

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN, MEDIANTE HERRAMIENTAS DE
INGENIERÍA, EN LÍNEA SEIS DE LA EMPRESA
SMITH & NEPHEW

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

ESTUDIANTE:

ANGIE PAMELA SALAS CHAVES

TUTOR:

ING.MARCO CARTÍN GAMBOA

HEREDIA, 2023

CARTA DE LECTOR

San José,

Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

La estudiante Angie Pamela Salas Chávez, 1-1438-0341, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, MEDIANTE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA, EN LÍNEA SEIS DE LA EMPRESA SMITH & NEPHEW", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma

ALINA MARCELA
CORDERO BRENES
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ALINA
MARCELA CORDERO BRENES
(FIRMA)
Fecha: 2023.11.30 11:36:48 -06'00'

Nombre Alina Cordero Brenes

Cédula 303610967

Carné IPI-23287

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 11 de Septiembre de 2023

Destinatario
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Angie Pamela Salas Chaves con cedula 114380341, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, MEDIANTE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA, EN LÍNEA SEIS DE LA EMPRESA SMITH & NEPHEW, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	10%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		85%

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

Atentamente,

MARCO CARTIN
GAMBOA (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARCO CARTIN GAMBOA
(FIRMA)
Fecha: 2023.09.11 11:41:34
-06'00'

Ing. Marco Cartín Gamboa. MII
Cédula identidad: 110610393
Carné Colegio Profesional: II-15546

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACION DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACION ELECTRONICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 08-Ene-24

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Angie Pamela Salas Chaves con número de identificación 114380341 autor (a) del trabajo de graduación titulado Mejoramiento del proceso de Producción, mediante herramientas de la Ingeniería en línea 6 de la empresa Smith presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Bachillerato; (SI / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

 114380341

Firma y Documento de Identidad

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

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

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

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

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

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado primeramente a Dios, por haber puesto a mi abuela Angela Villalobos Chavarría en mi camino, convirtiéndose en mi madre junto a mi abuelo Félix Salas Campos, quienes siempre fueron una inspiración de lucha, inteligencia, resiliencia y fortaleza ya que, a pesar de las dificultades de la vida, tanto económicas y sociales lucharon contra cualquier pronóstico desalentador sobre una vida próspera e impoluta, todo esto para que mi padre, tíos, tía y mi persona lográramos estudiar y trabajar de manera honrada e integra, a ellos les debo mis valores, los deseos de superación personal, y profesional.

Agradecimientos

A mi prometido Fabio Andres Arias, por ser una ayuda incondicional a lo largo de mi carrera, aportándome apoyo moral e intelectual, siendo una inspiración y fuente de apoyo para culminar la ingeniería.

Acrónimos y siglas

SMARTSOLVE: Sistema de la gestión de calidad que funciona como base de datos.

CATÉTER: Dispositivo fabricado con un el fin de usarse en un tratamiento médico en específico.

MUDAS: palabra japonesa que en español significa desperdicio.

ORDEN DE TRABAJO: Cada lote de trabajo que se debe completar para fabricar el producto solicitado por el cliente.

DMAIC: Metodología utilizada en lean six sigma para estructurar un proyecto de manera ordenada y ágil.

LEAN SIX SIGMA: Es un conjunto de herramientas de la ingeniería que une dos filosofías de fabricación, que son manufactura esbelta y six sigma.

SIX SIGMA: Filosofía de producción que busca el nivel de calidad mundial seis sigma, basado en la desviación estándar.

LEAN (MANUFACTURA ESBELTA): Filosofía que busca la mejora continua en la producción, de manera ordenada.

MUESTRA FINITA: Es el tamaño de muestra donde se conoce el tamaño total de la población.

Resumen Ejecutivo

Este proyecto fue realizado en la empresa Smith & Nephew, la misma es una empresa que fabrica productos médicos de diferentes funciones tales como salud nasal, limpieza, medicina deportiva entre otros, su casa matriz es en Inglaterra, posee también diferentes sedes como en Estados Unidos.

El objetivo principal del presente proyecto es aumentar la producción de línea seis en un 10%, para lograr cumplir con la demanda actual del cliente que ha aumentado a partir del año 2022, para lo cual la empresa ha tenido que implementar un tercer turno, ya que no se lograba el objetivo solamente con los dos turnos existentes y con las horas extras empleadas.

Personal de Ingeniería Industrial aduce que hay múltiples oportunidades de mejora en el proceso, por lo que se sugiere trabajar en el presente proyecto, utilizando herramientas de la ingeniería. Por lo tanto, se decide realizar el proyecto bajo la metodología DMAIC, que además de ser un requisito para la presentación del proyecto, es el mejor método para realizar un proyecto de mejora ya que es una metodología muy estructurada.

Después de conocer las limitaciones del proceso, y haber realizado una medición de tiempos, se plantearán las posibles mejoras del proceso; el personal de línea seis argumenta que la operación de Horno es el cuello de botella del proceso, por lo que es necesario realizar la medición del trabajo, para así tener una base cuantificable para mejorar el proceso. La expectativa de este proyecto es analizar con bases que sean cuantificables, como es posible lograr aumentar la productividad de la línea en un 10% para impactar de manera positiva la economía de la empresa Smith & Nephew.

Índice

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	1
Descripción general del proyecto	2
1.2 Identificación de la empresa	3
1.3 Planteamiento del problema	6
1.4 Objetivos del proyecto General	12
2.5 Alcances y limitaciones	13
Capítulo II: Marco teórico	16
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	17
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del Proyecto	19
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	27
2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes.	28
Capítulo III: Metodología de trabajo	30
3.1 Metodología para la definición del problema.	31
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	33
3.3 metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso.....	36
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	41
3.5 metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	44
Capítulo IV: Análisis de causas raíz	46
4.1 Representación de la situación actual.....	47
4.2 Explicación del proceso productivo en línea seis.....	47
4.3 Toma de tiempos	50
4.4 Análisis de la situación actual.....	55
Capítulo V: Diseño e implementación de la solución	65
5.1 Propuesta para el desarrollo de soluciones	66
5.2 Análisis de costo beneficio de las propuestas.....	79
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
6.1 Conclusiones.....	83
6.2 Recomendaciones.....	84
Bibliografía.....	85

Índice de tablas

Tabla 1.....	7
Tabla 2:.....	9
Tabla 3:.....	10
Tabla 4.....	12
Tabla 5.....	31
Tabla 6.....	34
Tabla 7:.....	39
Tabla 8.....	41
Tabla 9:.....	42
Tabla 10:.....	44
Tabla 11:.....	50
Tabla 12:.....	50
Tabla 13:.....	51
Tabla 14:.....	54
Tabla 15:.....	56
Tabla 16:.....	58
Tabla 17:.....	60
Tabla 18:.....	67
Tabla 19:.....	71
Tabla 20:.....	71
Tabla 21:.....	73
Tabla 22:.....	76
Tabla 23:.....	77
Tabla 24:.....	79
Tabla 25.....	80

Índice de Figuras

Figura 1.....	5
Figura 2:.....	37
Figura 3:.....	37
Figura 4.....	38
Figura 5:.....	47
Figura 6:.....	53
Figura 7:.....	57
Figura 8:.....	62
Figura 9:.....	69
Figura 10:.....	69
Figura 11:.....	71
Figura 12:.....	75
Figura 13:.....	78

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Descripción general del proyecto

Actualmente las industrias luchan a nivel de mercado para obtener una sustanciosa ganancia de recursos económicos, para así poder sostenerse en un mercado donde las corporaciones con el sustento económico de sus inversionistas luchan sin detenerse y por ende se encuentran en una constante búsqueda de la mejora continua, para ser competitivas, mantenerse vivas y crecer en capital y ganancias.

Por las razones anteriores es que la empresa Smith & Nephew siempre se encuentra en la búsqueda de la excelencia, la mejora continua y la calidad en proceso. También es pertinente no dejar de lado que la empresa pertenece al nicho de mercado de industria médica, lo que la hace ser parte de procesos de alta delicadeza en el proceso, donde la calidad, el higiene y el orden son aliados fundamentales para que los procesos sean exitosos.

Este proyecto se centraliza en aumentar la productividad del proceso de línea seis en un 10% aproximadamente ya que la empresa enfrenta muchas dificultades para poder cumplir con la demanda actual del cliente, cabe recalcar que el cliente que solicita el producto de línea seis es de suma importancia para la empresa, ya que genera gran parte de los ingresos que contemplan la sede de Costa Rica.

El método six sigma DMAIC será utilizado para elaborar este proyecto, ya que según lo estudiado durante la carrera de ingeniería industrial y la experiencia laboral que precede a la estudiante, es un método muy efectivo para realizar proyectos de investigación exitosos.

1.2 Identificación de la empresa

Descripción general:

Smith & Nephew es una empresa que apoya a los profesionales sanitarios en sus esfuerzos diarios por mejorar la vida de sus pacientes.

Historia:

En 1856 Thomas James Smith abrió una farmacia en Hull de Inglaterra, y desarrolla un nuevo método para refinar el aceite de hígado de bacalao. En 1896 Horatio Smith se asoció con su tío formando TJ Smith & Nephew. En 1906 anticipando el declive del negocio de aceite de bacalao H N Smith compró una máquina de corte y enrollado de vendas, desviando en enfoque del negocio en la venta de apósitos y vendajes. En 1907 Smith & Nephew se convierte en una sociedad limitada. En 1914 días después de la declaración de la primera guerra mundial Horatio Nelson Smith (el sobrino del fundador de la compañía Thomas J Smith) se reúne con un enviado del presidente francés en Londres. La empresa obtiene un contrato para suministrar £350 000 de apósitos quirúrgicos y de combate, para ser entregados en cinco meses. Durante la primera guerra mundial la cantidad de personal creció de 50 a 1200. 1921 la primera sucursal independiente en el extranjero de Smith & Nephew abierta en Canadá. 1928 se produjo vendaje experimental Elastoplast. 1937 cotizó para la bolsa de Londres. Desarrollo de un yeso especial de baja temperatura, utilizado por La everest climbera en la expedición de 1953. (Smith+Nephew, s.f.)

Expansión de post guerra

1950s Se forman dos nuevas compañías en Australia (1950) y Nueva Zelanda (1953)

1951 Smith & Nephew adquiere Herts Pharmaceuticals, Introduciendo productos farmacéuticos y de cuidado de la piel.

1986 se realizaron dos adquisiciones claves: Richard medical en Memphis USA, especialistas en productos de ortopedia, DYONICS especialista en artroscopia con sede en Andover.

1995 se adquirió Acufex Microsurgical Inc. Convirtiendo a la empresa S&N en líderes del mercado de la artroscopia.

2001 Smith & Nephew se convierte en miembro de la UK FTS 100 index. Se introduce OXINIUM un nuevo material para mejorar el desarrollo del sistema de prótesis articular total.

2011 PICO es el primer pequeño y único sistema de terapia de heridas de presión negativa en el mercado.

En la actualidad la empresa cuenta con 18000 empleados a nivel mundial.
(Smith+Nephew, s.f.)

Visión de Smith & Nephew

La salud física nunca se limita a nuestro cuerpo. Es nuestra mente, nuestros sentimientos y nuestras ambiciones. Cuando algo la frena, toda nuestra vida queda en suspenso.

Estamos aquí para cambiar eso, para utilizar la tecnología para eliminar los límites de la vida y ayudar a otros profesionales médicos a hacer lo mismo.

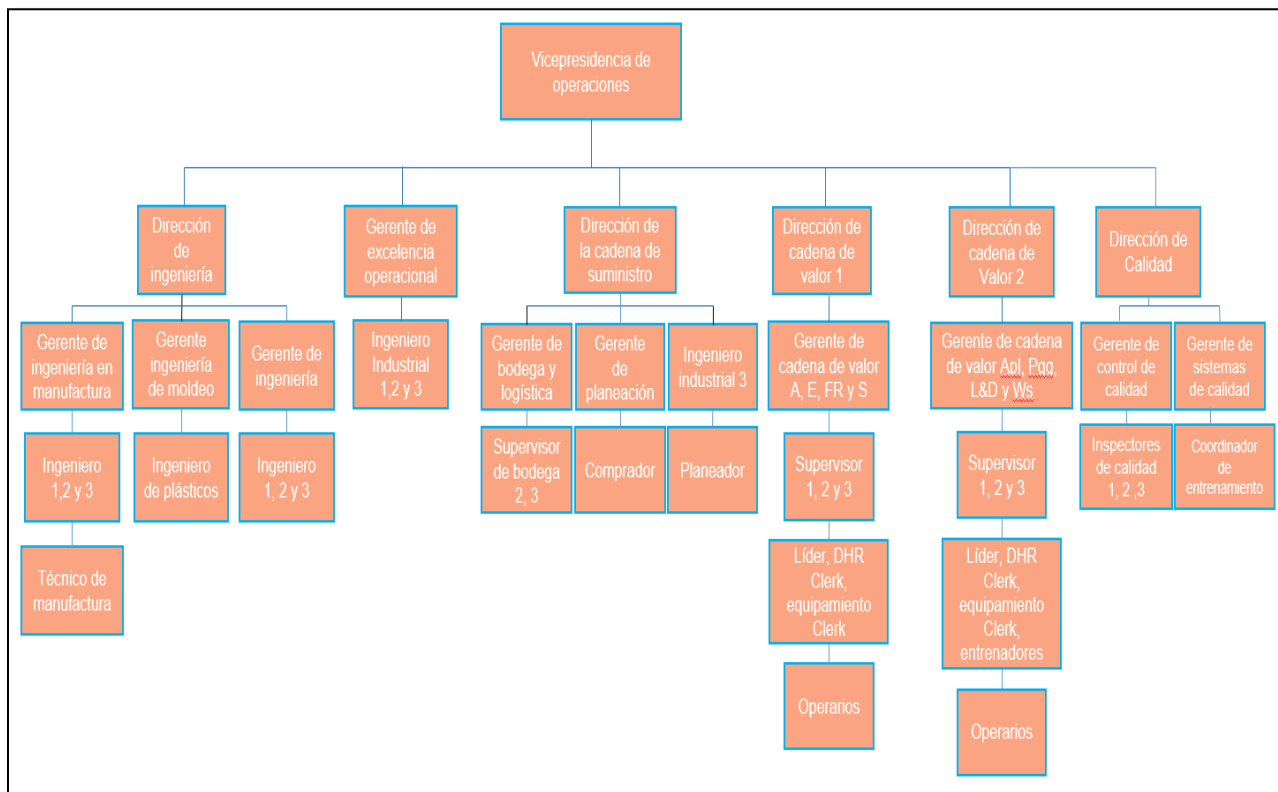
Para que los trabajadores del campo, los jugadores de rugby, las abuelas y sus nietos se enfrenten al miedo, vean que todo es posible y sigan adelante con más fuerza. Inspirados por una simple promesa. Dos palabras que unen todo lo que hacemos vida ilimitada. (Smith+Nephew, s.f.)

Valores:

Cuidado, colaboración y coraje.

Estructura organizativa de la empresa

Figura 1: Diagrama de la estructura organizacional de Smith & Nephew



Fuente: elaboración propia

Productos que produce la empresa

En la empresa Smith & Nephew, se producen dispositivos médicos para diferentes usos, restauración de fosas nasales, restructuración de los tejidos de los músculos, vendajes para la piel, y maquinas que absorben líquidos residuales de una herida permitiendo así la sanación rápida de las heridas. (Smith+Nephew, s.f.)

1.3 Planteamiento del problema

En la empresa Smith & Nephew, en línea seis para ser específicos, durante el segundo semestre del año 2022 se dio un incremento de demanda inesperado en los productos elaborados en dicha línea de producción, el cliente externó a la empresa que dicha demanda se mantendrá constante durante un lapso indefinido; esto generó que los recursos existentes en línea seis no fueran suficientes para cubrir los pedidos del cliente, aun realizando horas extras todo el personal, no se lograba cumplir con el compromiso adquirido, por lo cual una de las seis métricas de la empresa, que es entrega, se vio negativamente afectada, ya que la meta por cada cuatrimestre es de un 95% y ha bajado a un 85% lo cual ha causado una gran preocupación a los directivos de la empresa.

Línea seis es una línea continua, al inicio soldán los primeros componentes, los tubos plásticos se someten a calor para que se adhieran unos de otros, se realiza la inspección dimensional de cada parte ensamblada mediante calor y Loctite, luego se ingresan las partes a los hornos, cada proceso de horneado tarda veinte minutos aproximadamente, siendo esta al parecer, la operación el cuello de botella, no solo por el tiempo que tarda, sino también porque solamente se permite ingresar un numero de parte y orden de trabajo a la vez.

Seguidamente se realiza el proceso de cableado, donde la parte de ensamble anterior ya ha suministrado la primer parte del catéter, y se procede a soldarle los cables y el control de uso del catéter; en dicha parte de la línea, se tiene dificultad en la máquina que mide el funcionamiento del catéter ya ensamblado, ya que no se sabe con exactitud la razón del porque una parte de la máquina no puede probar el funcionamiento de los catéteres, sin embargo su tiempo de ciclo es manejable en comparación del tiempo de ciclo del horno.

Es importante mencionar que anteriormente la demanda para línea seis era de 25500 unidades mensuales, pero incrementó un 10% es decir, la demanda actual es de 28050 unidades. Tal incremento fue inesperado para la compañía, lo que provocó que se incurriera a la contratación de personal para cubrir un turno nocturno, el costo estimado para contratar el personal del turno nocturno fue de \$33,000 desde el primer mes, se esperaba con el tercer turno lograr manufacturar las 2550 unidades requeridas para cubrir la necesidad actual del cliente, sin embargo, dicho acontecimiento provocó un incremento en los costos de mano de obra, y por lo tanto no se obtiene la ganancia requerida, y aunado a esto, la demanda no se ha podido cumplir aun con el tercer turno. Ver la siguiente tabla:

Tabla 1. Demanda del cliente

Demanda anterior	Demanda Actual	Unidades faltantes
25500	28050	2550

Fuente: Elaboración propia

Dadas estas cifras se toma la decisión de realizar una Caminata Gemba con el propósito de ver las causalidades de no poder llegar a la meta, ya que se obtiene una perspectiva mejor desde el lugar donde suceden las cosas, es decir, donde se realiza la producción, se entrevistó al líder de línea y para esto se usaron diversas preguntas que abarcan las diferentes mudas o desperdicios de tiempo, dentro de la información recaudada está que el personal de calidad actual no permite procesar más de una orden de trabajo al mismo tiempo en el horno dada la interpretación que se da del procedimiento de limpieza de línea, situación que no ocurría en el pasado.

A pesar de que el horno posee capacidad para ingresar más material, ya que para control de calidad ingresar un número de parte y orden de trabajo adicional, podría ocasionar una pérdida de trazabilidad del material ingresado en el horno, y esto podría ocasionar un futuro problema para los pacientes. A nivel histórico con respecto a control de calidad, el personal con más antigüedad siempre permitió utilizar el horno para varios números de parte, con diferentes sistemas de identificación, tales como asignar la parte superior interna del horno a una orden y la parte inferior interna a otra orden, como medida preventiva para no ocasionar el posible problema de mezcla de material, sin embargo, para el personal actual de control de calidad no es correcto realizar el proceso de horno de esa manera y ahora solo se permite usar el horno para una orden de trabajo a la vez, aumentando así el Tiempo estándar.

Para un mayor detalle del Gemba las preguntas y respectivas respuestas se podrán ver en la tabla 2:

Tabla 2: Caminata Gemba

Caminata Gemba	
Muda 1:	Transporte
Pregunta 1	¿El trabajo que está siendo realizado se pasa de mano a mano entre las operaciones?
Respuesta 1	Sí, la línea es continua por eso si sucede.
Pregunta 2	¿Las distancias son pequeñas?
Respuesta 2	Sí, son de aproximadamente 10 cm de estación a estación
Pregunta 3	¿La distribución del lugar permite el mínimo de transportes?
Respuesta 3	Sí, la distribución parece funcional.
Muda 2:	Inventario
Pregunta 1	¿Hay gente ociosa porque no tiene trabajo qué hacer?
Respuesta 1	Sí, normalmente las personas que está en la operación de "Bonding" y de posicionar el handle.
Pregunta 2	¿Hay cajas o productos almacenados en los pasillos?
Respuesta 2	No, ya que siempre se realiza 5 s en la línea
Pregunta 3	¿Hay materias primas o materiales que no se usan?
Respuesta 3	No, es generalmente un inventario ordenado
Muda 3:	Movimiento
Pregunta 1	¿Esta la información necesaria para trabajar disponible?
Respuesta 1	Generalmente es proporcionada por el lider de línea, por lo cual es afirmativo.
Pregunta 2	¿Existen procedimientos para los procesos críticos?
Respuesta 2	Si el proceso como tal es uno solo pero si indica bien las instrucciones.
Pregunta 3	¿Estan los empleados entrenados adecuadamente en el proceso?
Respuesta 3	Sí, el departamento de training da soporte en ese tema.
Muda 4:	Espera
Pregunta 1	¿Los retrasos se deben a falta de entrega de materiales o falta de información?
Respuesta 1	Solamente cuando no se pasa a tiempo la solicitud de ordenes, casi nunca sucede
Pregunta 2	¿Existen cuellos de botellas en el proceso?
Respuesta 2	Sí, generalmente en inspección y horno.
Pregunta 3	¿Han si los retrasos un problema reciente o ha sido por todo el tiempo?
Respuesta 3	Desde hace poco cuando calidad prohibio meter varias ordenes al horno.
Muda 5:	Sobreprocesamiento
Pregunta 1	¿El trabajo realizado se está haciendo bajo instrucciones de proceso claras?
Respuesta 1	Sí, los procedimientos de producción son claros
Pregunta 2	¿Se ha revisado el trabajo para determinar si hay exceso de trabajo?
Respuesta 2	Hace ya varios meses no se realizan estudios de trabajo ni nada por el estilo
Pregunta 3	¿Cuántas aprobaciones y firmas requiere el trabajo? ¿Son aprobaciones excesivas?
Respuesta 3	Sí, el control de la operación de horno es muy tediosa, ya que hay que realizar limpiezas de línea constantemente.
Muda 6:	Defectos
Pregunta 1	¿Estan los procesos bien documentados?
Respuesta 1	Sí, ingeniería de producción ha hecho un buen trabajo
Pregunta 2	¿La cantidad de quejas del cliente ha aumentado?
Respuesta 2	No, el unico inconveniente del cliente es que no logramos cumplir con la demanda
Pregunta 3	¿Hay programas de entrenamiento cruzado?
Respuesta 3	Como tal no, pero si se entrena al personal en todo lo posible
Muda 7:	Sobreproducción
Pregunta 1	¿Se trabaja de acuerdo a la demanda del cliente o por medio de programas de producción?
Respuesta 1	De acuerdo a la demanda del cliente
Pregunta 2	¿Setrabajan lotes pequeños?
Respuesta 2	Sí, el tamaño de lotes es bueno
Pregunta 3	¿Se reparte el trabajo equitativamente entre las personas?
Respuesta 3	Si, pero las personas que están en inspección se recargan mucho, y las que trabajan en horno se recargan de papeleos.
Muda 8:	Talento sub utilizado
Pregunta 1	¿Hay entrenamiento en herramientas de mejora?
Respuesta 1	Sí, hace poco todos realizaron uno en el sistema de desarrollo
Pregunta 2	¿Hay entrenamiento cruzado?
Respuesta 2	No necesariamente, se hace lo que se puede.

Fuente: elaboración propia

Con el Gemba realizado, se obtuvieron detalles de cuáles son las mudas o tiempos muertos del proceso según la perspectiva del entrevistado.

Se realiza un acta del proyecto para resumir y ordenar la información recopilada hasta el momento, ver siguiente tabla 3:

Tabla 3: Acta del proyecto

Acta de Proyecto			
NOMBRE DEL PROYECTO	MIEMBROS DE EQUIPO	NOMBRE	DEPARTAMENTO
Mejoramiento del Proceso de Producción, mediante herramientas de Ingeniería, en Línea Seis de la empresa Smith & Nephew	PATROCINADOR BLACK BELT	A. González	Ingeniería Industrial
		C. Roldan	Ingeniería Industrial
CASO DE NEGOCIO	DUEÑO DE PROCESO GREEN BELT	A. López	Producción
		C. Roldan	Ingeniería Industrial
Durante el último año el producto elaborado en línea seis a sufrido una alza en la demanda del cliente, lo que ha ocasionado entregas tardías de producto, por lo que se necesita realizar mejoras para poder realizar más producción.	OTROS MIEMBROS	L. González	Producción
		M. Amuy	Calidad
LÍDER DE PROYECTO			
C. Roldan			
DECLARACIÓN DEL PROBLEMA	PARTES INTERESADAS DEL PROYECTO (STAKEHOLDERS)		
Durante el 2022 la demanda del cliente aumentó un 10% de manera inesperada, lo cuál provocó que la empresa tuviera que implementar un tercer turno, elevando así los costos de operación, por está razón se necesita realizar mejoras en el proceso, identificando las causas de lo que no	Pacientes, Doctores y vendedores.		
META DEL PROYECTO	ALCANCE, LIMITACIONES, SUPUESTOS DEL PROYECTO		
Aumentar la capacidad de producción en línea seis un 10%, para que la empresa Smith & Nephew pueda cumplir con la demanda de mercado, utilizando el método DMAIC, para mejorar también los costos de producción actuales.	<p>Alcance: Línea seis en la empresa Smith & Nephew, es una de las más de veinte líneas de producción que tiene la empresa en Costa Rica, y a la vez es la segunda línea que más genera ganancias para la organización, por lo que implementar mejoras en la línea es de gran importancia para la salud financiera de Smith & Nephew de Costa Rica.</p> <p>Limitaciones: •Para implementar mejoras fuertes en línea seis, podría ser posible que haya que realizar un proceso de validación, lo cual no es del todo viable. •Otro limitante que podría haber en caso de realizarse un proceso de validación, es la falta de personal, y disponibilidad de espacio en la línea.</p> <p>Supuestos: Se necesita tener recursos como disponibilidad de la máquina y de mano de obra para realizar el proyecto.</p>		
BENEFICIOS FINANCIEROS ESPERADOS			
Se espera que el ingreso incremente en al menos entre un 5% y 10% para poder solventar los gastos del turno 3.			
PLAN PRELIMINAR	PREPARADO POR: Angle Salas		
	FECHA: 8/16/2023		
	FIRMA: A. Salas		
ETAPA PLANEADA			
DEFINIR	22-Feb-23		
MEDIR	24-Abr-23		
ANALIZAR	24-May-23		
IMPLEMENTAR	18-Aug-23		
CONTROLAR	19-Set-23		
¿Se revisaron las metas después de completar la fase de medición?	Yes		
¿Se revisaron los beneficios financieros después de completar la fase de medición?	Yes		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se puede delimitar temas como el problema, el alcance entre otras, también se puede observar que hay un espacio para saber de personas que estarían siendo involucradas

en el proyecto, sin embargo, no son parte de equipo, en inglés son conocidos como los stakeholders, ya que es importante tener en cuenta que los esfuerzos realizados para mejorar el proceso no es solo un beneficio para la compañía, sino que también para los clientes finales.

Justificación

El proyecto será de beneficio para la empresa Smith & Nephew, para que pueda considerar los aspectos más importantes que no permiten a línea seis cumplir con la demanda actual del cliente, lo cual ha causado que la empresa haya requerido contratar personal para laborar en el turno de la noche.

La demanda del cliente no ascendía las 25500 unidades mensuales, por lo que era totalmente viable para la empresa fabricar dicha cantidad, cuando empezó a aumentar la demanda del producto, se identificó que aun realizando horas extras, no era suficiente para poder cumplir con la demanda del cliente. En la siguiente tabla se puede observar los gastos que ha tenido que asumir la empresa:

Tabla 4. *Gastos asumidos por la empresa*

Costos de turno 3			
Rubro		Costo mensual	Costo anual
Planilla		\$ 33,000.00	\$ 396,000.00
Enfermería		\$ 3,400.00	\$ 40,800.00
transporte		\$ 5,100.00	\$ 61,200.00
Alimentación		\$ 5,000.00	\$ 60,000.00
Personal administrativo (Mano de obra indirecta)		\$ 2,600.00	\$ 31,200.00
Actualización de planillas		\$ 750.00	\$ 9,000.00
Gastos varios		\$ 4,000.00	\$ 48,000.00
Total		\$ 53,850.00	\$ 646,200.00

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que el tercer turno se implementó a consecuencia del aumento de demanda. Se puede observar en la tabla 4 que, el costo monetario al incluir un tercer turno es superior a medio millón de dólares, por lo que es de gran importancia encontrar mejoras en línea seis, que permitan disminuir los costos de producción, y así aumentar la ganancia de la empresa.

1.4 Objetivos del proyecto General

Objetivo General

Mejorar el proceso de producción en línea seis aumentando en un 10% la capacidad de producción, para cumplir con la demanda de mercado, es decir con la métrica de entrega

establecida por la organización y para mejorar también los costos de producción actuales utilizando la metodología DMAIC, en un plazo aproximado de doce meses.

Objetivos específicos

- Definir los aspectos que se deben mejorar en el proceso de línea seis realizando la medición de tiempos en las estaciones de trabajo para poder alcanzar la meta de producción necesaria y determinar los cuellos de botella en de dicha línea.
- Medir los tiempos estándares de cada operación para definir cuales son las operaciones en las que se deben implementar mejoras, mediante un método científico como lo es la medición del trabajo.
- Proponer soluciones que sean viables para implementar en línea seis y así incrementar la producción.
- Controlar las mejoras implementadas para que perduren con el tiempo convirtiéndose así en parte de la cultura de producción de la línea.
- Establecer el costo beneficio asociado a la iniciativa de mejora a implementar en línea seis.

2.5 Alcances y limitaciones

Alcance

El alcance de este proyecto es en Línea seis en la empresa Smith & Nephew, la cual es una de las veinticuatro líneas de producción que tiene la empresa en Costa Rica, y a la vez es la segunda línea que más genera ganancias para la organización, por lo que

implementar mejoras en la línea es de gran importancia para la salud financiera de Smith & Nephew de Costa Rica.

Se planea realizar este proyecto en un lapso de un año, desde que se realiza el primer encuentro con ingeniería industrial y se realiza el Gemba, hasta el tiempo en que se plantea implementar la mejora.

Limitaciones.

- Para implementar mejoras fuertes en línea seis, podría ser posible que haya que realizar un proceso de validación, lo cual no es del todo viable, ya que el tiempo de la línea no se puede ver comprometido, debido a la gran demanda que hay del producto.
- Otro limitante que podría haber en caso de realizarse un proceso de validación, es la falta de personal, y disponibilidad de espacio en la línea, aunado a eso también la falta de máquinas disponibles para validar.
- Los hornos de la línea son de uso limitado en la línea, ya que calidad solamente permite utilizarlo un lote a la vez, por lo que implementar la mejora podría implicar que se detenga la producción en la línea.
- Los procesos son difíciles de someter a cambio ya que se debe realizar un conceso entre personal de diferentes cadenas de valor y por ende de departamentos, por lo que el tiempo de negociación puede extenderse en gran manera y ocasionar atrasos en las fechas de entregables del proyecto presente.

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

El capítulo actual tiene como objetivo describir los conocimientos adquiridos de ingeniería industrial y el valor que agregan cada uno de ellos en el proyecto.

Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial se puede definir como una rama de la ingeniería que gestiona los procesos de manera tal que puede realizar mejoras en procesos, detectar problemas para solucionarlos y de esta forma optimizar procesos. También la ingeniería industrial puede acoplar procesos con técnicas ingenieriles para lograr un mejor desempeño en el proceso para así hacerlo más productivo y por ende más rentable. Los autores del libro introducción de la ingeniería industrial mencionan que “La principal característica de la ingeniería industrial del nuevo siglo es el incremento increíble en la velocidad con la que se ejecutan la mayoría de las actividades de las industrias” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 8).

Proceso de producción

De acuerdo con los principios de la ingeniería industrial, un proceso de producción es un conjunto de actividades que, en unión tienen un resultado final común esperado. Normalmente los procesos de producción funcionan de una manera sistematizada y organizada, donde cada elemento tiene un rol en específico, si se observa desde el siguiente ejemplo: se supone que hay una línea de procesos continua, que está constituida por cuatro estaciones, las cuales son inicio mitad, final y por ultimo empaque; en inicio se reúne la materia prima, en la mitad se ensambla la materia prima, en el final

se inspecciona el ensamble y por último en empaque se realiza el proceso de empaquetado del ensamble. Se puede observar como todas las operaciones anteriores tienen funciones distintas, pero funcionan en conjunto para obtener el mismo producto final. Un proceso se define como “la aplicación de una serie de etapas lógicas y ordenadas que persigue un objetivo común” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 32).

Productividad

La productividad es posible definirla como la capacidad de producir en mayor cantidad, con la inversión de menos recursos como mano de obra e insumos. Este concepto es importante para la ingeniería industrial principalmente su rama de procesos, dado que consiguiendo una mayor productividad la capacidad económica se ve aumentada, permitiendo así realizar diferentes proyectos y por ende más y mejores empleos.

Visto desde la perspectiva de otros autores productividad se define de la siguiente manera:

Como la relación volumétrica, es decir, no dineraria, entre los resultados producidos y los insumos utilizados en un periodo determinado. Esta definición es congruente con la famosa frase: “hacer más con menos” la cual se ilustra de la siguiente manera:

$P = \text{Volumen de resultados obtenidos} / \text{Volumen de insumos utilizados}$. (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 75).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del Proyecto

Este capítulo tiene como objetivo explicar teóricamente las diferentes fases de este proyecto, cabe recalcar que este proyecto será realizado bajo la metodología DMAIC, la cual será explicada en esta sección y desarrollada en el transcurso del proyecto.

Seis sigma (DMAIC)

Seis sigma es un sistema muy utilizado en ingeniería industrial para llevar a cabo proyectos de mejora continua, que permite gestionar los proyectos de manera ordenada, también permitiendo utilizar estadística para entender el nivel sigma que puede tener un proceso, obteniendo la varianza de este. También el método DMAIC se puede estructurar a partir de sus siglas, que en este caso se encuentran en inglés y poseen los siguientes significados: D de la palabra define (definir), M proviene de la palabra measure (medir), A de la palabra analyze (analizar), I de la palabra increase (incrementar o mejorar) y C de la palabra control (controlar). En ese orden se desarrollan los proyectos bajo esta metodología, siendo así un método sumamente completo y ordenado. El libro de seis sigma métodos estadísticos y sus aplicaciones reza lo siguiente que “Se refiere a un método para gestionar la calidad que se mezcla con ciertas herramientas estadísticas, con el propósito de mejorar un proceso a través de decisiones certeras” (Herrera, Fontalvo, 2006 p. 4).

Diagrama de flujo

Este diagrama es una representación de la secuencia y distribución de un proceso, facilita en gran manera la identificación del flujo de un proceso, así como de las

respectivas operaciones que lo involucran. Según otros autores un diagrama de flujo es “una representación muy general y resumida de la secuencia de las operaciones e inspecciones principales” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 178).

Diagrama de Pareto

Es una herramienta muy utilizada en el campo de la ingeniería industrial en sus diferentes ramas, ya sea calidad, operaciones entre otras dado que es de mucha utilidad, porque permite priorizar las causas del problema, ordenándolas según su nivel de impacto sobre el problema en investigación. Esta herramienta se creó a partir de que Vilfredo Pareto en sus investigaciones descubrió que el 20% de la población tenía el 80% del poderío económico; esto en el campo de ingeniería de calidad, por ejemplo, se puede aplicar como que el 20% de hallazgos como defectos tienen la capacidad de perjudicar el 80% de la producción, y en la ingeniería de procesos se puede aplicar por ejemplo, en un hipotético caso de tener una línea de producción con problemas para cumplir con la producción, el 20% de las causas genera el 80% de los tiempos muertos.

El diagrama de Pareto según varios autores se conceptualiza como:

Una herramienta que sirve para determinar el orden de importancia de las causas de un efecto determinado; en otras palabras, proporciona información sobre las causas más importantes que provocan un problema. El diagrama de Pareto es una gráfica de barras combinada con una curva de tipo creciente que indica el

porcentaje que representan los datos graficados en las barras. (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 124).

Lluvia de ideas

Este método permite que el personal brinde sus ideas sin intimidarse, ya que brinda la libertad de opinar sin que los participantes se sientan intimidados, dado que las sesiones de lluvia de ideas siempre se tratan al personal participante de manera tal que se sienta a gusto opinando. También permite complementar varias ideas dadas en la sesión para llegar a una conclusión importante y así saber hacia donde llevar la investigación ya sea para la solución del problema o para la mejora que se necesite implementar. En fuentes de internet se pueden encontrar definiciones como las siguientes: “La lluvia de ideas es un método para generar ideas y resolver problemas claramente definidos. La lluvia de ideas combina un enfoque informal y relajado para la resolución de problemas” Soloindustriales (s.f.) <https://soloindustriales.com>. Recuperado el 12 de abril de 2023.

Kanban

Es un método de trabajo, en el cual es posible gestionar de manera provisoria un proceso, por ejemplo, si un lote de materia prima ya está por culminar en la línea de producción, utilizando Kanban, se debe tener listo otro lote del mismo material, de manera tal que cuando se termine el primero, de manera inmediata se coloque en la línea el segundo lote para que el proceso no se detenga.

Según la página Kanbanize, el termino Kanban se refiere a:

“Un método Lean muy popular, de gestión del flujo de trabajo para definir, gestionar y mejorar los servicios que proporciona el trabajo de conocimiento. Te

ayuda a visualizar el trabajo, maximizar la eficiencia y mejorar continuamente. El trabajo se representa en tableros Kanban, lo que te permite optimizar la entrega de trabajo a través de múltiples equipos y manejar, incluso los proyectos más complejos en un solo entorno.” Kanbanize (s.f.) <https://kanbanize.com>. Recuperado el 13 de abril de 2023.

Diagrama Causa y efecto

El diagrama causa y efecto es un método de gran utilidad para investigar la causa raíz de un problema, encontrar oportunidades de mejora en los procesos entre otras funciones, en el caso de la ingeniería industrial en procesos es muy útil para mejorar el proceso, ya sea eliminando tiempos muertos, investigar a fondo los factores que pueden estar ocasionando problemas específicos a la hora de producir; para poder realizar este diagrama se utiliza el método de seis M, para explicar de manera clara el método de 6 M es de suma utilidad para una investigación, se debe recalcar que este método se utiliza tomando en cuenta seis factores cuyos nombres inician con la letra M, los cuales son: Método, Mano de obra, Maquina, Medio ambiente, materia prima y medición.

Según los autores del libro de introducción a la ingeniería se define como:

Este diagrama también es conocido como el diagrama de Ishikawa, es muy práctico utilizarlo y tiene tres objetivos principales:

- a) Detección de soluciones a problemas.
- b) Determinar las causas raíz.
- c) Proponer posibles mejoras en procesos.

Este diagrama puede utilizarse en procesos de cualquier naturaleza, ya que es muy genérico. (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 119).

5 porqués

Es una técnica muy utilizada en la ingeniería industrial, y se desarrolló en el sistema de producción Toyota, consiste en realizar cinco preguntas del porqué de ciertas situaciones que se dieron durante el problema, y cada respuesta recibida es importante para entender la causa raíz de lo sucedido, también cada respuesta dada genera otra pregunta, que también genera otra respuesta, generando así contenido para analizar la posible causa raíz del problema. Para mayor referencia encontramos en la página web www.progressalean.com se menciona que “La estrategia de los 5 porqués consiste en examinar cualquier problema y realizar la pregunta: “¿Por qué?” La respuesta al primer “porqué” va a generar otro “porqué”, la respuesta al segundo “porqué” te pedirá otro y así sucesivamente”. Progressa lean (2014, 24 de febrero) 5 Porqués, Análisis de la causa raíz de los problemas. <https://www.progressalean.com>.

Tiempo estándar

Se obtiene a partir de los tiempos observados o cronometrados en el lugar de trabajo, la valoración del trabajo que se obtiene a partir de la cadencia y esfuerzo empleado por el operador, y sumándole el porcentaje de suplementos seleccionado. Según otros autores el tiempo estándar es “*En este paso se suman los tiempos totales concedidos para cada elemento que forme parte de una operación, y se obtiene el tiempo estándar por operación*” (López, 2019)

Takt Time

El takt time es el tiempo que debería consumirse para poder producir el total de la demanda, muchas personas lo conocen como el tiempo que se tarda en hacer un producto hasta su venta, y se obtiene dividiendo el tiempo de producción disponible entre la demanda; para ser más explícitos con el concepto cabe mencionar que otros autores indican: “El takt time es la velocidad a la que se debe completar un producto para satisfacer la demanda del cliente.” Kanbanize (s.f.) <https://kanbanize.com>. Recuperado el 17 de junio de 2023.

Caminatas Gemba

Una caminata Gemba se trata de ir al lugar donde se realizan los procesos, esto para ingeniería industrial es muy importante ya que permite ver que es lo que está pasando durante el proceso durante el proceso, aunado a esto permite hablar con las personas involucradas directamente en el proceso, y así entender si hay oportunidades de mejora en el área visitada, es una manera muy efectiva de realizar una investigación, ya que permite ser testigos de los hechos tal cual suceden, y también permite escuchar diferentes perspectivas de personas que participan en el proceso como tal, así se demuestra respeto y confianza hacia el colaborador involucrado en el proceso que sea entrevistado. Según la página web kanbanize el creador del método Gemba Ohno “ofrece una oportunidad real para que los ejecutivos dejen su rutina diaria, observen dónde verdaderamente sucede el trabajo y construyan relaciones con los trabajadores basadas en la confianza mutua”. Kanbanize (s.f.) <https://kanbanize.com>. Recuperado el 17 de abril de 2023.

Medición del trabajo

Se trata de medir cuanto tiempo consume un trabajador para realizar labores para las cuales está calificado, esta aplicación es importante para la ingeniería industrial en procesos para poder tener conocimientos objetivos basados en números del tiempo en el cual fluye un proceso, permite identificar posibles cuellos de botellas, permitiendo así buscar las mejoras pertinentes para eliminar tiempos muertos o bien mejorar dichos tiempos.

Para realizar un estudio del trabajo hay diferentes pasos a seguir como seleccionar que proceso se debe medir, anotar información relevante sobre el trabajo a evaluar, determinar diferentes variables estos entre otros pasos. La medición del trabajo varios autores la definen como “la medición del trabajo (MT) se refiere a la aplicación de técnicas cuantitativas para determinar el tiempo que tarda un trabajador “calificado” en efectuar sus tareas comparándolas contra estándares preestablecidos.” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 186).

Seis sigma (DMAIC)

Seis sigma es un sistema muy utilizado en ingeniería industrial para llevar a cabo proyectos de mejora continua, que permite gestionar los proyectos de manera ordenada, también permitiendo utilizar estadística para entender el nivel sigma que puede tener un proceso, obteniendo la varianza de este. También el método DMAIC se puede estructurar a partir de sus siglas, que en este caso se encuentran en inglés y poseen los siguientes significados: D de la palabra define (definir), M proviene de la palabra measure (medir),

A de la palabra analize (analizar), I de la palabra increase (incrementar o mejorar) y C de la palabra control (controlar). En ese orden se desarrollan los proyectos bajo esta metodología, siendo así un método sumamente completo y ordenado. El libro de seis sigma métodos estadísticos y sus aplicaciones reza lo siguiente que “Se refiere a un método para gestionar la calidad que se mezcla con ciertas herramientas estadísticas, con el propósito de mejorar un proceso a través de decisiones certeras” (Herrera,Fontalvo, 2006 p. 4).

Medición del trabajo

Se trata de medir cuanto tiempo consume un trabajador para realizar labores para las cuales está calificado, esta aplicación es importante para la ingeniería industrial en procesos para poder tener conocimientos objetivos basados en números del tiempo en el cual fluye un proceso, permite identificar posibles cuellos de botellas, permitiendo así buscar las mejoras pertinentes para eliminar tiempos muertos o bien mejorar dichos tiempos.

Para realizar un estudio del trabajo hay diferentes pasos a seguir como seleccionar que proceso se debe medir, anotar información relevante sobre el trabajo a evaluar, determinar diferentes variables estos entre otros pasos. La medición del trabajo varios autores la definen como “la medición del trabajo (MT) se refiere a la aplicación de técnicas cuantitativas para determinar el tiempo que tarda un trabajador “calificado” en efectuar sus tareas comparándolas contra estándares preestablecidos.” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 186).

Medición directa. Estudio de tiempos con cronómetros.

Esta técnica de medición del trabajo según lo investigado es la técnica más vieja, sin embargo, hoy en día continúa utilizándose, ya que suele ser más precisa y permite ver el proceso de primera mano y de esta manera entender las variables que se pueden presentar durante el trabajo, como el medio ambiente, variables de materia prima entre otras. El libro de introducción a la ingeniería menciona que el estudio de tiempos “es la técnica básica (y principal) de la MT. Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo” (Baca, Cruz, Cristóbal, Baca, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Obregón, 2014, p. 187).

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Esta sección del actual capítulo se justifica el cómo se decidió realizar este proyecto teóricamente y también señalar y describir el impacto, los beneficios y los efectos que tendrá en los diferentes lapsos de tiempo, tanto en términos cualitativos como cuantitativos.

Este proyecto trae consigo ventajas económicas, políticas, sociales entre otras, ya que Smith & Nephew es una empresa que es parte del nicho de industria médica, lo cual a nivel político es importante ya que el país cada vez obtiene más inversión extranjera a través de este tipo de empresas, lo cual se ha vuelto una estrategia política, el aumentar la calidad de la educación para la mano de obra especializada que laboren para este tipo de empresas, por lo que cada aporte que se pueda dar para que estas empresas sean beneficiadas, es también un beneficio para la sociedad costarricense, ya que dichos

beneficios difunden una buena publicidad para el país y por lo tanto más inversiones de empresas de industria médica.

Cabe recalcar que el proyecto tiene un impacto económico positivo para la empresa, ya que se busca mejorar la calidad del proceso y del producto mediante métodos que la ingeniería industrial sustenta tanto de manera teórica como práctica, proveyendo mayor eficacia en el proceso y manteniendo la calidad del producto.

Para iniciar este proyecto es de gran importancia entender bien cuál es el problema que está pasando línea seis para así poder definirlo de manera correcta, a partir de esta primer etapa de definición del problema facilitará las siguientes etapas del proyecto, el cual se realizará mediante la metodología six sigma DMAIC.

La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) es un método muy utilizado en la ingeniería industrial, en el cual se analiza una situación o problema desde muy afondo, tomando en cuenta datos tanto teóricos como numéricos, para así lograr una profundización de conocimiento y así realizar mejoras de procesos eficientes y eficaces. También durante el proyecto se apoyará el método DMAIC con herramientas como el diagrama de Ishikawa para analizar la causa raíz del problema existente, entre otras herramientas que serán utilizadas durante el proyecto.

2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes.

El tema de mejoramiento de procesos es demasiado amplio, lo es aún más cuando se trata de la ingeniería industrial, al buscar en el navegador de internet aparecen infinidad de trabajos a cerca de investigaciones para mejorar procesos en específicos, por lo tanto,

se seleccionó una tesis cuyo objetivo de investigación se asemeja bastante a la presente investigación.

La tesis del ingeniero Fabrizio Gabriel Rioja Velazco llamado PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA “TALARA CATERING SERVICE” S.A.C. PARA LA ATENCIÓN DE SU DEMANDA POTENCIAL. Señala que dicha investigación se basó en el análisis del proceso productivo de raciones de comida de la empresa “Talara Catering Service” S.A.C que durante la investigación del autor señala que presentaba una demanda insatisfecha.

En la tesis se describe que el análisis consistía en diagnosticar el estado para ese entonces actual de la empresa para identificar los principales problemas que sufría el proceso de producción que impedían aumentar la cantidad de raciones generadas y esto con el objetivo de proponer un plan bien elaborado de mejora. El ingeniero Rioja utilizó entre sus referencias a Hayes, 2008.

El ingeniero utilizó la metodología de estudio del trabajo, estudio de tiempos y movimientos y diagramas del proceso, mediante dicha metodología se determinó el cuello de botella que era la etapa de habitación, determinó el tiempo que tardaba en realizarse esa etapa del proceso. Una vez el ingeniero identificó los problemas propuso una nueva distribución de la planta y también propuso nuevos métodos que disminuirían el factor de movimientos durante el proceso de habitación, el cual es el cuello de botella del proceso, haciendo el trabajo más productivo.

Capitulo III: Metodología de trabajo

3.1 Metodología para la definición del problema.

Con la metodología DMAIC se pueden realizar proyectos de manera ordenada y permite dar más visibilidad a personas que no están involucradas en el proyecto, por esta razón se seleccionó dicha metodología para abordar la investigación de este proyecto en todos sus procesos como tales. Se utilizaron técnicas y herramientas de ingeniería industrial que serán descritas en los siguientes párrafos. La siguiente tabla muestra un resumen de lo realizado en la presente sección:

Tabla 5. Definición del problema

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Definir los aspectos que se deben mejorar en el proceso de línea seis para poder alcanzar la meta de producción necesaria	Realizar caminatas y entrevistar personal.	Caminata Gemba, Entrevista, Acta del proyecto	Se entrevista al supervisor de producción para obtener datos monetarios Se ingresó al cuarto limpio con una tablet como herramienta, para recolectar datos, se camina alrededor de la línea en compañía	Una semana	Supervisión de producción, líder de línea, entrenadora de transferencias (puesto de la desarrolladora del proyecto) y

del líder de línea, operarios
el cual provee de
información del producción.
proceso, y da la
autorización para
observar el
proceso durante el
tiempo necesario.

Fuente: elaboración propia

En esta primer etapa de definición del problema, se trabajó según lo estipulado en la etapa de “Define” de la metodología DMAIC, para la cual se inició con una serie de entrevistas a miembros del equipo, en la cual se dieron a conocer diversos problemas que se daban en línea seis, que podrían haber dado paso a una productividad sin tendencia a la mejora; cabe resaltar que para las entrevistas se utilizó la técnica de los 5 porques, y de esta forma establecer de manera estructurada cada pregunta realizada a los entrevistados, y para lograr hacer las entrevistas se ejecutó una caminata Gemba.

El gemba fue muy importante realizarlo, esto porque es necesario ir y ver el proceso en donde suceden los hechos es primordial para entender lo que sucede en tiempo real, además de verlo en tiempo real, se entiende con la claridad necesaria el proceso que se está estudiando. Realizar el gemba fue de gran importancia, sin embargo, debe complementarse con más herramientas de la ingeniería la definición del problema para el proyecto, ya que es necesario tener mejor visibilidad de los datos obtenidos en el gemba.

Una vez se realizaron las herramientas mencionadas anteriormente, se obtuvo la definición del problema de manera satisfactoria, ya que la información recopilada fue pilares para la elaboración del presente proyecto, por lo tanto, se continúa con la medición del proceso.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

En esta parte del proyecto se trabajó en base a la sección medir de la metodología DMAIC, en la cual era necesario medir los datos cuantitativos que se recolectaron durante la elaboración del proyecto; estos datos fueron recolectados bajo herramientas de la ingeniería industrial que serán descritas en el desarrollo de esta sección.

El estudio del trabajo es una herramienta utilizada en la ingeniería para obtener datos en el puesto del trabajo, que facilitan el estudio de las labores realizadas en el proceso, ya que provee de diferentes técnicas al ingeniero, para que este pueda realizar el análisis correcto y preciso para realizar mejoras de proceso y así solucionar problemas que impidan llegar a metas deseadas.

Diagrama de flujo

Para realizar el estudio de trabajo, se procede a realizar un diagrama de flujo, para tener una mejor visualización del proceso y hacer posible una manera más eficiente de realizar el correspondiente estudio, ya que se puso en evidencia una serie de inspecciones y tiempos muertos o mudas que no se tenían mapeados.

Toma de tiempos

Se decidió realizar el estudio del trabajo mediante la técnica de toma de tiempos, ya durante la investigación del proyecto se llegó a la conclusión de que es el método más preciso para medir el trabajo, ya que permite ver en tiempo real el proceso y aunado a esto permite la recolección de datos numéricos en relación con el tiempo que toma el trabajo realizado, tomando en cuenta variables como el entorno, el operario, duración de la máquina, entre otras.

Para poder realizar la toma de tiempos la empresa suministró una tablet para la cual el ingeniero del departamento de ingeniería industrial solicitó que los tiempos fueran tomados mediante videos, con lineamientos como tomar en cuenta los diferentes números de parte que se trabajan en línea seis, el operario que se fuera a analizar no debía tener menos de tres meses en la empresa, el video siempre debía mostrar las dos manos del operador.

Recolección de datos

Seguidamente, después de haber realizado los videos con las tomas de tiempos, se recolectaron los datos en una hoja de Excel, en la misma se anotaron tiempos por estación de trabajo según el número de parte trabajado, esto permitió que se obtuviera una visualización muy amplia del proceso, y también ayudaron a determinar cuál es el cuello de botella del proceso.

Tabla 6. Etapa de medición

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsabilidades
Realizar la medición de tiempos en las estaciones de trabajo de línea seis, determinar los cuellos de botella de la línea.	Realizar el estudio del trabajo, elaborar para un diagrama de flujo y seguida mente una toma de tiempos.	Diagrama de Flujo, Toma de tiempos.	Se realizó la toma de tiempos en cada estación de trabajo	un mes	Ingeniero Industrial, entrenado de transferencia.

Fuente: elaboración propia

3.3 metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso.

La presente sección del proyecto se enfoca en inferir la metodología de Analizar según DMAIC, se utilizaron herramientas de la ingeniería que facilitaron la argumentación de los datos, para poder iniciar el análisis de los datos recolectados, se utilizó una hoja de Excel.

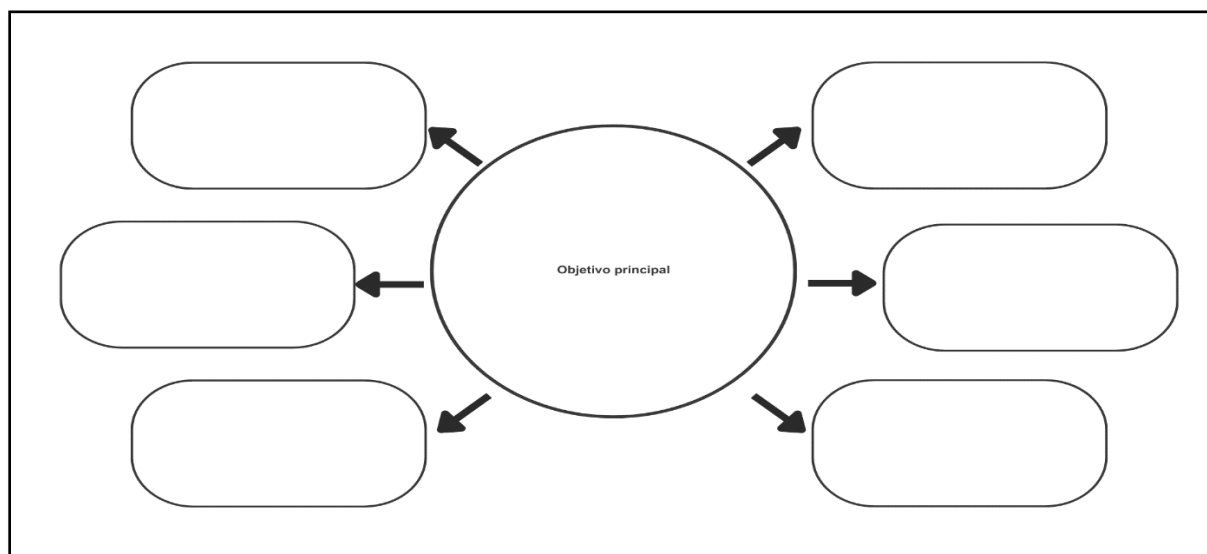
Una vez documentados los datos en la hoja de Excel, se decide realizar un, para así poder observar de manera más fácil los datos, y analizar cuáles son las operaciones que más duración tenían durante su respectivo proceso. En esta etapa se pensó en no realizar un diagrama causa y efecto, sin embargo, se determinó que, si era necesario porque es requerido en esta sección entender las causas raíz y también ver el estatus del tiempo tardado en las operaciones, y de esta forma plantear las mejoras que podrían ser implementadas.

Se plantearon cinco preguntas a personas seleccionadas al azar que forman parte del equipo de línea seis, lo único que se tomó en cuenta para seleccionar a dichas personas es que tuvieran más de un año trabajando en la línea. Las preguntas que se les plantearon serán mencionadas más adelante. Dichas preguntas fueron un medio de importante para obtener información y para entender diferentes variables en el proceso, sin embargo, no fueron suficientes para determinar el problema real, ya que muchas respuestas fueron subjetivas.

Cabe mencionar que para realizar el análisis del problema, se reúnen diversas personas miembros del equipo de línea seis y se realiza una sesión de lluvia de ideas, en la cual se dan a conocer que hay varios aspectos que el personal asume les ha afectado en el

desempeño diario de línea seis, para poder documentar el resultado de la lluvia de ideas, se realizó un mapa mental, el cual consiste en proponer un objetivo principal en el centro y rodearlo de ideas, ver siguiente imagen como referencia de como se ve un mapa mental:

Figura 2: Formato de mapa mental que se realizó para la elaboración de la lluvia de ideas



Fuente: elaboración propia

Después de la lluvia de ideas se realizó durante esa misma sesión el ejercicio de los 5 porqués, para esto se realizó una plantilla proyectada en la pantalla y se fueron anotando cada pregunta y cada respuesta, para mayor referencia se puede observar la siguiente figura:

Figura 3: Plantilla utilizada de los 5 porqués

Análisis 5 Porqué								
	Causas	Porqué 1?	Porqué 2?	Porqué 3?	Porqué 4?	Porqué 5?	Causa Raíz	Propuesta de solución
Mano de obra	Causa 1							
Máquina	Causa 1							
Método	Causa 1							
Materiales	Causa 1							
Medición	Causa 1							
Medio Ambiente	Causa 1							

Fuente: elaboración propia

Al haber recopilado varias ideas e información con las técnicas utilizadas al inicio de proyecto, se elabora un diagrama de causa y efecto también conocido como el diagrama de Ishikawa, donde los aspectos evaluados están vinculados a las 6 M (método, mano de obra, máquina, materia prima, medio ambiente y medición).

Con el diagrama de causa y efecto se logran organizar las ideas obtenidas con los 5 porques y con la lluvia de ideas, dando una mejor visualización de posibles causas del problema y así también llegar a la causa raíz respectiva, cabe recalcar que el diagrama provee un mejor orden de ideas, y al realizarlo, su forma que es similar a la de una espina de pescado es de gran ayuda visual. La siguiente figura contiene un ejemplo de un diagrama causa y efecto, cabe recalcar que se elaboró con fines meramente ilustrativos para dar a entender de mejor manera el concepto de cómo se utilizó el diagrama causa y efecto en el presente proyecto:

Figura 4. Diagrama causa y efecto

Tabla 8: Etapa de análisis

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsabilidades
Analizar las posibles mudas existentes en el proceso de producción de línea seis, partir de tiempos recolectados.	Realizar una lluvia de ideas para sugerir mejoras a implementar, también un diagrama de Ishikawa para ordenar la lluvia de ideas según su categoría.	Lluvia de ideas, Diagrama de causa y efecto.	Se realizó de 5 ideas, porqués y diagrama de Ishikawa para analizar de manera objetiva la investigación.	1 mes	Entrenadora de transferencias, líder de línea, supervisor de producción, inspector de calidad, operarios.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Este proyecto se elabora en base a la metodología DMAIC, por lo que en esta sección se argumentará la metodología de la implementación del proyecto. Cabe recalcar que en este proyecto se busca aumentar la productividad de línea seis por lo que se utilizarán herramientas de la ingeniería que sean efectivas para que la implementación sea exitosa.

Se realizará un diagrama de Gantt para poder planificar de manera eficaz la implementación de la propuesta para eliminar tiempos muertos en las operaciones que más consumen tiempos en línea seis. En la empresa existe un sistema de ideas de mejora para el departamento de excelencia operacional, por medio de este sistema es que se desarrolló el presente proyecto.

Para implementar la mejora en el proceso de horno, el cual es utilizar los fixtures que ya existen en la empresa, para poder ingresar al horno hasta tres órdenes de producción distintas, y realizar un sistema Kanban para poder utilizar el horno de manera sistemática y ordenada, sin perder la trazabilidad de los productos. También para implementar la mejora de calibrar y realizarle el mantenimiento preventivo a la máquina de inspección de fugas, en periodos de tiempo más cortos, se requiere elaborar un plan de acción.

Los responsables de implementar estas mejoras serían los gerentes de la cadena de valor, para aprobar la iniciativa, los ingenieros industriales para que implementen según el diagrama de Gantt las mejoras pertinentes, y para que realicen los cambios en los procedimientos respectivos, los supervisores de producción y líderes de línea deben velar porque su equipo de trabajo realicen los procedimientos de manera adecuada, y la entrenadora de transferencias debe suministrar el conocimiento del proceso a los operarios para que puedan trabajar de la manera correcta según los lineamientos de calidad.

Tabla 9: *Etapas de implementación del proyecto*

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsabilidades
----------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------	--------------------------

Proponer soluciones que sean viables para implementar en línea seis y así incrementar la producción.	Realizar un diagrama de Gantt para planificar la implementación del Kanban en horno y el cambio de periodos de mantenimiento y calibraciones y luego realizar un plan de acción	Diagrama de Gantt, Kanban	Se realizará un Gantt para realizar el Kanban y la implementación del uso de los fixtures de colores.	1 mes	Ingeniero industrial, Supervisore de producción, líder de línea, entrenadora de transferencias y operarios
--	---	---------------------------	---	-------	--

Fuente: Elaboración propia

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

En la presente sección de este proyecto se argumenta la etapa de “controlar” pertinente al sistema DMAIC, por medio de los reportes de producción que se realizan en cada turno laborado, se llevará un control del producto final realizado teniendo cada dos semanas una reunión para analizar los datos acumulados, realizando un histograma para que haya una ayuda visual.

Para poder controlar que estos cambios perduren con el tiempo se realizará una modificación en los procedimientos de proceso, para poder agregar el uso de los fixtures con diferenciación de colores y así lograr que la limpieza de línea sea factible hacerla con tres órdenes de trabajo adentro del horno al mismo tiempo, también hacer las modificaciones en la frecuencia de calibración de la máquina de inspección de fugas en cableado.

Tabla 10: Etapa de control del proyecto

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsabilidades
Controlar las mejoras implementadas para que perduren con el tiempo convirtiéndose	Hacer histogramas con datos de producción, modificación a los	Procedimientos.	Realizar modificaciones en los procesos.	1 mes	Ingeniero industrial, Entrenadora de transferencias.

e así en parte procedimiento

de la cultura s.

de

producción

de la línea.

Fuente: *Elaboración propia*

Capitulo IV: Análisis de causas raíz

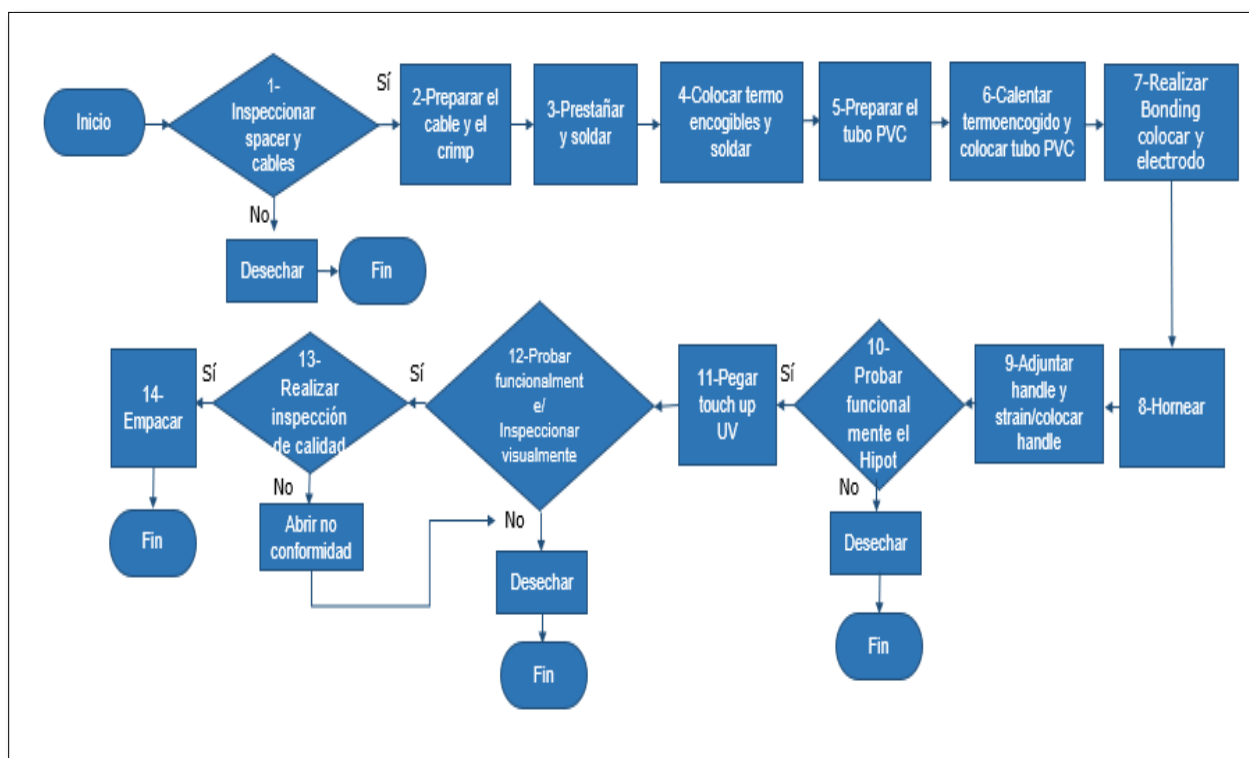
4.1 Representación de la situación actual.

En el presente capítulo se proporcionarán las principales causas del problema que se estableció en capítulos anteriores, las mismas serán respaldadas mediante datos cuantitativos, cabe mencionar que se desarrollarán las etapas de “medir” y “analizar” del método DMAIC.

4.2 Explicación del proceso productivo en línea seis.

En esta sección se dará una explicación descriptiva del proceso en línea seis y se adjuntará un diagrama de flujo para que se entienda de manera fácil y detallada el flujo del proceso. Ver la siguiente figura:

Figura 5: Diagrama de flujo general de línea seis



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta una explicación del diagrama de flujo de línea seis, el líder procede a entregar la hoja de ruta al operador de la estación de trabajo de inspección de spacer y cables, operación que permite evitar que los cables y los spacer estén en malas condiciones en el momento de realizar el ensamble, evitando así generar desecho en las siguientes operaciones, por lo tanto esta inspección es de gran valor para el proceso, ya que proporciona costos evitados el mismo operador realiza la limpieza de línea correspondiente, ejecuta la inspección de los componentes, y en línea sucesivamente las operaciones que continúan deben iniciar con la limpieza de línea para iniciar la orden de trabajo desde cero, cabe resaltar que la limpieza de línea es importante para evitar mezclas de materiales, que no permitan al producto que sean trazables. Si los spacers y los cables fueron aceptables pasan a la siguiente operación de preparación de cable y crimp, los materiales que no sean aceptables se proceden a desechar en un contenedor rojo. Después de la preparación de cable y crimp se procede a prestañar los cables y a soldar, seguidamente se procede a colocar los termo encogibles y a soldar seguidamente se calienta con una pistola de calor los termo encogibles y colocar el tubo PVC, por aparte se realiza el bonding y se realiza el electrodo para meterlos al horno.

Cabe mencionar que en el horno no hay capacidad de ingresar la totalidad de piezas de las ordenes de producción por lo que generalmente las estaciones de trabajo anteriores suelen terminar una orden de trabajo sin que horno haya podido cubrir la totalidad de la orden de trabajo por lo que las operaciones anteriores a horno pueden acumular cierta cantidad de wip, pero llegan a un punto de generar mudas por espera. Después de horno se continua adjuntar el handle y strain para colocarlos con el resto de las piezas, después de la operación de handle, en la operación de adjuntar el handle y el strain generalmente

se generan esperas, ya que la operación de Hornear suele tardar mucho, se procede a realizar la prueba funcional de dicho ensamble, tal punto de control es vital para corroborar que el dispositivo médico si es funcional, dado que esta prueba se les realiza al 100% de los lotes, el valor que agrega no es tan solo monetario, sino que también le adiciona seguridad y confianza a los clientes, ya que si el dispositivo no funcionara se desecha en proceso, y no cuando esté siendo utilizado por un doctor en cirugía, por lo que de no ser aceptable se proceden a desechar las piezas, de lo contrario se prosigue con pegado de touch up UV, una vez realizada esta operación el proceso de ensamble estaría listo, solo haría falta realizar las pruebas funcionales y visuales, de las cuales, al igual que las pruebas funcionales del Hipot se realizan al 100% y agregan el mismo valor tangible e intangible al producto, ya que si las unidades inspeccionadas son aceptables, pasan a espera de que calidad realice su muestreo de aceptación, de lo contrario las pruebas serian rechazadas y desechadas en un contenedor rojo.

Una vez terminada la inspección por parte de manufactura, calidad procede a realizar su muestreo, si la muestra no es aceptable, calidad procede a realizar una no conformidad, en donde se debe realizar una investigación robusta para determinar la causa raíz del fallo de la muestra, y realizar un retrabajo, y se deben volver a inspeccionar las unidades visual y funcionalmente, para poder así dar como aceptada la orden; de lo contrario si la muestra de la orden de trabajo fue aceptable desde el inicio, la orden procede a ser empacada, y sería el final de la orden de producción en la línea de ensamble.

Cabe mencionar que la línea tiene una línea espejo, es decir, hay dos estaciones de trabajo por cada operación, por lo que a veces pueden trabajar dos órdenes de trabajo o

más en la línea de producción, pero se detiene el proceso una vez que el horno no haya terminado de trabajar una orden.

4.3 Toma de tiempos

En la sección presente se anotarán los datos de los tiempos que fueron tomados en línea seis, los cuales se tomaron durante los tres diferentes turnos, en diferentes números de partes del producto, ya que las diferencias entre cada número de parte principalmente eran colores de ciertos componentes, y posición de soldaduras distintas, por lo que los tiempos se tomaron de manera general, y no por cada número de parte, también la cantidad de operarios a considerar se realizó filtrando los operarios según el tiempo trabajado en la empresa, el mismo debía ser mayor a tres meses y también tomando en consideración los tres turnos, ya que la medición de tiempos fue aleatoria entre ellos. Para determinar el tamaño de la muestra se realizó el cálculo con la fórmula de muestra finita, es decir, se logró determinar la cantidad de tiempos a considerar en el análisis de tiempos utilizando la fórmula que se encuentra en la tabla 10 a continuación:

Tabla 11: Formula de muestra finita

Fórmula	Significado de las letras
$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + \frac{Z^2}{a} * p * q}$	N Tamaño de la población Z Es el nivel de confianza p Probabilidad de éxito q Probabilidad de fracaso E Error de estimación máximo aceptado

Fuente: (INA)

Basada en la formula anterior, los datos utilizados se muestran en la siguiente tabla 11:

Tabla 12: Tabla con el resultado de la muestra a considerar:

Fórmula	Valores
$n = \frac{128 * (1.96^2) * 0.5 * 0.5}{0.03^2 * (128 - 1) + (1.96^2) * 0.5 * 0.5}$	N 128
	Z 95%(1.96)
	p 50%(0.5)
	q 50%(0.5)
	E 3%(0.03)
Resultado de muestra obtenido	n= 114.4

Fuente: elaboración propia

Se desconocía el porcentaje de éxito y el de error, por lo que se decidió dividirlo y asignarle a cada uno el 50%, y el error que se consideró aceptado fue de un 3%, todo esto para realizar la fórmula de cálculo de muestra de manera estadística aceptable, y por ende el resultado obtenido fue de 114.4, por lo que se decide redondear a 114 los tiempos que eran necesarios tomar en consideración de los 128 tiempos realizados, cuando se menciona que el total de tiempos realizados son 128, es porque dentro de los tiempos que se tomaron en videos, que fueron un total de 200 videos, solamente 128 videos eran aceptables ya que cumplía con los requisitos necesarios los cuales eran que se lograra ver con claridad el movimiento de ambas manos del operador y no hubieron interrupciones externas durante el video, sabiendo esto, se obtiene dividiendo los 114 tiempos entre la cantidad de operaciones, que son 14 en total, para tener mayor información sobre las 14 operaciones del proceso, refiérase a la figura 5; se determina que son 10 tiempos de cada operación, tomando en cuenta a 10 operarios, que obtuvieron una valoración de trabajo del 100%. Según las descripciones anteriores, se realiza la respectiva toma de tiempos y por ende se procede a calcular el tiempo estándar. Ver la siguiente tabla 13 con los datos de los tiempos:

Tabla 13: Datos de las tomas de tiempos y resultados del tiempo estándar

		Elementos de la tarea													
Operario	Valoración	Observaciones													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	100%	53	52	49	54	51	53	57	95	48	58	61	78	78	62
2	100%	52	54	48	53	54	52	59	97	52	59	65	80	79	69
3	100%	54	53	51	52	58	59	59	96	54	61	70	79	81	67
4	100%	53	55	49	53	54	55	69	94	49	63	62	78	84	68
5	100%	56	59	52	51	56	57	66	95	50	63	71	79	86	67
6	100%	54	59	51	55	54	59	58	94	51	65	68	86	79	71
7	100%	55	53	53	54	57	59	63	96	48	62	63	85	87	60
8	100%	54	56	54	55	52	60	65	97	49	61	65	84	86	59
9	100%	53	55	53	53	53	51	66	96	50	62	69	83	74	70
10	100%	57	60	55	52	56	56	71	97	51	61	72	78	79	69
Promedio seg.		54.1	55.6	51.5	53.2	54.5	56.1	63.3	95.7	50.2	61.5	66.6	81	81.3	66.2
Promedio min		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.6	0.8	1.0	1.1	1.4	1.4	1.1
Tiempo Estándar		1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.7	1.0	1.2	1.3	1.5	1.5	1.2
Piezas/Hr		66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5
Piezas (8 hr)		532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3	532.3
Piezas (24 hr)		1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7	1064.7
Suplementos 14%															

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos fueron anotados en segundos, sin embargo, en se realizaron las conversiones a minutos, y horas para poder apreciar la medición del tiempo desde las diferentes unidades de medidas del tiempo, para dar una mayor claridad de los datos desde diferentes perspectivas, lo que provocó que no fueran evaluados en la toma de tiempos, para tener una visualización más certera de los tiempos requeridos para producir sin exceso de confianza. Se anota la valoración de 100% de cada operación y un 14% de suplemento, este porcentaje se calculó tomando en consideración la tabla de suplementos (Yepes, 2022), (Fatiga por variables 6% + fatiga por constantes 7% dando como resultado un 13%, y se le suma un suplemento de contingencia que no está en la tabla de suplementos, de paro mecánico de un 1% dando como resultado un 14% de

suplementos) con el resultado de estos factores realizó el cálculo del tiempo estándar de cada operación.

Según los datos de toma de tiempos, se confirma la larga duración que tiene la operación de horno con respecto a las demás operaciones evaluadas en la operación de Horno. En la siguiente gráfica presentada en la figura 6, se puede observar el tiempo estándar en minutos de las operaciones evaluadas en la toma de tiempos efectuada en línea seis:

Figura 6: Gráfica con datos de la toma de tiempos con resultados en segundos



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la figura 6, la operación de Horno toma un tiempo de estándar de de 1.7 minutos por cada unidad producida, siendo este el tiempo estándar más alto de todos.

Además de estos datos, se investigó con el departamento de planeación y de ingeniería industrial, cuál era el porcentaje de disponibilidad de máquina, cuanto tiempo de descanso y de variabilidad había en el turno, es decir de descanso, esto para así obtener el takt-time del proceso, ver la tabla 13:

Tabla 14: Takt-time de línea 6

Takt Time=	Tiempo neto disponible	
	Demanda del cliente	
Demanda mensual	28050	Unidades
Días laborados al mes	24	días
Día de trabajo	1440	min
Hora no productiva	180	min
Scrap o desecho	3	%
Tiempo disponible de máquinas	87	%
Demanda de cliente total mensual	28892	Unidades
Demanda cliente diaria	1203.8	Unidades
Tiempo Neto disponible	1096.2	Min diarios
Takt Time=	0.911	Min por pieza
Takt Time=	54.636	Segundos por pieza

Fuente: elaboración propia

Es importante recalcar que se determinó obtener el resultado del takt time, ya que es de suma importancia saberlo para así conocer cuál sería el tiempo ideal de cada operación para poder cumplir con la demanda actual del cliente, por eso es relevante entender la tabla 14 mostrada anteriormente.

Con el resultado del takt-time obtenido, se concluye que, para poder cumplir con la demanda, se deben realizar 0.911 unidades cada minuto laborado viendo la información anterior, se puede deducir que la operación de horno es la que tiene la diferencia más importante con respecto al takt-time obtenido, ya que el Tiempo estándar es de 1.7 minutos para realizar cada pieza, estos datos que reafirman que el cuello de botella del proceso es la operación de Horno, permiten enfocar el análisis de la situación actual del proceso, para encaminar posibles mejoras con respecto cuello de botella y que el mismo se acerque al valor del takt time obtenido.

4.4 Análisis de la situación actual.

Para la presente sección, una vez obtenida la medición del tiempo, y las herramientas anteriores, se procedió a realizar un diagrama de Pareto, para así analizar de manera más detallada los resultados de los tiempos, y así entender cuáles son las operaciones con los tiempos más bajos, para centrar así el análisis en esas causas.

Es importante recordar el principio fundamental del diagrama de Pareto, el cual consiste en que el 20% de las causas ocasionan el 80% de los problemas, y abordando ese 20% de las causas es que se encuentran las soluciones más acertadas a los problemas. En el caso de la presente investigación, se tomaron los datos obtenidos en el estudio de tiempos, y se pensó en realizar un diagrama de Pareto para analizar en orden las causas

del problema sin embargo se determina que las variables presentadas en las tomas de los tiempos no eran necesarias presentarlas en un Pareto sino más bien en una tabla, ya que los datos de tiempos no son suficientemente representativos para un diagrama de Pareto.

En la figura seis se demuestra como la operación de horno queda en el primer lugar de las causas de una producción baja, y que por lo tanto no se puede cumplir con la demanda del cliente ya que el cuello de botella, que es la operación de horno, tiene un valor superior al takt-time el cual es de 0.911 minutos por unidad. Ver la siguiente figura 6 para mayor referencia sobre lo mencionado.

Se puede observar en la siguiente tabla 14, que el 50% de las operaciones si cumplen con el takt time mientras que el otro 50% de operaciones no cumplen con ese valor, lo que deja en evidencia que efectivamente hay problemas que solucionar y mejoras por implementar.

Tabla 15: resumen de datos en tiempo de ciclo

Operario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tiempo Observado	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.6	0.8	1.0	1.1	1.4	1.4	1.1

Takt Time= 0.911 seg

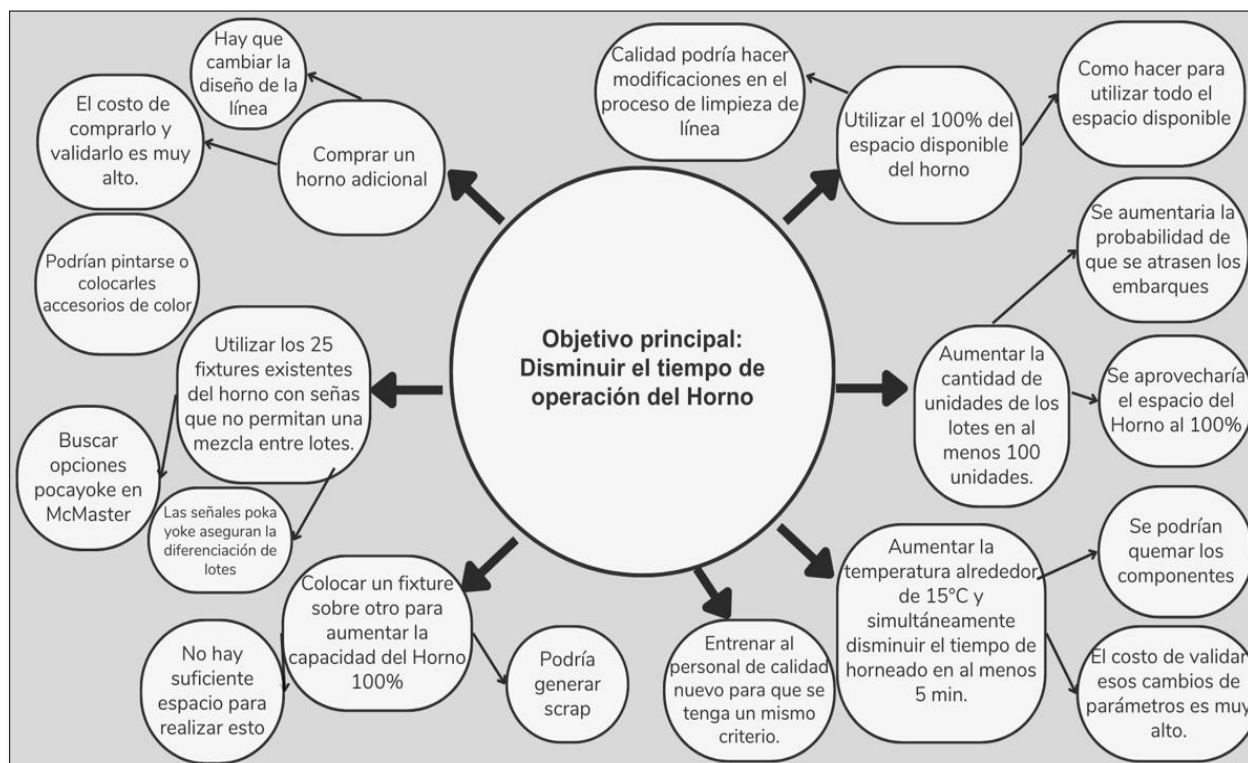
Fuente: *Elaboración propia*

Después del análisis de la tabla 13, se realiza una lluvia de ideas con miembros del equipo de trabajo de diferentes posiciones, entre ellas que participaron en la lluvia de ideas están supervisor, operarios, líder de línea, ingeniero industrial e inspector de calidad, ya que es importante tomar en consideración diferentes perspectivas del personal, esto hace el enfoque de la investigación más global.

Para realizar la lluvia de ideas se realizó un mapa mental en el cual se estableció un objetivo principal, el cual fue propuesto partiendo de los resultados que se obtuvieron de la toma de tiempos, donde se delimitó cuales operaciones consumen más tiempo de operación y en este caso se decidió enfocarse en el cuello de botella que es la operación de Horno.

El objetivo principal establecido fue disminuir el tiempo de operación en horno. En la figura 6 se puede observar cómo se realizó el mapa mental, en el cual las ideas principales son las que preceden las flechas más grandes a partir del mapa mental, para el cual se utilizó una pizarra para formar la figura del mapa mental y que el personal diera sus respectivas ideas y las discutieran, ver la siguiente figura 7 para mayor referencia:

Figura 7: Mapa mental con lluvia de ideas



Fuente: elaboración propia

Se realizaron diversos comentarios a partir de cada idea, se plasmó una tabla con los datos obtenidos, con un poco más de detalles que el mapa ya que el espacio del mapa se tornó un poco reducido, esta herramienta facilitó ver la perspectivas diferentes del equipo de trabajo, para esto se creó un ambiente familiarizado, que incluyó un refrigerio, de esta forma el personal involucrado sintió la confianza para realizar comentarios con ideas valiosas, ya que se les comunicó la importancia del conocimiento que ellos poseen en el respectivo proceso. En la tabla 15 presenta el análisis del mapa mental.

Tabla 16: Mapa mental de lluvia de ideas

Análisis de la lluvia de ideas	
Ideas principales del mapa Mental	Análisis de ideas
Utilizar el 100% del espacio disponible del horno	Calidad podría hacer modificaciones en el proceso de limpieza de línea, para poder tener más de una orden de trabajo en el horno. Como hacer para utilizar todo el espacio disponible, si hay procedimientos de calidad que lo impiden
Aumentar la cantidad de unidades de los lotes en al menos 100 unidades.	Se aprovecharía el espacio del Horno al 100%, habría que pedir más tiempo al cliente para la entrega. Se aumentaría la probabilidad de que se atrasen los embarques, y que, si un lote falla, se comprometería la métrica de liberación de embarques.

Aumentar la temperatura alrededor de 15°C y simultáneamente	El costo de validar esos cambios de parámetros es muy alto, por cuestión de mano de obra y la delimitación de la línea.
disminuir el tiempo de horneado en al menos 5 min.	Se podrían quemar los componentes, ya que no se sabe la reacción del plástico y el Loctite a una mayor temperatura.
Colocar un fixture sobre otro para aumentar la capacidad del Horno 100%	No hay suficiente espacio para realizar esto, el Horno no es suficientemente alto para esto Podría generar desecho, ya que se podrían aplastar las piezas con el fixture
Utilizar los 25 fixtures existentes del horno con señas que no permitan una mezcla entre lotes	Buscar opciones poka-yoke resistentes al calor en McMaster Podrían pintarse o colocarles accesorios de color
Comprar un horno más y validarlo	El costo de comprarlo y validarlo es muy alto. No hay tiempo ni personal suficiente para validar un nuevo horno.

Fuente: elaboración propia

En la sesión de lluvia de ideas, se aprovechó el espacio con cinco personas que se presentaron a la sesión, para realizarles los 5 porqués, se recolectaron las preguntas en una tabla donde coincidieron en respuestas muy similares, por lo que se desarrollaron, según los seis métodos en mano de obra, máquina y método.

Para método la opinión fue muy consistente en que el procedimiento de limpieza de línea no es muy claro, y que permite suspicacias en cuanto a la interpretación de este, por lo que tiene oportunidades de mejora, ya que al este ser redactado de manera tan estándar, no ayuda a aclarar el criterio en personal de poca trayectoria en la empresa.

Para mano de obra se determina que el personal que trabaja en calidad es nuevo en la empresa y han tenido inconsistencias en cuanto al criterio que hay para realizar el proceso de limpieza de línea, en un pasado si daban autorización de ingresar ordenes distintas, pero al haber un cambio de personal, el criterio cambió, y se ha sentido el cambio en cuanto a cantidad de producción desde que se emitió dicha restricción.

En cuanto a máquina, se mencionó que los fixtures que son utilizados para meter el material en el Horno son todos idénticos por esta razón no se tiene como hacer una separación entre números de orden, porque de lo contrario se podría demostrar que si hay métodos para evitar una mezcla entre materiales de diferentes órdenes de compra. Para un mayor detalle de las preguntas realizadas, se realiza una tabla con los datos recopilados con los 5 porqués, la misma se ve en la tabla 16 a continuación:

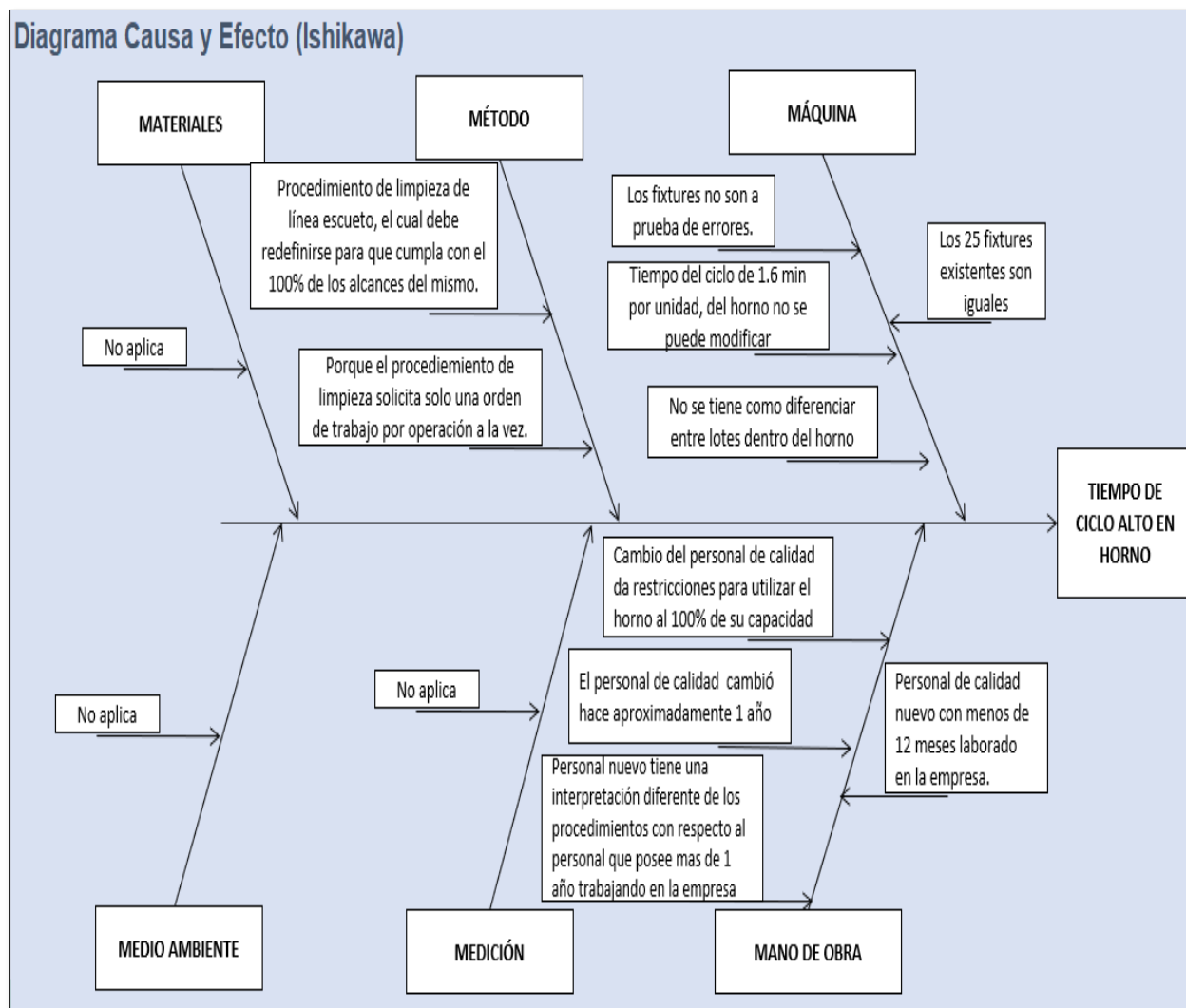
Tabla 17: *Análisis de los 5 porqués*

Análisis 5 Porqué								
Causas	Porqué 1?	Porqué 2?	Porqué 3?	Porqué 4?	Porqué 5?	Causa Raíz	Propuesta de solución	
Mano de obra	Causa 1	Porqué el horno es más lento? Desde que cambió el personal de calidad hay restricciones para utilizar el horno al máximo de su capacidad.	¿Porqué sobra espacio en el horno en cada ciclo? El personal de calidad cambió hace aproximadamente un año y no permite agregar material de diferentes lotes para aprovechar todo el espacio del horno	¿Porqué calidad no permite aprovechar el espacio del horno al máximo? El personal nuevo tiene una interpretación diferente de los procedimientos	Porqué el procedimiento no permite colocar las piezas necesarias para aprovechar el espacio? No todo el personal interpreta igual el procedimiento de limpieza.	¿Porqué el procedimiento de limpieza es interpretado de manera distinta? Porque es redactado de manera muy general, no hay excepciones según el proceso que involucre	Personal de calidad nuevo	Entrenar al personal de calidad nuevo para que se tenga un mismo criterio.
		¿Porqué el Horno tiene ese tiempo de ciclo? El Horno tiene un tiempo y temperatura validado que no se puede disminuir, y no se puede aprovechar su espacio al 100%	¿Porqué no se puede aprovechar el espacio al 100%? Porque no se tiene como diferenciar entre lotes dentro del horno.	¿Porqué no se puede diferenciar entre ordenes de trabajo? No hay fixtures que se puedan diferenciar unos de otros.	¿Porqué no se puede diferenciar entre fixtures? Los 25 fixtures son iguales, inclusive del mismo color.	¿Porqué todos los fixtures son del mismo color? Porque no se pensó en que fuera necesario que tuvieran alguna diferenciación	Los fixtures no son a prueba de errores.	Implementar señales de colores a los fixtures existentes
Método	Causa 1	¿Porqué el horno es la operación cuello de botella? El Horno queda con espacio sobrante, un 50 % aproximadamente en cada ciclo, no se aprovecha toda la capacidad del mismo.	¿Porqué no se aprovecha el máximo de su capacidad? El personal nuevo de calidad no permite que se ingrese mas de una orden de trabajo durante cada ciclo y los lotes son muy pequeños.	¿Porqué calidad no permite mas de una orden de trabajo en cada ciclo del horno? Podría generarse una mezcla de material si se permite esa practica, y no se cumpliría el procedimiento de limpieza de línea	¿Porqué no se cumple el procedimiento de limpieza de línea? El procedimiento de limpieza es muy cortante y poco claro, permite que se interprete de diferentes maneras.	¿Porqué el procedimiento es poco claro? Porque el procedimiento de limpieza solicita solo una orden de trabajo por operación a la vez.	Procedimiento de limpieza de línea escueto	Mejorar el procedimiento de línea al realizarle una nota con una excepción del proceso de horno.

Fuente: elaboración propia

En base a los 5 porqués realizados anteriormente, se decide realizar un diagrama de causa y efecto para extraer de manera ordenada la mayoría de las respuestas obtenidas realizando las preguntas de los 5 porqués.

Figura 8: Diagrama de Causa y Efecto



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que de los seis M solamente tres son parte de la causa raíz del problema, los cuales son Mano de Obra, Máquina y Método. En estos casos los participantes fueron contundentes en esas respuestas, aportando así mucha seguridad por parte del equipo, y reafirmando los datos que se obtuvieron a partir de la toma de tiempos, del porque el Horno se ha convertido en el cuello de botella de la línea de producción.

Conclusiones de la situación actual

- En la categoría maquina se dejó entrever que no se puede cambiar el tiempo de funcionamiento del Horno porque así está validado, y no se dispone de los recursos suficientes para realizar una validación y de esta manera poder cambiar parámetros, sin embargo, se realiza que el horno no se está aprovechando en su capacidad total, sino más bien solamente se utiliza el 50% de la misma, lo que representa una gran oportunidad de mejora.
- También en el factor máquina se habla de fixtures, que son los dispositivos que se utilizan para colocar las unidades a hornear, se menciona que son todos iguales, tienen el mismo número de parte, y a simple vista no hay como diferenciar unos de otros, por lo que no es poka-yoke o a prueba de errores, y podría generar una irremediable mezcla de partes entre ordenes de producción, perdiendo el producto de esta forma la trazabilidad requerida, ya que en la industria médica para la cual se trabaja en Smith & Nephew delimita tener trazabilidad de las partes fabricadas, con esto se concluye que, este problema es un contribuyente importante para no lograr la métrica de entrega del 95%, a pesar de parecer un hallazgo sencillo.
- Para el caso de métodos, se menciona que el procedimiento de limpieza de línea está redactado de manera muy general, lo que está ocasionando que el personal de calidad interprete que no es posible meter en el horno más de una orden de producción, ocasionando un atraso en lograr las metas. Cabe mencionar que mano de obra se entrelaza con el factor de métodos, ya que se menciona que el personal que hay en la actualidad del departamento de calidad interpretan de una

manera muy delimitante el procedimiento de línea, a diferencia del personal que integraba el departamento anteriormente, por lo tanto se concluye que estos acontecimientos han contribuido a que el Tiempo estándar sea tan elevado, de 1.7 minutos.

- Por las razones anteriores se ha logrado entender las causas que podrían ser vistas como pequeñas y de poca importancia, han ocasionado que la productividad de línea seis se vea afectada para poder cumplir de manera satisfactoria con las necesidades del que mercado tiene el cliente, o, dicho en otras palabras, no se está logrando cumplir con la métrica de entrega del 95%.

Capítulo V: Diseño e implementación de la solución

5.1 Propuesta para el desarrollo de soluciones

En el presente capítulo se enunciarán las que puedan ser soluciones que servirán como apoyo para aminorar las posibles causas que fueron halladas y descritas en los anteriores capítulos del presente proyecto, priorizándose las posibles causas halladas en el capítulo anterior principalmente, las cuales se clasificaron según las 6 M, en Máquina, Método y Mano de Obra, Medición, Medio Ambiente y Materiales.

De este modo, tales propuestas serán establecidas con respecto a los datos que se han recolectado en el capítulo anterior, y serán debidamente descritos para el conocimiento de las partes interesadas.

Cabe recalcar que este proyecto es fundamentado con datos, sin embargo, no se garantiza que Smith & Nephew pueda implementar las propuestas, ya que los socios de la corporación a la que pertenecen, miembros de la junta directiva, clientes internos y externos deben llegar a un consenso para determinar si los recursos pueden utilizarse para poder implementarlas, y esto puede impactar el factor tiempo en gran manera.

Se presentarán tres mejoras que se deben complementar entre ellas para que sea posible para la organización realizar la mejora, las cuales fueron determinadas en el capítulo anterior, en el diagrama causa y efecto, y permitirían que el tiempo de operación en Horno se vea disminuido a partir de utilizar la capacidad máxima del mismo. Las tres mejoras se describen a continuación:

- Con respecto a máquina, implementar señales de colores a los fixtures para poder diferenciarlos.

- Con respecto a Método, se modificará el procedimiento de limpieza de línea, para que se pueda entender mejor y también para incluir la excepción de la operación de horno.
- Con respecto a Mano de Obra, se entrenará al personal de calidad que en general se involucran de manera directa con el proceso de línea seis, para que haya una interpretación correcta en todo el departamento.
- Con respecto a materiales no representa un problema que impacte el proceso.
- Con respecto a medio ambiente, el proceso productivo de línea seis no impacta de manera sensible el entorno de la línea.
- Con respecto a la medición, no hay mediciones de inspección de proceso que sean consideradas.

Dadas las anteriores propuestas es imperativo realizar una tabla como ayuda visual para plantear las causas raíz y soluciones por cada causa, ya que en prosa no es tan fácil de observar. Ver la tabla 18 a continuación:

Tabla 18: Resumen causas y soluciones propuestas

Principales causas	Soluciones propuestas
Los fixtures no son a prueba de errores.	La solución principal es: implementar señales de colores a los fixtures existentes
Procedimiento de limpieza de línea escueto	Solución complementaria 1: Mejorar el procedimiento de línea al realizarle

una nota con una excepción del proceso de horno.

Personal de calidad nuevo

Solución complementaria 2: Entrenar al personal de calidad nuevo para que se tenga un mismo criterio.

Fuente: *Elaboración propia*

Propuesta de solución principal.

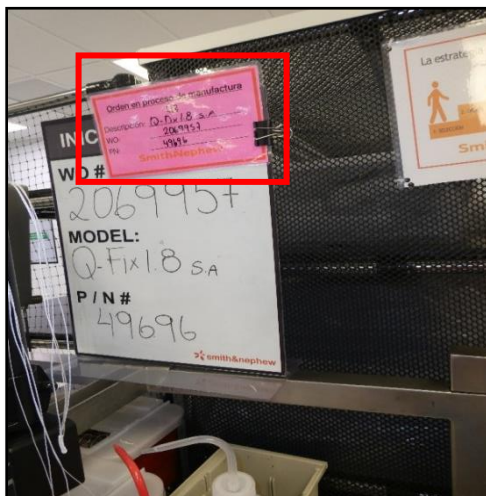
Se refiere a la propuesta de implementar señales de colores para diferenciar los fixtures, la causa raíz se da porque los fixtures son todos iguales, por lo que es muy difícil realizar una diferenciación entre números de parte, lo cual podría generar una confusión entre ordenes de trabajo y por ende una mezcla de material en el horno.

La propuesta se trata de utilizar la metodología Kanban adaptada al proceso, de línea seis, y consiste en asignar señas de color a cada orden de producción desde la primera estación de trabajo, es importante recalcar que ya se trabaja en dicha modalidad en la transferencia de materiales de materia prima hasta producción, se usa esta metodología justamente para evitar mezclas, sin embargo, después de pasar la materia prima a la primera estación de trabajo, ya se deja de utilizar el rotulo o señal de color, entonces parte de la propuesta es utilizar el rotulo de color en todo momento.

También el cambio en la metodología, que ya se usa para la transferencia de materiales, consiste en aparte de usar el rotulo de color en todo momento, es que únicamente se van a usar los colores naranja, azul, verde, amarillo y negro que tienen los llaveros de aluminio que se pueden encontrar en McMaster la tienda en línea; esto porque solamente hay llaveros de ese color, y el rotulo o señal visual debe coincidir con el color del llavero,

para mantener la ayuda visual de la orden de trabajo en proceso. En la figura 9 que es de referencia, se muestra un ejemplo de la rotulación utilizada, y en la figura 10 se muestra los llaveros de colores anteriormente mencionados.

Figura 9: Rótulo y ayuda visual utilizada para transferencia de materiales




Fuente: (Smith+Nephew, s.f.)

Ese rotulo que se muestra en el rectángulo rojo es el que se utilizaría en cada estación de trabajo que se encuentre trabajando la orden de trabajo en específico.

Figura 10: Llaveros de colores en aluminio

2 Products

Choose-a-Color Keyed Alike Locking Key Holders

✓  These holders come in a variety of colors for easy key identification. Choose them if you need several holders that open with the same key. They have a rigid key ring that separates from the body and is interchangeable, so you can quickly transfer a set of keys from one lock to another.

Key Number	OD	Material	Dia.	Lg.	Material	Number of Keys Included	Choose a Color	Part Number	Each
R17134	1 1/2"	304 Stainless Steel	1"	2"	Aluminum	2	Black, Blue, Green, Orange, Red, Yellow	1835A41	\$53.35
R21085	2 1/2"	304 Stainless Steel	1"	2"	Aluminum	2	Black, Blue, Green, Orange, Red, Yellow	1835A42	53.35

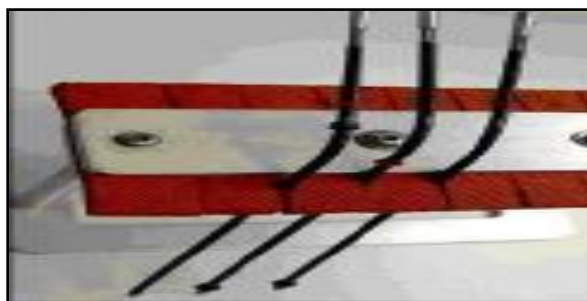
Fuente: Página de McMaster tienda en línea.

En la figura 11 se puede observar los llaveros en color plateados, sin embargo, se explica que el hay de diferentes colores y dimensiones de diámetro externo, por lo que se cotizaron ocho llaveros dos de cada color, excepto el rojo, ya que en la industria medica usualmente el color rojo es relacionado con el material que no es aceptable. También es importante mencionar que, para poder aplicar dicha mejora, la organización solamente tendría que invertir \$1333.25 para obtener 25 llaveros para empezar a implementar la mejora en los 25 fixtures existentes para dicha operación.

Para implementar el uso de los llaveros, se realizará un cambio en el procedimiento de proceso que describe el uso del Horno, en el cual se incluirá en el paso 1, la siguiente instrucción que reza así: “Antes de colocar las unidades en el fixture, asegúrese de que el mismo posea la señalización (llavero) con el color que se indica en la señal del trabajo adjunta a la hoja de ruta de la orden de trabajo correspondiente, para evitar así mezclas de material”. Cabe mencionar que no se indica el nombre del procedimiento específico a cambiar por razones de confidencialidad de la empresa.

Los fixtures que se utilizan para ingresar el material al horno son de color plateado con naranja, para tener mayor referencia ver la figura 12, la imagen es de referencia ya que por confidencialidad es lo que se permite mostrar una imagen más clara del fixture.

Figura 11: Fixtures utilizados en línea 6



Fuente: base de datos de Smith & Nephew.

La capacidad de cada fixture es de veinte unidades aproximadamente, y la capacidad del horno da para introducir seis fixtures, por cada ciclo que se utiliza el horno, sin embargo, debido al flujo de la línea no se utiliza el espacio total del horno, sino solo la mitad. En la tabla 19 se puede ver un resumen de la capacidad del fixtures y el promedio actual de utilización del horno.

Tabla 19: Datos de uso del Horno y expectativa de uso

Propuesta de utilización del horno		
Capacidad de cada fixture	20	unidades
Utilización promedio actual del horno	60	unidades por ciclo
Expectativa de utilización del horno	120	unidades por ciclo

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en la tabla 19, se podría aumentar el uso del horno un 50%, por lo que se podría disminuir el Tiempo estándar a la mitad, si la línea estuviese produciendo sin ningún contratiempo como falta de material o cualquier otro problema similar, para tener una visión más amplia al respecto refiérase a la tabla 20 a continuación:

Tabla 20: Datos de uso del Horno y expectativa de uso

Utilización del horno en unidades por minutos

Promedio de Tiempo estándar de horno, con 60 unidades en el horno.	1.7	minutos por unidad
Promedio de Tiempo estándar de horno, con 120 unidades en el horno.	0.8	minutos por unidad

Fuente: *Elaboración propia*

Para poder comprar los llaveros se debe realizar el pedido a McMaster, el cual si se solicita por vía marítima, llegaría un mes después de haber realizado el pedido, y mientras esto sucede se deben implementar en paralelo las otras dos propuestas que son complementos de la propuesta 1, ya que consisten en realizar el cambio documental necesario que tardaría un mes en ser implementado, y en entrenar al personal de calidad involucrado para unificar los criterios de interpretación que se tardaría dos semanas aproximadamente. Una vez estas mejoras estén en los procedimientos, se asegura la continuidad de la mejora realizada.

En una reunión con la gerente de cadena de valor a la que pertenece línea seis, se le consultó en qué gasto se podría incluir la compra de los llaveros, y ella indico que se podría incluir dentro de la cuenta de gastos varios del turno 1, y facilitó unos datos con las proyecciones de gastos de turno 1, y para mayor referencia ver la tabla 21 a continuación:

Tabla 21: *Gastos turno 1*

Gastos durante el 2023 en turno 1		
Rubro	Costo mensual	Costo anual
Planilla	\$25,500.00	\$306,000.00
Enfermería	\$3,850.00	\$46,200.00
Transporte	\$5,600.00	\$67,200.00
Alimentación	\$3,500.00	\$42,000.00
Personal administrativo (Mano de obra indirecta)	\$2,400.00	\$28,800.00
Actualización de planillas	\$350.00	\$4,200.00
Gastos varios (compra de llaveros)	\$1,333.75	\$1,333.75
Gastos varios	\$680.00	\$2,680.00
Total	\$53,850.00	\$646,200.00

Fuente: *elaboración propia*

En la tabla 18 cabe recalcar que se divide en la tabla el rubro de gastos varios, para que sea visible que se estaría contemplando en ese rubro, ahora se realizará una tabla comparativa del ingreso extra anual que tendría la empresa y la única inversión que se debe hacer para implementar los llaveros de la propuesta principal del proyecto, cabe resaltar que los gastos como planilla, transporte, mano de obra indirecta entre otros, no varía, ya que no se verán afectados. Según la tabla 19 el proyecto dejaría un ingreso extra significativo, que permitiría disminuir gastos en horas extras para poder cumplir con la demanda del cliente.

En la tabla 15 se puede observar que el tiempo del ciclo mejora considerablemente, por lo que el costo beneficio de este proyecto es sumamente importante que sea evaluado,

ya que el beneficio de realizar dicha mejora es alto y el costo de implementarlo en apariencia no es de un precio alto, el análisis de costo beneficio se realizará después de explicar las siguientes dos propuestas complementarias.

Propuesta complementaria 1.

El procedimiento de limpieza de línea es el que provee una guía de lo que debe hacerse para iniciar una orden de trabajo, y también no solo del que debe hacerse sino también del cómo y en donde debe realizarse, así Smith & Nephew se garantiza; de que no haya una pérdida de trazabilidad del producto, para así salvaguardar el historial de fabricación de los dispositivos elaborados en la empresa.

Ahora que se conoce el trasfondo de la función e importancia del procedimiento de limpieza de línea, se va a proceder en explicar el párrafo que debe ser agregado en el procedimiento, para someterlo a control de cambios, y así realizar el debido proceso de cambio de revisión del documento.

Es importante describir el proceso de control de cambios para entender el tiempo requerido para para realizarlo. Lo primero que se hace es descargar el sistema de calidad, que es una base de datos donde están todos los procedimientos de la empresa; se descarga el formato en Word, para realizarle lo que se conoce como un red line, para lo cual se activa el control de cambios de Word para poder tener visibilidad de cada palabra que fue cambiada o eliminada, ya cuando se tiene el red line listo, se guarda una copia del documento, y se guarda con los cambios de Word aceptados, esa se llamara clean copy.

Después de tener las dos versiones del documento listas, se abre un control de cambios en la plataforma llamada SmartSolve, en la cual después de subirlo al sistema, miembros del departamento de sistemas de calidad deben aprobarlo, para que seguidamente pase a firmas de los involucrados en el proceso, que serían, ingeniería de calidad, gerente del área, control de documentos, entrenamiento, ingeniería de proceso y calidad de la sede de Mansfield y el originador del documento. Esta etapa de firmas y aprobaciones generalmente tarda dos semanas para estar lista, ya que usualmente se devuelve el cambio por cualquier retroalimentación del equipo, y suele pasar que se lleva alrededor de dos semanas, seguidamente una vez aprobado el cambio, el sistema le carga el entrenamiento a los usuarios que tengan ese procedimiento en el rol de su perfil del puesto, y los usuarios tienen quince días de tiempo para entrenarse en el documento.

En la versión actual del procedimiento de limpieza de línea se solicita una limpieza y despeje de materiales que solicita realizar lo siguiente según la figura 12:

Figura 12: Extracto del procedimiento actual de limpieza de línea

8.5 Limpieza y despeje

Este paso debe realizarse antes de ubicar cualquier material identificado con la información de la orden de trabajo al área de producción.

8.5.1 Remover todo el material(es), componente(s), procedimiento(s) y equipo que no sea requerido o relacionado a la producción de la orden de trabajo.

Fuente: (Smith+Nephew, s.f.)

Se procede a explicar la prosa que será agregada al procedimiento de limpieza de línea. La prosa sería la siguiente: “Para el proceso de línea seis en la operación de Horno, se podrá ingresar más de una orden de producción si y solo si el material tenga la correcta identificación con las señales de colores correspondientes, de lo contrario, solamente se

podrá ingresar una única orden de producción para evitar mezcla de materiales. El incumplimiento de este lineamiento sería una no conformidad.”

La delimitación descrita en el párrafo anterior es la manera de que la propuesta 1 sea sostenible con el pasar del tiempo, ya que los procesos deben cumplirse, y de lo contrario, sería una falta disciplinaria para quien no siga dichas disposiciones, además que ya implementado en el procedimiento, producción tiene el respaldo necesario para trabajar. Para cumplir con este procedimiento, se remite a la propuesta complementaria 2 descrita más adelante que se refiere a la capacitación necesaria y demás puntos importantes.

El costo asociado a la implementación de esta propuesta será el de las horas de mano de obra indirecta, destinadas a la elaboración del procedimiento, que estima sea de 80 horas aproximadamente dada la gestión que debe darse para realizar el cambio en el sistema. El costo de esto sería el siguiente según la tabla 22:

Tabla 22: *costos de mano de obra indirecta 1*

Horas	Costo por hora	Total
80	\$ 9	\$ 720

Fuente: *elaboración propia*

Propuesta complementaria 2.

Entrenamiento del personal de calidad, mientras que el procedimiento está en fase de cambio de revisión, esta fase es de un mes aproximadamente, se debe realizar un entrenamiento con el personal de calidad, el cual es conformado por una gran cantidad de colaboradores y se debe integrar a todo el grupo de calidad, ya que el personal se

rota de líneas y de áreas para dar soporte, por lo que se negociará con la gerente de calidad que durante dos semanas y media se realicen doce sesiones de entrenamiento presencial, en el cual una semana será durante el turno de la mañana y la segunda semana se realizará en el turno de la tarde para cubrir a todo el personal de calidad de dichos turnos, mientras que la tercer semana se realizará el entrenamiento con el tercer turno en dos sesiones, una por día, de esta manera se asegurará que el criterio de calidad está completamente alineado y no ocurrirían discrepancias con el personal actual, así también se le solicita a la gerente de calidad que de ingresar personal nuevo, los remita a realizar el mismo entrenamiento que ha llevado a cabo el personal actual o regular de la empresa. El costo de esta capacitación va asociado al tiempo de mano de obra indirecta según la tabla 23 a continuación

Tabla 23: *costos de mano de obra indirecta 2*

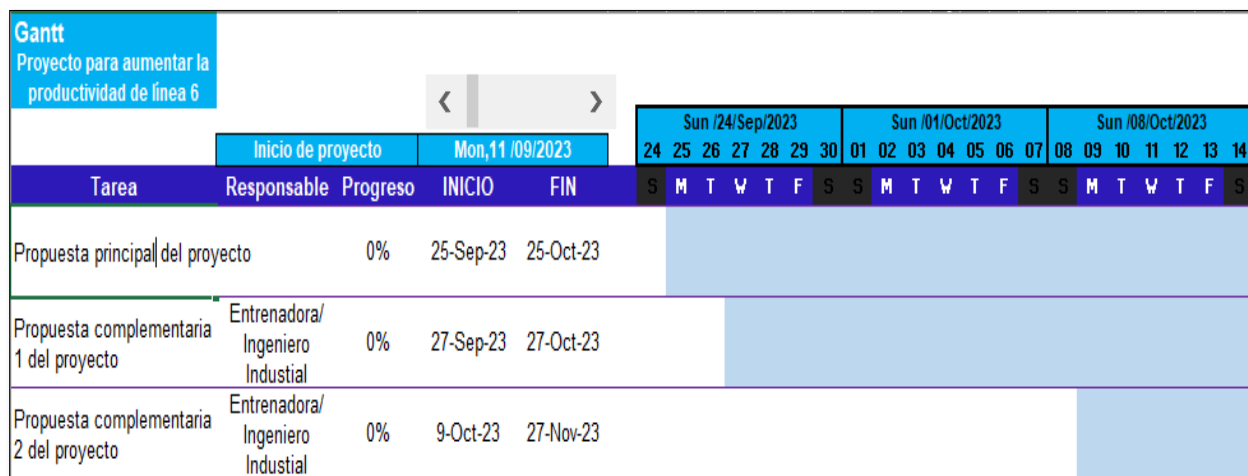
Horas	Costo por hora	Total
120	\$ 9	\$ 1,080

Fuente: *elaboración propia.*

Tiempos de implementación

Para plantear los tiempos de implementación se realiza un diagrama de Gantt para que se pueda observar de manera mas clara los lapsos de tiempos necesarios para realizar el proyecto según las propuestas que se han mencionado a lo largo de este capítulo.

Figura 13: Diagrama de Gantt del proyecto



Fuente: elaboración propia

Según la figura 13, la primer etapa consta de un mes, ya que se debe solicitar la cotización, luego la orden de compra, y un factor variable es el transporte de los llaveros, una vez llegados pasan por un proceso de identificación de activos, todo esto se proyecta que suceda en un mes. El personal operativo y de diferentes departamentos serán entrenados de manera habitual según corresponda, ya que el departamento de entrenamiento y desarrollo se encarga siempre de dicha tarea sin generar contratiempos, el enfoque debe realizarse en los miembros del departamento de calidad.

Para la propuesta complementaria dos, que básicamente consiste en realizar la modificación del procedimiento de limpieza de línea, también se requiere de un mes de tiempo para poder implementarla, esto porque la burocracia del sistema de calidad hace que cualquier cambio en cualquier documento sea liberado.

La propuesta complementaria 2, se requieren de dos semanas y medio para entrenar al personal, sin embargo, en el Gantt se está contemplando que será de un mes, esto

porque hay que esperar que el procedimiento esté liberado en el sistema, lo que sí se puede adelantar es la logística de los entrenamientos, como apartar los espacios en la sala de reunión y negociar el tiempo del entrenamiento con el personal.

5.2 Análisis de costo beneficio de las propuestas

Al aprovechar el espacio total del horno, ya no sería el cuello de botella, y pasarían a ser las operaciones de inspección final y de calidad, sin embargo, ya esto bajaría el tiempo de producción en un 13% según los datos calculados en la tabla 25 aproximadamente, no se llegaría al takt-time, pero si representara un aumento en la productividad, para mostrar los números mencionados, refiérase a la tabla 24:

Tabla 24: Nuevos cuellos de botella y porcentaje de disminución de tiempo

Utilización del horno en unidades por minutos en el nuevo cuello de botella			
Nota: Ambas operaciones obtuvieron el mismo tiempo, ya que se realizan casi las mismas actividades, con diferencias documentales muy escasas.			
Tiempo estándar de Inspección final	1.4	minutos	por
		unidad	
Tiempo estándar de Inspección de calidad	1.4	minutos	por
		unidad	
Porcentaje de disminución del tiempo con respecto a horno	13	%	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 25 el tiempo de producción se disminuirá un 13%, aduciendo de esta forma que la capacidad productiva aumentaría en esa cantidad, lo cual tendría como resultado un aumento de ingresos al mes tal y como lo muestra la tabla 25 a continuación:

Tabla 25: Datos comparativos

Unidades producidas según el tiempo de ciclo empleado	
Demanda de cliente total mensual	28892
Demanda cliente diaria	1204
producción diaria con 1.4 min tiempo de ciclo	1029
producción diaria con 0.911 min tiempo de ciclo	1581
Producción mensual con el 1.4 min por unidad	24686
producción diaria con 1.6 min tiempo de ciclo	900
Producción mensual con el 1.6 min por unidad	21600
Unidades mensuales de diferencia entre el cuello de botella Horno e Inspecciones	3086
Precio \$ por unidad	11.5
Ingresos percibidos en \$ al aumentar la capacidad productiva de la línea un 13%	35486

Fuente: elaboración propia

Al observar y analizar la tabla 25, se puede concluir que al realizar la mejora solamente se deben invertir \$1333.25 para poder comprar los 25 llaveros de colores necesarios, más el costo de mano de obra indirecta de la propuesta complementaria 1 y la propuesta complementaria 2, que suman un total de \$1800 (propuesta complementaria 1 \$720+ propuesta complementaria 2 \$1080) mientras que en un mes el ingreso percibido sería de \$35486, por lo que en cuestión de días se reintegraría la inversión realizada, todo esto con tan solo aumentar la cantidad de unidades producidas, disminuyendo el tiempo de ciclo y el tiempo estándar del actual cuello de botella Horno.

Tabla 26: Ganancia e inversión

Ingresos anuales extra percibidos si se implementa la mejora	Inversión en llaveros
\$ 425,868.00	\$ 1,333.25
	Inversión total de Mano de obra indirecta
	\$ 1,800.00
Ganancia de la mejora (Ingresos-Inversión)	\$ 422,734.75

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Este proyecto fue una reafirmación de un viejo adagio que reza lo siguiente: “las pequeñas causas solucionan grandes problemas” esto se valida con el aumento que hubo en cuanto a unidades producidas, con el solo hecho de haber logrado disminuir en segundos la operación de Horno.
- Es importante mencionar que este proyecto logró una mejora en el trabajo en equipo de la línea, ya que haber involucrado al personal en eventos como el Gemba, y la lluvia de ideas, entre otras, les dio un sentido de pertenencia hacia el proceso.
- Las propuestas complementarias son realmente importantes para realizar la propuesta principal, delimitarlas fue un trabajo en equipo que debe ser realizado, por lo tanto, se concluye que el equipo de trabajo involucrado será beneficiado con menos horas extras y por ende se reduciría la fatiga del personal, de manera indirecta las demás cadenas de valor se verán beneficiadas, porque las métricas de venta de la planta serán positivamente afectadas, reduciendo la presión psicológica que ejerce la necesidad de cada mes cumplir con dichos indicadores a nivel de planta, ya que económicamente la empresa depende de alcanzar dichas métricas para poder seguir manteniendo operaciones en el país.
- El objetivo general de este proyecto consiste en aumentar la capacidad de producción en línea seis un 10%, y con la reducción del tiempo de horno, se superaría el objetivo 3% es decir, más de lo esperado y cabe resaltar que ese dato es sumamente importante para que Smith & Nephew considere realmente implementar las mejoras propuestas en este proyecto.

- La inversión de los llaveros es realmente baja en comparación con los ingresos que se percibirían si se implementan las propuestas de este proyecto, ya que las mejoras son enfocadas a factores como máquina y método, no implicaría pasos adicionales para operarios, simplemente sería realizar la limpieza de línea de una manera diferente, basados en la metodología Kanban. Cabe recalcar que dicha inversión es realmente necesaria para que las mejoras sean implementadas de manera satisfactoria.

6.2 Recomendaciones

1. Realizar eventos como gembas, para interactuar con el equipo de producción de línea seis, al menos una vez al mes, ya que es muy enriquecedor para el proceso tomar ideas de los miembros del equipo en general, y también escuchar las preocupaciones y dificultades que pasan para realizar su respectivo trabajo, ya que es en el campo de trabajo donde se obtiene la información de primera mano, que es realmente importante para mejorar la productividad de la empresa.
2. Negociar constantemente con otros departamentos como por ejemplo calidad, ya que todos deben entender las necesidades del negocio para trabajar bajo un mismo objetivo, como vivir en una mejora continua para lograr cumplir las métricas con las que se mide la organización en general.
3. Realizar un constante entrenamiento de los procesos para que la información no se pierda en casos como por ejemplo cuando una persona llega a salir de la empresa, no se lleve el conocimiento, sino que este ya ha sido distribuido entre sus compañeros y demás colaboradores.

Bibliografía

- Baca, G. U., Cruz, M., Cristóbal, M. A., Baca, G. C., Pacheco, A. A., Rivera, Á. E., . . . Obregón, M. G. (2014). *Introducción a la ingeniería Industrial*. México.
- Garro, E. (15 de Setiembre de 2020). *blog.pxsglobal*. Obtenido de [blog.pxsglobal](https://blog.pxsglobal.com/2020/09/15/acta-de-proyecto-six-sigma/): <https://blog.pxsglobal.com/2020/09/15/acta-de-proyecto-six-sigma/>
- Herrera, T. J. (2006). *La gestión avanzada de la calidad*. Bogotá.
- INA. (s.f.). *INA*. Obtenido de INA: https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/15090/mod_resource/content/10/idm-2/pdf/pdf-formulas.pdf
- Kanbanize*. (s.f.). Obtenido de Kanbanize: <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban>
- López, B. (28 de Junio de 2019). *Ingeniería Industrial ONLINE*. Obtenido de Ingeniería Industrial ONLINE: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-tiempo-estandar-o-tiempo-tipo/>
- Smith+Nephew*. (s.f.). Recuperado el 03 de Febrero de 2023, de Smith+Nephew: <https://www.smith-nephew.com/en/about-us/who-we-are#timeline>
- Torres, R. (19 de Noviembre de 2020). *soloindustriales*. Obtenido de soloindustriales: <https://soloindustriales.com/lluvia-de-ideas-o-brainstorming/>
- Yepes, V. (03 de Marzo de 2022). *victoryepes.blogs*. Obtenido de victoryepes.blogs: <https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2022/03/03-elt-Suplementos-por-descanso-040325.pdf>

Apéndices

Apéndice 1 interfaz del sistema SmartSolve

