel

Corte de Gel	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio		
Tomar la navajilla	5	4	8	4	3	2	4	7	6	3	4	4	5	6	3	4	5	4	4	4	3	5	3	6	3	9	10	6	4	8	5		
Rotacion y corte de gel	45	55	43	67	65	45	40	47	51	50	44	60	58	57	55	48	60	77	45	65	44	45	50	48	49	30	51	53	34	40	51		
Medicion del gel según parametros	10	8	9	12	11	10	9	8	12	11	12	12	12	11	10	9	7	5	8	7	10	11	10	11	11	12	12	9	15	14	10		
Laser	30	29	23	28	20	25	23	26	23	26	34	26	23	26	19	27	25	22	27	24	28	21	26	24	25	26	28	29	43	26	26		
																																	92

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.7 Toma de tiempos para el proceso cobertura de coils

Cobertura de Coils	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio		
Corte de coils	3	5	6	3	7	4	2	4	6	3	7	3	2	5	7	4	6	5	3	4	2	4	3	2	4	3	3	3	4	5	4		
Estiamiento de Coils	11	12	15	13	15	13	12	17	14	13	15	13	16	11	16	13	12	16	16	13	15	12	11	17	10	11	13	12	15	12	13		
Colocacion del Coils	27	22	33	29	27	28	33	32	29	30	32	33	32	32	30	43	25	42	44	25	43	63	34	65	23	54	24	30	40	51	35		
Fijacion del Coils	3	4	5	4	5	5	5	5	8	7	6	8	5	8	10	11	9	5	3	4	5	5	5	10	7	5	3	5	7	5	6		
																																	59

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.8 Toma de tiempos para el proceso colocación de goma UV

Colocacion de goma UV	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio		
Colocacion de goma UV distal	60	65	62	55	66	67	63	59	60	65	61	62	66	67	69	72	54	66	60	59	61	61	61	71	75	60	66	65	62	69	64		
Colocacion de goma UV proximal	54	49	51	52	55	52	52	50	50	45	65	50	53	63	60	50	66	62	70	72	60	65	66	59	58	60	54	50	59	60	57		
																																	121

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.9 Toma de tiempos para el proceso verificación de calidad

Verificación de calidad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T 27	T 28	T 29	T 30	Promedio
Mediciones	200	210	211	198	200	188	300	230	289	263	200	187	190	191	189	201	199	210	201	200	198	187	190	200	201	213	211	201	200	202	209
Inspección visual	201	222	200	197	221	212	212	222	230	210	230	200	212	200	215	200	205	200	210	212	201	210	199	189	200	204	201	200	210	213	208
																															417

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.10 Toma de tiempos para el proceso Empaque

Empaque	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T 27	T 28	T 29	T 30	Promedio
Colocación en tubos	12	13	11	10	9	7	12	15	18	16	15	15	23	15	10	17	18	15	16	11	15	16	14	16	13	16	14	13	17	10	14
Marca a laser	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Sellado al vacío	10	9	11	10	9	10	11	9	7	8	7	7	10	11	12	15	15	12	14	12	10	9	8	6	7	7	7	9	10	11	10
Etiquetado e impresión	300	298	310	311	312	300	321	324	340	300	321	322	322	340	352	310	330	327	320	321	298	301	299	302	320	311	297	290	301	300	313
Colocación en Caja	9	8	4	5	8	9	9	9	10	10	11	20	10	21	9	7	7	8	8	6	7	9	10	8	7	6	8	6	7	10	9
Colocación de libro de instrucciones	2	3	3	3	2	4	2	3	2	4	3	3	3	2	4	2	3	3	2	5	2	4	4	2	5	5	3	3	3	2	3
Cierre de caja	2	4	2	2	4	2	3	2	5	2	3	3	5	3	5	2	3	2	5	2	3	3	2	4	2	4	3	3	4	3	3
																															427

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.11 Toma de tiempos para el proceso verificación de calidad

Verificación de calidad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T 27	T 28	T 29	T 30	Promedio
Escaneo	8	8	9	8	7	8	5	6	9	10	8	10	9	12	11	8	9	9	8	8	7	9	8	10	11	10	9	9	11	12	9
Inspección visual	15	14	13	14	15	17	16	15	14	17	15	14	16	14	16	14	16	14	13	12	16	15	14	18	20	22	26	21	19	31	17
																															26

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 4.12 Toma de tiempos para el proceso cierre de SAP

Cierre de SAP	T 1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	Promedio
Confirmacion en el sistema	4	5	4	3	6	3	4	3	4	5	4	6	3	4	2	4	5	5	5	5	10	6	7	7	7	5	6	8	7	5	5
Asignacion de Carga	10	10	10	8	7	6	7	7	7	10	11	12	9	10	10	10	12	11	11	9	8	10	9	8	9	7	7	8	10	10	9
																															14

Fuente: Compañía en estudio

La toma de tiempos está en segundos, y por estación; además de esto, se contempló el despeje de línea que abarca todas las estaciones, como tal ya que es la que llama a siempre tener la estación lista para procesar unidades sin inconvenientes de mezclas o equipos vencidos entre, otras cosas que pueden comprometer el producto final.

A continuación, se realiza el resumen de la toma de tiempos donde se observan los tiempos antes de éstos tener implementadas las mejoras solicitadas donde se verá a continuación el proceso en la primera columna, el tiempo en la segunda columna y la tercera columna la unidad de medida, este cuadro es muy importante porque provee la toma de tiempos antes de implementarse el proyecto donde se puede ver el tiempo de ciclo en cada operación antes de la aplicación de las propuestas de mejora del proyecto.

Tabla 5.1 Resumen de toma de tiempos del área antes de las mejoras

Proceso	Tiempo	Unidad de medida
Despeje de línea	23	Segundos
Estiramiento de mandril	724	Segundos
Corte a medida de espiral	165	Segundos
Colocacion de gel	370	Segundos
Horneado	601	Segundos
Corte de gel	92	Segundos
Cobertura de Coils	59	Segundos
Colocacion de goma UV	121	Segundos
Verificacion de calidad	417	Segundos
Empaque	427	Segundos
Verificacion de calidad	25	Segundos
Cierre de SAP	14	Segundos
Total	3038	Segundos

Fuente: Compañía en estudio

Con base en la cantidad de segundos, se hace un análisis de cuántas unidades pueden salir de output del proceso tomando en consideración el cuello de botella que existe ('estiramiento de mandril'), obteniendo los siguientes resultados que se pueden ver en la tabla siguiente, estos datos basados en la tabla 4.1.

Tabla 5.2 Output por operación antes de la mejora

Proceso	Output diario por operacion
Despeje de línea	1330.4
Estiramiento de mandril	42.3
Corte a medida de espiral	185.5
Colocacion de gel	82.7
Horneado	50.9
Corte de gel	332.6
Cobertura de Coils	518.6
Colocacion de goma UV	252.9
Verificacion de calidad	73.4
Empaque	71.7
Verificacion de calidad	1224.0
Cierre de SAP	2185.7

Fuente: Compañía en estudio

A continuación, se realiza el resumen de la toma de tiempos, donde se observan los tiempos después de estos tener implementadas las mejoras.

En la siguiente tabla se muestra lo siguiente: el proceso en la primera columna, el tiempo en la segunda columna y la tercera columna la unidad de medida, este cuadro es muy importante porque refleja la toma de tiempos después de implementarse el proyecto.

Tabla 5.3: Resumen de toma de tiempos del área después de las mejoras

Proceso	Tiempo	Unidad de medida
Despeje de linea	23	Segundos
Estiramiento de mandril	124	Segundos
Corte a medida de espiral	165	Segundos
Colocacion de gel	370	Segundos
Horneado	601	Segundos
Corte de gel	92	Segundos
Cobertura de Coils	59	Segundos
Colocacion de goma UV	121	Segundos
Verificacion de calidad	417	Segundos
Empaque	427	Segundos
Verificacion de calidad	25	Segundos
Cierre de SAP	14	Segundos
Total	2438	Segundos

Fuente: Compañía en estudio

Basados en la cantidad de segundos, se hace un análisis de cuantas unidades pueden salir de output del proceso tomando en cuenta que ya no es más el estiramiento de mandril el cuello de botella y que pasa a ser cuello de botella horneado, obteniendo los siguientes resultados que se pueden ver en la tabla siguiente esto tomando en cuenta la mejora estimada en la tabla 4.3.

Tabla 5.4: Output por operación después de la mejora

Proceso	Output diario por operacion
Despeje de línea	1330.4
Estiramiento de mandril	246.8
Corte a medida de espiral	185.5
Colocacion de gel	82.7
Horneado	50.9
Corte de gel	332.6
Cobertura de Coils	518.6
Colocación de goma UV	252.9
Verificacion de calidad	73.4
Empaque	71.7
Verificacion de calidad	1224.0
Cierre de SAP	2185.7

Fuente: Compañía en estudio

Como conclusión, y con base en las tablas anteriores (tabla 4.1- tabla 4.4), se logra determinar que antes se tenía con un tiempo de 724 segundos en proceso de estiramiento de mandril y ahora se tiene con un tiempo de 124 segundos en el proceso de estiramiento de mandril, esto hace que se obtiene una mejora en la que ahora se puede decir que el proceso tiene un output de 50.9 unidades de 42.3 unidades que había antes y como resultado de esto, se alcanza una mejora de 600 segundos en la operación de estiramiento de mandriles y 8 unidades diarias de más en el output final, lo que significa 160 unidades más por mes.

4.3 ANALIZAR

Se logra determinar que la falta de eficiencia en tiempos y los altos gastos en materiales de alto valor se pueden solucionar con una propuesta de reutilizar los mandriles con base en los datos de la sección del Definir, según la cual, todas las herramientas ingenieriles en proceso permiten observar que es lo que se requiere.

Se realiza un diagrama de Pugh para el análisis de pruebas en los mandriles para asegurar el funcionamiento de este después de 10 veces de ser utilizado. La realización de estas pruebas se desarrolla con una tabla de control asegurando que en cada proceso se utilice solo las 10 veces que son las requeridas para el análisis. (Refiérase al anexo 1 Tabla 8.2 #).

Cabe mencionar que la ponderación no tiene variable ya que al ser industria médica esta no acepta errores por más leves que sean y que la prueba puede tener variable de un -1 que la prueba será fallida por lo que en ese momento se volverá desecho.

La intención de la utilización de esta herramienta es verificar cuantas veces se puede utilizar el mandril sin tener problemas, aproximadamente.

Los resultados de las pruebas #1, #2, #3, #4, #5, #6 y #7, son favorables demostrando que el mandril no tiene ningún defecto en 7 usajes. (Refiérase tablas 6.1-6.7)

Tabla 6.1 Matrix pugh para análisis de resultados primer muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #1

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30				
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.2 Matrix pugh para análisis de resultados segundo muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #2

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.3 Matrix pugh para análisis de resultados tercer muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #3

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30	
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.4 Matrix pugh para análisis de resultados cuarto muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #4

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30	
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.5 Matrix pugh para análisis de resultados quinto muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #5

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30		
Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.6 Matrix pugh para análisis de resultados sexto muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #6

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30	
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 6.7 Matrix pugh para análisis de resultados séptimo muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #7

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30	
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Forma	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suma de (+)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Para los resultados de la muestra #8, se logra ver como los mandriles empiezan a presentar problemas en su usaje, ya que en esta muestra se obtienen 5 valores con una ponderación de 4 lo que deja esas unidades sin posibilidades de ser utilizadas en la operación. (refiérase tabla 6.8.)

Tabla 6.8 Matrix pugh para análisis de resultados octavo muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #8

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forma	1		+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Suma de (+)			5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Para los resultados de la muestra #9, se suman 3 unidades más con fallo teniendo un total con la muestra anterior de 8 unidades que se deben de sacar del proceso, en el caso de la muestra nueve aparece una unidad con una condición distinta a la anterior ya que en las muestras pasadas se muestra solo el defecto de doblado sin embargo para la muestra #9 se muestra el defecto de contaminación. (Refiérase tabla 6.9.)

Tabla 6.9 Matrix pugh para análisis de resultados noveno muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #9

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30
Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forma	1		+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Suma de (+)			5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Para lo que son las muestras #10, se unen 2 mandril más con defectos dando un total para este muestreo de 10 unidades que se deben de rechazar. (Refiérase tabla 6.10.)

Con la información anterior se puede concluir que la mayor cantidad de defectos se empieza a detectar después del usaje #7.

Tabla 6.10 Matrix pugh para análisis de resultados decimo muestreo

Reutilizacion de mandril platino y tungsteno. Analisis de pruebas para reutilizacion. Intento #10

Criterios	Ponderacion	Conceptos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30
		Resistencia	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Contaminacion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coloracion	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Grosor	1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forma	1		+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Suma de (+)			5	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
Suma de lo			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma de (-)			0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Compañía en estudio

Con esta información, se puede asegurar que, con base en el estudio, se puede utilizar el mandril por 7 veces sin modo de falla.

Basada en la prueba de hipótesis para demostrar que no hay afectación en la utilización de 7 usajes se determina lo siguiente:

$$H_0 = \mu = 7$$

$$H_a = \mu > 7$$

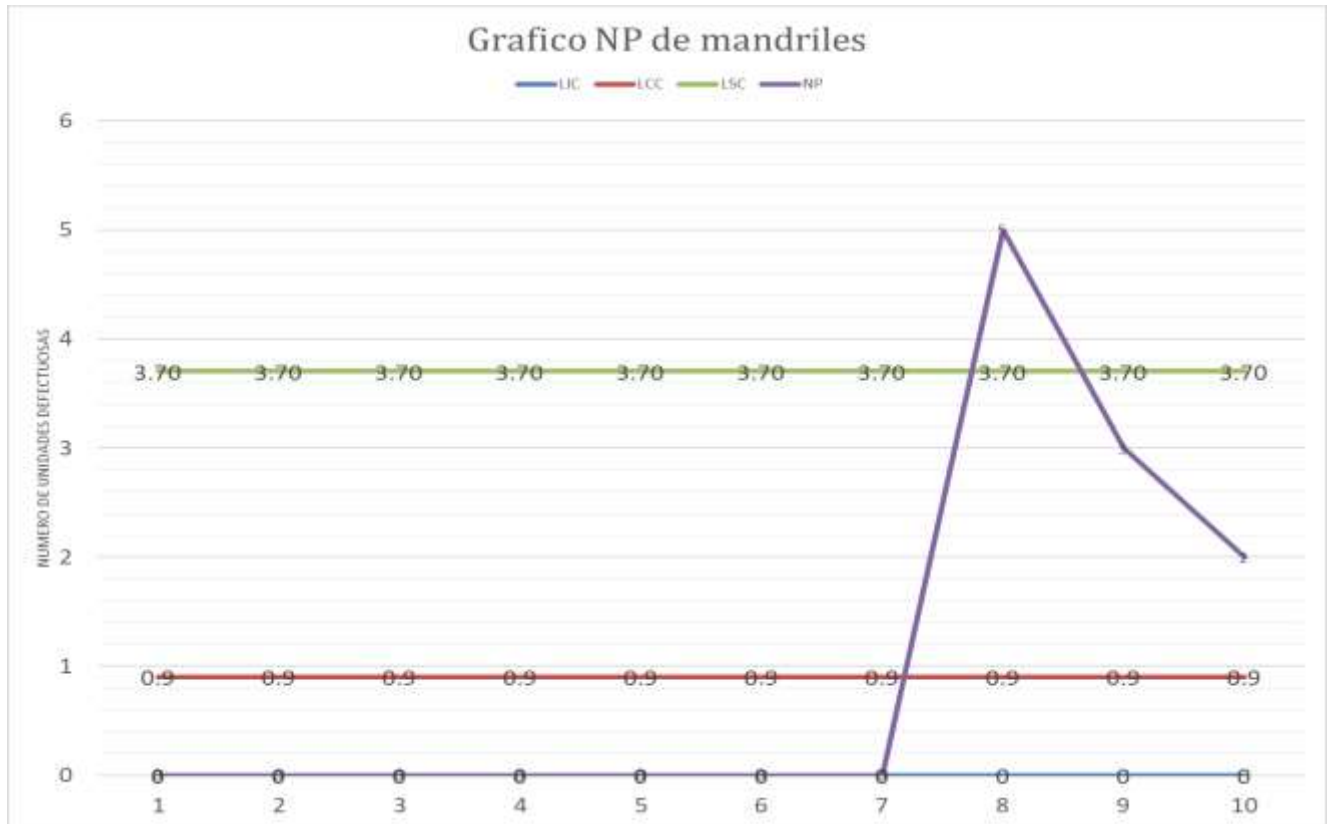
Se rechaza la hipótesis nula. El puntaje z de 83,14 se encuentra en el área de rechazo.

El punto de corte es 1,645. Cualquier puntuación z superior a 1,645 será rechazada. Dado que 83,14 es mayor que 1,645, se rechaza la hipótesis nula.

Así como resultado que el usaje de 7 es verdadero aceptando H

Se realiza un gráfico NP para asegurar la información anterior y así poder ver los límites de control necesarios y al realizarse se vuelve a concluir que se debe de usar como máximo 7 veces los mandriles ya que se sale del límite de control para el usaje 8 por lo que se estaría arriesgando colocar más de esta cantidad de veces.

Figura 5.1 Gráfico de NP



Fuente: Compañía en estudio

FMEA:

La empresa trabaja con el pFMEA

La empresa no realiza FMEA, (ellos le llaman PFMEA), que es un análisis interno de todas aquellas fallas que se pueden dar y el riesgo que este conlleva si no es capturado y llegase al paciente.

Cada modo de falla lleva una validación robusta para asegurar que no se va a dar un fallo en el paciente y que este será capturado en el proceso de inspección correspondiente por ejemplo las mediciones de una unidad son críticas y estas son evaluadas como un 5

en criticidad, por lo que puede causar la muerte de un paciente, con el dato anterior conlleva aun validación de instrumentos y procedimientos que aseguran que las unidades son medidas por diferentes operaciones y que estas serán capturadas en el proceso de inspecciones.

En el caso de este proyecto se hace el análisis, pero se da la conclusión que el PFMEA no es requerido por ser un proceso que no requiere validación al ser un consumible y no un producto final además de darse pruebas necesarias que evalúan que no tienen efectos en el producto final que conlleve a tener afectación en el cliente.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Se desarrollan con detalle soluciones para las causas identificadas como más críticas (mayor % en el análisis de Pareto) encontradas en el cap. 4 anterior, agrupadas o individuales

5.1 MEJORAR

La mejora que arroja el proyecto para la compañía, presenta ahorros significativos en las compras ya que al tener un usaje mayor se tendrá que comprar los mismos volúmenes que antes de implementar la idea.

Entre los datos se logra detectar que el usaje no será mayor a 6, siendo este la mejora del desperdicio significativo los datos más a detalle en el cuadro siguiente:

Tabla 7.1 Información anual, mensual, semanal y diaria estimada (1 usaje y 6 usajes)

	Gasto anual	Costo unitario	Utilizacion (usajes)	Cantidad anual estimada de unidades	Cantidad mensual estimada de unidades	Cantidad semanal estimada de unidades	Cantidad diaria estimada de unidades
	\$ 762,703.20	\$ 6.57	1	116,121	9,677	2,419	403
	\$ 709,375.32	\$ 7.00	1	101,397	8,450	2,112	352
	\$ 394,246.02	\$ 2.24	1	175,689	14,641	3,660	610
Total	\$ 1,866,324.54	\$ 15.81	1	393,206.81	32,767.23	8,192	1,365
	\$ 127,117.20	\$ 6.57	6	116,121	9,677	2,419	403
	\$ 118,229.22	\$ 7.00	6	101,397	8,450	2,112	352
	\$ 65,707.67	\$ 2.24	6	175,689	14,641	3,660	610
Total	\$ 311,054.09	\$ 15.81	6	393,206.81	32,767.23	8,192	1,365

Fuente: Compañía en estudio

En el cuadro anterior se observa una estimación esta será valorada mes por mes ya que tenemos que valorar los cierres de compañía por eventos programados y se logra observar el costo de cada uno de los mandriles que se usan a diario, según el cual se logra determinar que el PD03061-01 es el material con más valor, pero no tiene gran diferencia el PD03004-04, y por último, se puede observar que aunque es de menor valor,

tampoco se menosprecia el costo del PD02153-03, tomando en cuenta el consumo de estos a nivel de un año los ahorros son significativos, estos datos se pueden ver en el cuadro a continuación:

Tabla 7.2 Estimación de ahorro anual de mejora,

Material	Cantidad de usajes	Costo anual (antes)	Cantidad de usajes	Costo anual (despues)	Ahorro anual con 6 usajes	% ahorro	Ahorro estimado anual con el 85%
PD02153-03	1	\$ 762,703.20	6	\$127,117.20	\$635,586.00	85%	\$540,248.10
PD03004-04	1	\$ 709,375.32	6	\$118,229.22	\$591,146.10	85%	\$502,474.19
PD03061-01	1	\$ 394,246.02	6	\$65,707.67	\$328,538.35	85%	\$279,257.60
Total		\$ 1,866,324.54		\$311,054.09	\$1,555,270.45		\$1,321,979.88

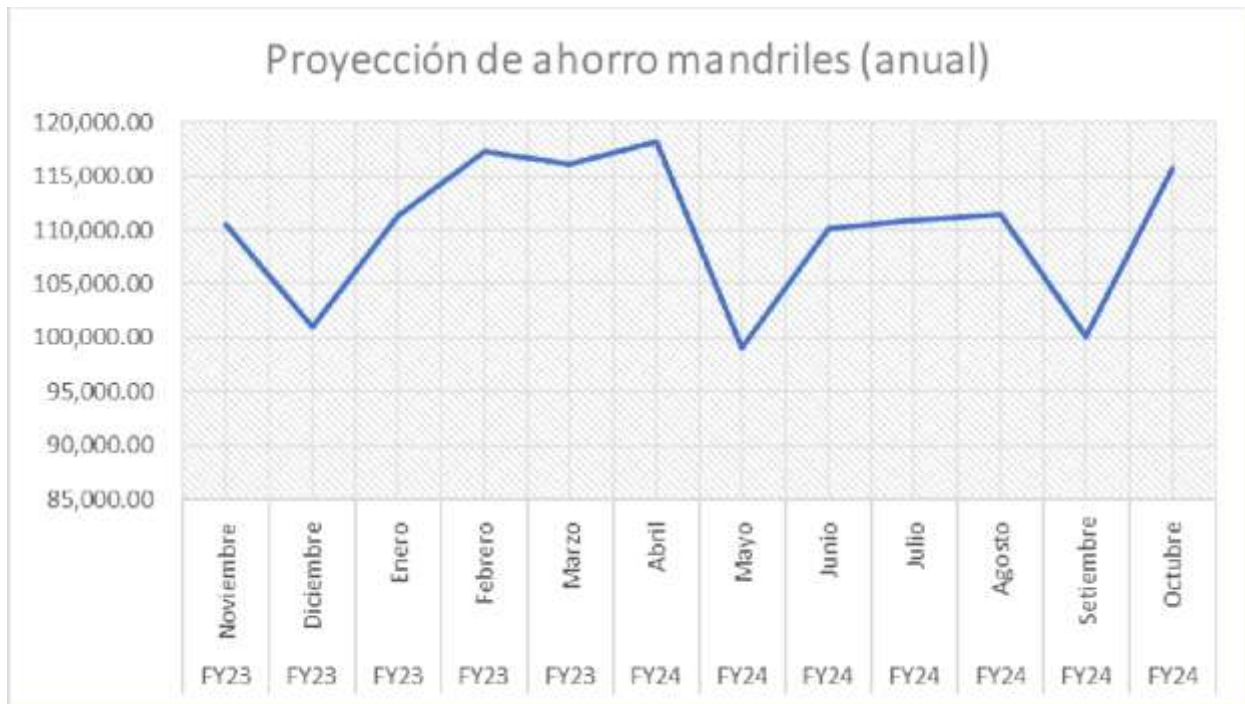
Fuente: Compañía en estudio

Se puede observar que antes se trabajaba un mandril y este se desechaba dando un costo anual de 1,866,324.54 dólares, sin embargo cuando se deja de usar con esta frecuencia y se da inicio del usaje no solo una vez si no 6 veces, según lo investigado, el costo anual disminuye a 311,054.09 dólares generando así un ahorro de 1,555,270.45 dólares anuales, pero sin embargo la empresa siempre mantiene un margen de un 15% de conservación en caso de impactos por lo que este ahorro solo se contemplara el 85%, dando así un ahorro final de 1,321,979.88.

Si se quiere verlo por PDs, el PD03061-01 con un usaje de 6 veces por cada elemento, se logra un ahorro para la compañía de \$540,248.10, el PD03004-04 con un usaje de 6 veces se logrará un ahorro para la compañía de \$502,474.19 y, por último, se demuestra también que para el PD02153-03 con un usaje de 6 veces se logra un ahorro para la compañía de \$279,257.58.

De esta manera, en ahorros totales, por semana, son de \$28,930.61, y, mensual, es de un promedio de \$110,164.99 y, como se mencionó, se hace un análisis más detallado de cada mes tomando en cuenta el año fiscal anterior, para estimar la producción en meses que se sabe se dará impacto por temas de actividades programadas.

Figura 6.1 Gráfico de ahorros proyectado



Fuente: Compañía en estudio

El ahorro se estima de la siguiente manera: En los meses con menor ahorro, que serán los dos meses en los cuales la empresa hace pausas para fumigación y mantenimiento de los edificios, (julio y diciembre), también se ve reflejado una baja en abril por la semana santa, que suele ser vacaciones. Esto se estima considerando el año fiscal anterior y tomándolo como base, así como es dictado por el departamento de finanzas de la empresa a estudio.

Otro punto muy importante para la evaluación de los ahorros son las inversiones que se tienen que realizar, ya que Las inversiones de la propuesta del proyecto son nulas, pues no se producen gastos, la empresa ve el tiempo de un ingeniero como un tema de contrato y labor para la compañía en pro de las ganancias, por lo que se puede confirmar que el gasto para este proyecto o la inversión es \$0.

5.2 CONTROLAR

En la quinta y última etapa de la metodología del DMAIC se plantearán los controles necesarios para las acciones de solución:

5.2.1 Actividades de control

Para poder controlar las actividades desde la iniciación del proyecto, se decide realizar una gráfica de Gantt que asegure las pautas y pasos a realizar del proyecto con éxito en el tiempo establecido. (Refiérase al apéndice B tabla 8.1)

Se da un seguimiento a las unidades que entran a la línea para así contabilizar todos potenciales ingresos que se van a obtener con la reutilización y se realizará un reporte mensual por parte del departamento de BEX (Business Excellence), el cual se encarga de contabilizar los ahorros de la compañía en estudio.

Se lleva un control de inventarios para los compradores que refleja la cantidad y se estima cuándo deben volver a comprar basándose en el análisis de resultados de uso para 6 veces donde confirma que para cada unidad se utilizará un mandril para la operación.

Se controlará lo que es las veces de utilización para corroborar que el análisis está bien ejecutado y que el personal no está desechando unidades en buenas condiciones que harían alteraciones en los resultados de tiempos y ahorros.

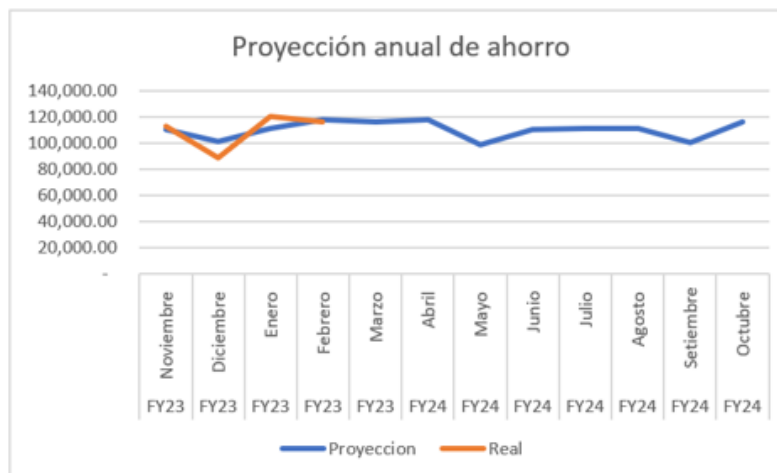
Se realiza un gráfico de control para observar las mejoras mensuales proyectadas vs el escenario real que se está estableciendo en el momento. Con dicha herramienta se llevará un control de la proyección mes por mes para ver los ahorros que se están dando a la compañía, incluso esto se llevara por fiscal year (año fiscal), ya que las ganancias de la compañía se miden por este año y no el ordinario.

En la tabla siguiente se puede observar como en el mes de noviembre se realiza un poco más de material, esto estimando las vacaciones del siguiente mes. En diciembre como lo

mencionaba está el impacto por las vacaciones de fin de año donde el personal se va de manera anticipada, por directiva del vicepresidente. El enero se logra recuperar con una mayor demanda que la proyectada y en febrero se da un faltante de materia prima de subensamble, lo que hace que no se construyan las unidades estimadas.

Figura 6.2 Control de proyección de ahorros

Año Fiscal	Mes	Proyeccion	Real	Delta	Comentario
FY23	Noviembre	110,564.99	112,745.98	2,180.99	
FY23	Diciembre	101,067.93	88,988.89	(12,079.04)	Vacaciones fin de año
FY23	Enero	111,345.90	120,145.99	8,800.09	
FY23	Febrero	117,344.88	115,722.98	(1,621.90)	Corto en materiales
FY23	Marzo	116,164.99			
FY24	Abril	118,164.99			
FY24	Mayo	99,000.82			
FY24	Junio	110,120.99			
FY24	Julio	110,897.86			
FY24	Agosto	111,364.63			
FY24	Setiembre	100,164.99			
FY24	Octubre	115,776.90			
	Total	1,321,979.87			



Fuente: Compañía en estudio

Debido a los cambios en los procedimientos que conllevará explícitamente la reutilización del mandril, se logra determinar que este proyecto podrá mantenerse en el tiempo con los beneficios estimados para la compañía.

Con todo lo anterior, dejando en claro que los ahorros son los esperados para la compañía y siendo este un proyecto a implementarse de manera inmediata.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

- A través de la aplicación de la metodología DMAIC se logró determinar que la reutilización del mandril, puede ser un gran aporte a la compañía médica en estudio en el área de producción de pitones. Generando un impacto positivo anual de \$1,321,979.87 tomando en consideración la estimación de una demanda muy similar a la del año 2022 en estudio y estimando que se va a obtener solo un 85% de mandriles en buenas condiciones con 6 usos, haciendo un análisis lo más realista para la compañía en caso de que se dé una eventualidad no estimada.
- Se determinó con el análisis de tiempos que la estimación de tiempo ahorrado por la reutilización de mandriles en el área de pitones es de 204.5 (mejorando un 17%) por unidad lo que hace que el tiempo de ciclo disminuya generando un aumento de capacidad para producir 160 unidades mensuales o 1920 anuales, lo que hace una eficiencia mayor en la línea debido a que se construyen más unidades al realizar el proyecto.
- El análisis de FODA confirma que la principal amenaza de la compañía es el salario a las personas de pago semanal principalmente a los operadores, sin embargo gracias a este proyecto que fue uno de los 8 mejores de la compañía se logró un aumento salarial de 1515 colones por hora de los operadores a 1835 colones, satisfaciendo la necesidad de la compañía he incluso igualándose con las mejores 10 compañías de industria médica. Adicional a esto haciendo un impacto en las personas que trabajan mejorando su calidad de vida y generando deseos para continuar trabajando en la empresa, es decir, que disminuye la rotación.
- Se determinó que el personal tendrá una motivación por la importancia de sus comentarios y la participación en la mejora, ya que ellos siempre buscan la manera

de ser escuchados y que sus sugerencias sean tomadas en cuenta para la mejora en la compañía.

- Se encontró que, con la propuesta en práctica se dejará de desechar aproximadamente 14,400 unidades anuales debido a la reutilización, ayudando no solo a la mejora de ahorros para la compañía si no también al medio ambiente.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar la reutilización del mandril de tungsteno y platino solo 7 veces debido al análisis de Pugh, donde nos demuestra que después de 8 usajes se puede empezar a dar afectaciones de mandriles con condiciones no aptas para la utilización en los productos, sin embargo, por decisión de la compañía se utilizaran solo 6 veces y no se excederá de eso.
- Se recomienda un análisis en todos los procedimientos para ver si se puede generar un Yokoten donde se copie el espejo de la reutilización de consumibles a otras áreas y así poder generar aún más ahorros a la compañía.
- Se determina la valoración de análisis futuros a otros procesos que pueden sufrir cambios en los procedimientos para así tener una mejora tangible, esto desarrollándose con las herramientas ingenieriles necesarias.
- Se determina que es necesario un cambio en los procedimientos para así dejar claro los pasos a seguir en la ejecución, la cantidad de veces de usaje, por ejemplo, para evitar futuras confusiones en el personal y también falta de estandarización que pueda hacer que se haga de una manera en un turno y de otra en el siguiente.
- Se recomienda un reentrenamiento a todo el personal debido a los cambios que se dan en los procedimientos para que el personal pueda siempre estar anuente de

cómo debe construir las unidades y no tener alteraciones a lo descrito en su procedimiento.

REFERENCIAS

Libros

Jorge Acuña Acuña, (2010). *MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD. UN ENFOQUE A SERVICIOS: administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* TECNOLÓGICA DE COSTA RICA

Masaaki Imai. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management.* McGraw Hill; **N.º 1 edición (22 marzo 1997).**

Michael Bremer. (2021). *Como hacer un Gemba Walk.* Profit Editorial Barcelona. España

Raymond J. Mikulak, Robin McDermott, Michael Beauregard. (2017). *The Basics of FMEA.* Segunda edición CRC Press

Serrat, Olivier (2017). "The Five Whys Technique". Knowledge Solutions. pp. 307–310. doi:10.1007/978-981-10-0983-9_32. ISBN 978-981-10-0982-2.

Proyectos de investigación

Alejandra Moreno Villegas. (2022) *Proyecto para la disminución del tiempo, reducción del margen de error y mejora de los procesos de diseño, producción e instalación en la empresa Ofiarchivo SAS*. (Tesis por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira). Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/items/1dc46345-addb-435c-8c99-6a176caedb09>

Angelica Acuña González. (2022) *Diseño del proceso productivo para el manejo de reclamos técnicos de productos en el centro de servicios Bayer Costa Rica*. (Tesis para el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica). Recuperado de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/87695>

Benites Silva, Jazmín Estefany, Virhuez Castro, Katherine. (2019) *Teoría de colas para la reducción del tiempo de ciclo de los ascensores de la torre principal de una universidad privada, Lima 2019*. (Tesis para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú). Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2780>

David Rodríguez Gutiérrez. (2021) *Actualización de estándares de producción, tiempo de ciclo, personas y factor de eficiencia en las líneas de producción "Pantera"*. (Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en logística en la Universidad Latina de Costa Rica). Recuperado de https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1691/1/TFG_Ulatina_David_Rodriguez_Gutierrez_20160220021.pdf

Elizabeth Magaly y Ferrer Cruz. (2019) *Propuesta de aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia en la gestión de despacho de una empresa comercializadora de productos eléctricos* (Tesis para optar por el grado académico de Bachillerato en ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú). Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2789>

Estefany Giraldo Mota. (2017) *Estudio de tiempos para mejorar la productividad en el proceso de envasado de conservas de la Corporación Pesquera ICEF S.A.C. Chimbote* (Tesis Mota para optar por el grado académico de Bachillerato en ingeniería industrial de la Universidad Cesar Vallejo). Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13460>

Irasema Candelaria Ortiz Ferral. (2009) *Propuesta para mejorar el proceso de cierre contable y presupuestario de la Junta de Protección Social de San José*. (Tesis para el grado académico de Administración y dirección de empresas con énfasis en finanzas en la Universidad de Costa Rica). Recuperado de <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/28123>

Josué Andrey Cascante Molina. (2021) *Propuesta de mejora del proceso de gestión del servicio de análisis de datos en la gerencia de innovación del Grupo 823*. (Trabajo para el grado académico de Licenciatura en Administración de Tecnología de la información del Instituto Tecnológico de Costa Rica). Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13700/TF9043_BIB303789_Jossue_Cascante_Molina.pdf

Sebastián Espinoza Navarro Altuna. (2019) *Aplicación de la filosofía Lean Construction y la simulación al mejoramiento de los procesos constructivos en Grupo Yeril*. (Trabajo de graduación para el grado académico de Licenciatura en ingeniería de construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11393>

Yasmin Rossylin y Raúl Enrique (2021): *Propuesta de mejora para reducir el tiempo de entrega de despacho de una empresa comercial empleando Lean Manufacturing*. (Tesis Enrique para el grado académico de Bachillerato en ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Del Perú). Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3444>

Fuentes de Internet

Academia Balderix (2024) *Gráfico circular* Recuperado
<https://www.probabilidadyestadistica.net/gráfico-estadístico/>

Betancourt, D. F. (18 de abril de 2018). *Los 5 Por qué*: Análisis de causa raíz basado en preguntas. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/los-5-por-que.

Block hispano de negocios (2021) *Diagrama de Gantt*. Recuperado Como usar el diagrama de Gantt en Excel para planificar actividades (bloghispanodenegocios.com)

Concepto. (2013). *Organigrama*. Recuperado de <https://concepto.de/organigrama/>

Economipedia (2021) *Diagrama de Ishikawa* Recuperado
<https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-ishikawa.html>

Ecomomipedia (2022) *Matriz de Pugh* Recuperado
<https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-pugh.html>

Economipedia (2021) FODA Recuperado <https://economipedia.com/definiciones/análisis-dafo.html>

GANTTPRO. (2023). *Gantt* Recuperado <https://blog.ganttpro.com/es/guia-completa-para-los-diagramas-de-gantt/#que-es-un-diagrama-de-gantt>.

Hacking Analytics. (2018). *DMAIC's importance in data: Metodología DMAIC* Recuperado de <https://medium.com/analytics-and-data/dmaics-importance-in-data-projects-7c4a5ee88d1a>

HubSpot (2010) *Lluvia de ideas* Recuperado <https://blog.hubspot.es/marketing/tecnicas-lluvia-de-ideas-creativas>

Ingenio empresa (2017) *Diagrama de afinidad* Recuperado <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-afinidad>

Lucidchart (2010) *Diagrama de flujo:* Recuperado <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>

Lifeder (2022) *Gráficos de barras* Recuperado <https://www.lifeder.com/grafica-de-barras>

Lifeder (2022) *Prueba de hipótesis* Recuperado <https://www.lifeder.com/prueba-de-hipotesis/>

Microvention Terumo (2011) *Productos* Recuperado <https://www.microvention.com/products>

QuestionPRO (2024) *Diagrama de Pareto* Recuperado <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>

The Digital Project Manager (2024) *Acta de construcción de proyecto* Recuperado <https://thedigitalprojectmanager.com/es/temas/como-hacer-documento-inicio-proyecto/>

SCRTIBD (2020) *Recolección de datos* Recuperado <https://es.scribd.com/document/527385627/Metodo-de-Recoleccion-de-Datos>

Stalogs (2024) Gráfico de NP Recuperado <https://statologos.com/gráfico-np>

APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

Pitones: Nombre del producto en estudio

PFMEA: Process Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de modos de falla y efectos del proceso)

Aneurisma: Abultamientos en las venas

SAP: Es un software informático que permite asegurar la eficiencia, el control y la gestión de información en diferentes ámbitos y procesos empresariales.

Yokoten: “Compartir las mejores prácticas”

Winchill: Es un software que permite simplificar los procesos de desarrollo de productos y proporcionar bienes físicos y productos de información excepcionales.

AE: Unidades

APÉNDICE 2: TABLAS

A continuación, en el contenido del apéndice 2, vamos a ver las tablas de análisis tanto de tiempos como también de análisis de usajes en el mandril.

Adicional se puede observar en el apéndice el diagrama de Gantt el proyecto.

Tabla 8.1 Proyecto en curso

PROYECTO		Reduccion de tiempos de ciclo reutilizando mandriles de platino y tungsteno									
Nombre de la tarea		Fecha de iniciación	Fecha de finalización	Asignado	Estado	1/11/2023	1/12/2023	1/1/2024	1/2/2024	1/3/2024	1/4/2024
Gantt		13/11/2023	14/11/2023	Maria Mora	Completado						
Capitulo 1 y 2		16/12/2023	16/01/2024	Maria Mora	Completado						
	Realizar la portada	16/12/2023	16/12/2023	Maria Mora	Completado						
	Diagrama de flujo	18/12/2023	20/12/2023	Maria Mora	Completado						
	Recoleccion de evidencia	21/12/2023	8/1/2024	Maria Mora	Completado						
	Antecedentes	9/1/2024	11/1/2024	Maria Mora	Completado						
	Revisar que herramientas se van a incluir	12/1/2024	15/01/2024	Maria Mora	Completado						
	Revisar progreso	16/01/2024	16/01/2024	Maria Mora	Completado						
Capitulo 3		1/2/2024	2/20/2024	Maria Mora	Completado						
	Fuentes de informacion	1/2/2024	1/2/2024	Maria Mora	Completado						
	enfoque en la investigacion	1/2/2024	10/2/2024	Maria Mora	Completado						
	Instrumentos y variables	1/2/2024	1/2/2024	Maria Mora	Completado						
	Proceso de recoleccion	2/8/2024	2/20/2024	Maria Mora	Completado						
	Metodo de investigacion	2/8/2024	2/20/2024	Maria Mora	Completado						
Capitulo 4		2/15/2024	2/29/2024	Maria Mora	Completado						
	Analizar	2/15/2024	2/28/2024	Maria Mora	Completado						
	Definir	2/27/2024	2/29/2024	Maria Mora	Completado						
	Medir	2/29/2024	2/29/2024	Maria Mora	Completado						
Capitulo 5		3/1/2024	3/1/2024	Maria Mora	Completado						
	Conclusion	3/1/2024	3/1/2024	Maria Mora	Completado						
Capitulo 6		3/1/2024	3/1/2024	Maria Mora	Completado						
	Apendices y anexos	3/1/2024	3/1/2024	Maria Mora	Completado						
CD Borrador		3/5/2024	3/7/2024	Maria Mora	Completado						
Lectura		3/11/2024	3/22/2024	Lector	Pendiente						
Practica de presentacin		3/11/2024	3/22/2024	Maria Mora	Pendiente						
Defensa y correcciones Filologo		3/25/2024	4/13/2024	Maria Mora	Pendiente						
CD Final		4/15/2024	4/26/2024	Maria Mora	Pendiente						

Fuente: Estudiante del proyecto en curso

ANEXO 1: Documentos

Figura 7.1 Guía Process gemba round de la compañía parte 1

Guía para el "Process Gemba Round"			
Observador (Nombre & ID):		Fecha:	
Entrevistado (Nombre & ID)		Area/Línea Observada:	
		Turno:	
Instrucciones de uso			
1. Este formulario puede llenarse a mano o por computadora. 2. Si hay una observación, registre los detalles de la observación, trabaje con los dueños de área para documentar las correcciones y/o acciones a ejecutar en la sección "Observaciones y plan de acción." En página 3. 3. Si se utiliza aprobación electrónica, todas las firmas se deben obtener por "Docsign" y el "summary Page" debe ser adjuntado al documento. Una vez firmado, envíe el formulario al administrador de Process Gemba Rounds. 4. Momento de enseñanza y reconocimiento: Antes de empezar, revise la Política de calidad de Microvention con el asociado: pregúntele ¿Dónde pueden encontrarla? ¿Cómo interpretar la Política? Reconozca como el trabajo del asociado contribuye al cumplimiento de la política de calidad.			
Tema	Tareas		¿Alguna observación? (S/ N)
1. Práctica vs. Procedimiento documentado (_____ Rev.____) No. Lote (si aplica): _____ No. Parte (si aplica): _____	Pida a un asociado que ejecute el proceso y se lo explique. ¿Fueron las instrucciones seguidas? Nota: si hay desviación con el procedimiento, pregunte a los colaboradores la razón por la que se desvían. La intención es identificar oportunidades de mejora adicionales.		
	Si corresponde, revise los parámetros operativos por procedimiento de manufacturación y confirme que están configurados correctamente pidiéndole al operador que describa la ejecución de este proceso. (confirme la frecuencia de ejecución).		
	Confirme que los equipos tengan la etiqueta de mantenimiento preventivo y la de calibración (las fechas de expiración deben ser válidas/no vencidas), según esto sea aplicable. Equipos revisados:		
	Números de ED: _____		
	Todos los materiales y herramientas utilizados son los llamados por los procedimientos y registros (deben asignarse de acuerdo con la sección aplicable de los BR y MPs)		
	Confirme que el asociado está aceptando, rechazando unidades o tomando decisiones de aceptación según los criterios establecidos en el procedimiento aplicable.		
Pregunte al asociado si tiene alguna preocupación relacionada a su estación/ procedimiento, entrenamiento o si tiene alguna sugerencia para mejorar la calidad del proceso.			

Fuente: Compañía en estudio

Figura 7.2. Guía Process gemba roundde la compañía parte 2

Tema	Tareas	¿Alguna observación? (S/ N)
2. Identificación de los materiales y herramientas (SOP7.5 Rev.____)	Verifique que el material esta adecuadamente identificado (P/N, numero de lote, Liberado, Rechazado, Qty, Fecha de expiración si aplica) y está físicamente separado.	
	Todos los componentes (números de parte) no deben estar expirados (deben estar vigentes)	
	Todos los contenedores de suministros, equipos y componentes deben contener solo los elementos correspondientes en su interior y estar debidamente identificados.	
	Confirme que los fixtures (accesorios)/ herramientas están identificados y disponibles según se requiera en los MPs/BRs.	
3. Buenas prácticas de documentación (WI4.4.1 Rev.____)	Todos los registros están correctamente documentados y de acuerdo con las BPDs (GDP's) (es decir, sin espacio en blanco, iniciales / firma y fecha, entradas incorrectas corregidas, cantidades, unidades de desecho son documentadas correctamente etc.)	
	El colaborador registra la información requerida y firma la documentación correspondiente.	
4. Requerimientos de entrenamiento (SOP6.2 Rev.____), (WI6.2.3 Rev.____), (WI6.2.4 Rev.____)	Seleccione un tema o pasos del proceso y pregunte al asociado que lo ubique en procedimiento/Instrucción. ¿Puede encontrarlo en el procedimiento/Instrucción?	
	El personal ha sido entrenado en los procedimientos aplicables. Los colaboradores de producción deben tener una carpeta con una copia del CF170 con las últimas revisiones en las que están entrenados. Verifique que la revisión documentada en los CFs de la carpeta coincide con las revisiones de documentos disponibles en el área y documentadas en la BR correspondiente.	
	Pregunte al colaborador: si usted identifica un defecto, ¿qué acciones se deben tomar?	
	El operador debe poder identificar todos los equipos de producción y medición de acuerdo con la sección Equipo del MP aplicable	
5. Instrucciones del proceso de manufactura (WI4.2.2 Rev.____)	Verifique que toda la documentación necesaria utilizada para el procesamiento está disponible en el punto de uso (formularios, métodos de prueba, RSs, MPs, BRs, CFs, etc.) y tiene la revisión controlada vigente.	
	¿Los procedimientos son exactos, incluyen todas las herramientas, equipos e instrucciones requeridas para correr la operación? Las responsabilidades son claras para cada paso, todos los parámetros están incluidos en la sección de parámetros.	
	¿El procedimiento está organizado en una secuencia que puede seguirse? ¿Tiene el procedimiento alguna inconsistencia/ información que no está incluida que hace que el colaborador no pueda seguirlo?	
6. Proceso de vestimenta (WI6.4.3 Rev.____)	Observe a un asociado que ingresa al área del cuarto limpio y confirme que se realiza el proceso de vestimenta definido por el procedimiento.	
	Observe a un asociado que sale del área del cuarto limpio y confirme que se realiza el proceso de vestimenta definido por el procedimiento.	

Fuente: Compañía en estudio

Figura 7.3 Guía Process gemba round de la compañía parte 3

Observaciones y plan de acción. (Añada o elimine filas según sea necesario. Agregue N/A y cierre cualquier espacio no utilizado).					
# Tema	Observación	Acción propuesta / Ejecutada	Si la acción ya fue ejecutada Añada quién la completó y la fecha	¿Implementación adicional requerida?	
				Responsable	Fecha de compromiso

Process Gemba Round Firmas
Observador (Nombre, firma y fecha):
Área responsable (Nombre, firma y fecha):
Ingeniero de Calidad del Área (Nombre Firma y Fecha):

Fuente: Compañía en estudio

Figura 8.1 Guía de control de calidad

LISTA DE CHEQUEO:

CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FABRICADOS

Ítem/s inspeccionado/s:	Fecha:
Puntos chequeados: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>	Inspector:

1. Componentes usados	
¿Los componentes usados son correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se poseen los registros de recepción de los componentes?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Código de los informes de recepción:	

2. Actividades realizadas	
¿Se siguieron los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

3. Incidencias	
¿Producto final conforme?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Código incidencias relacionadas:	

4. Tiempos de producción	
¿Existieron retrasos en la fabricación?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo máquinas indisponibles?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/P

5. Entrega y logística	
¿Producto correctamente identificado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Producto conforme a las especificaciones del cliente?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

Observaciones

Fuente: Compañía en estudio

Tabla 8.2 Tabla de control de prueba

Tabla de control de pruebas para la cantidad de usajes en el mandril de platino y tungsteno

Procesamiento # _____				
Prueba	Defecto	Pasa		Iniciales
		Falla	Falla	
1		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
2		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
3		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
4		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
5		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
6		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
7		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
8		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
9		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
10		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
11		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
12		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
13		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
14		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
15		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
16		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
17		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
18		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
19		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
20		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
21		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
22		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
23		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
24		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
25		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
26		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
27		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
28		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
29		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	
30		Pasa <input type="checkbox"/>	Falla <input type="checkbox"/>	

Fuente: Compañía en estudio

ANEXO 2: Fotografías

Figura 9.1 Fixture para estiramiento de mandril



Fuente: Procedimientos de la compañía en estudio

Figura 9.2 Carrucha de mandril



Fuente: Procedimientos de la compañía en estudio