

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**“APLICACIÓN DE SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
PERFILES DE LATÓN EN UNA EMPRESA METALÚRGICA DE
LA CIUDAD DE LIMA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR

CUYA JANAMPA JOB JONÁS

ASESORA

ING° GLADIS ENITH REYNA MENDOZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : INGENIERÍA DE PROCESOS

CALLAO – 2024

PERÚ



TESIS FINAL - CUYA JANAMPA

1%
Textos sospechosos



1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS FINAL - CUYA JANAMPA.pdf
ID del documento: 20547602bbc26fd0978e99232e6d24948108e9bf
Tamaño del documento original: 4,09 MB

Depositante: RQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 22/1/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 22/1/2024

Número de palabras: 51.139
Número de caracteres: 338.524

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	tesis.pucp.edu.pe Propuesta de mejora para la reducción de merma en el proces... https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/22421 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (60 palabras)
2	repositorio.up.edu.pe METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA UNIDAD DE TI... http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/123456789043/5/Trabajo_32_Tinajero_Valencia_Renán_ArribaLL	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
3	upcommons.upc.edu Soli citud de còpia d'un document https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/358979/Alex_Lobo_Farías_Memoria_y_anexos_TF...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
5	sciohealth.org Reducción en un 51% la demora en la dispensación de fármacos ... https://sciohealth.org/tp4/educacion-en-un-51-la-demora-en-la-dispensacion-de-farmacos	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unal.edu.co Propuesta para la implementación de herramientas Lea... http://repositorio.unal.edu.co/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
2	ciencia.urjc.es Lean Six Sigma Startup Methodology (L655M): una metodología g... https://ciencia.urjc.es/bitstream/10115/13660/3/Tesis_L655M_JA_Garcia_Camuz.pdf.br	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
3	repositorioacademico.upc.edu.pe http://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/107574854479/3/Rodriguez_JIV.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	repositorio.upn.edu.pe El proceso de gestión de almacenes en la empresa ferret... http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12905	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	sites.google.com https://sites.google.com/site/controlyestadistico/cases/AYUDA+CONTROL+ESTADISTICO+DE+LA+CA...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://hdl.handle.net/20.500.12404/22421>
- <https://hdl.handle.net/11537/29511>
- <http://hdl.handle.net/10757/654479>
- <https://gestiondecadidadhome.files.wordpress.com/2018/12/HERRAMIEN>
- <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control>

INFORMACIÓN BÁSICA

- FACULTAD** : INGENIERÍA QUÍMICA
- UNIDAD DE INVESTIGACIÓN** : FACULTAD INGENIERÍA QUÍMICA
- TÍTULO** : “Aplicación de Six Sigma para optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima”
- AUTOR** : Job Jonás, Cuya Janampa /0009-0007-5127-6671/41220285
- ASESORA** : Ing° Gladis Enith, Reyna Mendoza /0000-0002-7400-6558 / 07836885
- LUGAR DE EJECUCIÓN** : El presente trabajo de investigación, se realizó en las instalaciones de la planta de producción de perfiles de latón de la empresa metalúrgica, ubicada en el distrito de Ate, en la ciudad de Lima, Perú
- UNIDADES DE ANÁLISIS** : Proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem #1
- TIPO** : Aplicada
- ENFOQUE** : Cuantitativo
- DISEÑO DE INVESTIGACIÓN** : No experimental – longitudinal – descriptivo
- TEMA OCDE** : INGENIERÍA DE PROCESOS

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue sustentada por el Bachiller **CUYA JANAMPA JOB JONÁS** ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° SANEZ FALCÓN LIDA CARMEN	Presidente
ING° RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	Secretario
ING° CABRERA ARISTA CESAR	Vocal
ING° REYNA MENDOZA GLADIS ENITH	Asesora

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 01 Folio N° 135 y Acta N° 134 de fecha 24 de enero del 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150–2023–CU del 15 de junio de 2023

DEDICATORIA

A mis queridos padres Magdalena y Nicolás, que me apoyaron y aconsejaron en los momentos difíciles. A mis hermanos Nancy y Josué por motivarme a sobre salir profesionalmente en el día a día, agradezco profundamente su amor incondicional, comprensión y paciencia durante las arduas horas de estudio. A todos mis familiares y amistades que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento para alcanzar este objetivo académico. Mi deseo es que este trabajo inspire a otros a perseguir sus objetivos educativos y personales. Les dedico este logro con cariño y gratitud por ser mi constante fuente de inspiración.

Job Jonás Cuya Janampa

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el creador y dador de todas las bendiciones que uno obtiene en la vida. A la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao y docentes que nos transmitieron todos sus conocimientos adquiridos en su vida profesional. Agradezco a mi asesora de tesis, Ing^o Gladis Enith Reyna Mendoza por su dedicación y todos los valiosos consejos proporcionados durante la investigación. A mi familia por su apoyo inquebrantable y siempre creyeron en mí. A todos los compañeros y clientes tanto internos, como externos de la planta de producción de una empresa metalúrgica en la ciudad de Lima, que me ayudaron con asesoría para llevar a cabo esta investigación. Este logro es el resultado del esfuerzo colectivo de muchas personas y les estoy profundamente agradecido.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	8
RESUMEN	10
RESUMO	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	13
1.2.1 Problema general	13
1.2.2 Problemas específicos	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación.....	14
1.5 Delimitantes de la investigación	14
1.5.1 Delimitante teórica	14
1.5.2 Delimitante temporal	15
1.5.3 Delimitante espacial.....	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes: Internacionales y nacionales.....	16
2.1.1 Antecedentes internacionales	16
2.1.2 Antecedentes nacionales	18
2.2 Bases teóricas:.....	21
2.2.1 Evolución actual de la mejora continua y metodologías ..	21
2.2.2 Calidad	22
2.2.3 Lean.....	23
2.2.4 Kaizen.....	23
2.2.5 DMAIC	23
2.2.6 Productividad	24
2.2.7 Optimización	24
2.2.8 Proceso	24
2.2.9 Proceso de fabricación de perfiles de latón	25
2.2.10 Proceso de la colada continua	26

2.2.11	Pasos para puesta en marcha de la línea de la colada continua	30
2.2.12	Aplicación de Six Sigma en la industria metalúrgica	30
2.3	Marco conceptual:	31
2.3.1	Relación que existe entre la productividad y la eficiencia	31
2.3.2	Relación que existe entre la productividad y la eficacia	31
2.3.3	Relación que existe entre la productividad y la rentabilidad económica	31
2.3.4	La influencia de la metodología Six Sigma en la mejora de la productividad.	31
2.3.5	Objetivo del proceso de la línea de la colada continua	32
2.3.6	Definir: Selección y alcance del proyecto	32
2.3.7	Caso de negocio y charter del proyecto	34
2.3.8	Concepto del cliente	35
2.3.9	SIPOC	35
2.3.10	Medir: Elaboración del mapa de procesos	36
2.3.11	Análisis del sistema de medición	36
2.3.12	Evaluación de capacidad del proceso	37
2.3.13	Mapa de cadena de valor (VSM)	37
2.3.14	Diagrama de Spaghetti, identificación de recorridos	37
2.3.15	Analizar: Camino de las Xs	38
2.3.16	Análisis gráfico multivariable	40
2.3.17	Introducción al test de hipótesis	41
2.3.18	FMEA	41
2.3.19	Análisis de causa-raíz	42
2.3.20	Mejorar: Relación entre variables: Correlación y regresión	42
2.3.21	Introducción al diseño de experimentos	44
2.3.22	Poka Yoke, diseño a prueba de errores	44
2.3.23	Identificar y seleccionar soluciones	44
2.3.24	FMEA, Análisis de Modo y Efecto de Falla	45
2.3.25	Control: Validar soluciones	45
2.3.26	Control estadístico de procesos (SPC)	45
2.3.27	Elaboración de gráficos de control	46
2.3.28	Plan de control	46
2.4	Definición de términos básicos	46
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	49
3.1	Hipótesis general y específico	49
3.1.1	Operacionalización de variable	49
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	52
4.1	Diseño metodológico	52
4.2	Método de investigación	52
4.3	Población y muestra	54

4.3.1	Población.....	54
4.3.2	Muestra.....	54
4.4	Lugar del estudio y periodo desarrollado.....	55
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	55
4.5.1	Técnicas para la recolección de la información	55
4.5.2	Instrumentos para la recolección de la información.....	55
4.6	Análisis y procesamiento de datos	55
4.7	Aspectos éticos en investigación.....	56
V.	RESULTADOS	57
5.1.	Resultados descriptivos	57
5.2.	Resultados inferenciales.....	120
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	121
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados..	121
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	122
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	125
VII.	CONCLUSIONES	126
VIII.	RECOMENDACIONES	128
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	50
Tabla 2	Principales productos semielaborados de latón que fabrica la empresa metalúrgica de la ciudad de Lima	58
Tabla 3	Datos teóricos de los tiempos de duración y de producción para fabricar los productos semielaborados de latón.....	59
Tabla 4	Datos sobre las campañas para el proceso de fabricación de productos semielaborados de latón	59
Tabla 5	Indicadores de la empresa metalúrgica	60
Tabla 6	Datos sobre la producción en kilogramos de las campañas del..... proceso de fabricación de productos semielaborados de latón	61
Tabla 7	Estructura de carga de perfiles y varillas de latón.....	62
Tabla 8	Datos de la compra de materia prima de la empresa metalúrgica del.... año 2021	63
Tabla 9	Datos del total de perfiles de latón pelados programados por planeamiento en la primera campaña de CC del 2021	64
Tabla 10	Datos sobre la duración de los moldes de grafito por tonelada..... producida de productos semielaborados de latón	65
Tabla 11	Datos sobre los consumos de los moldes de grafito por toneladas producidas anuales de varillas de latón.....	66
Tabla 12	Consumo de los moldes de grafito por toneladas producidas anuales.. de perfiles de latón	67
Tabla 13	Costos unitarios (CU) por campañas del perfil de latón del ítem#1, del..... año 2021	73
Tabla 14	Comparativo entre los Costos unitarios (CU) del perfil de latón del tem#1	74
Tabla 15	Comparativo entre lo programado, lo despachado de productos semielaborados de latón de la campaña #1	84
Tabla 16	Proceso de fabricación de perfiles de latón y sus fallas en la línea de la CC	90
Tabla 17	Problemas que afectan el plan de producción de la línea de la colada continua	92
Tabla 18	Variables Ys son la voz del cliente externo VOC	93
Tabla 19	Matriz XY resultante del proceso de la línea de la colada continua ...	94
Tabla 20	Datos recolectados ordenados de mayor a menor según frecuencia del problema	95
Tabla 21	Tabla de la posición real de los datos recolectados según frecuencia del problema en porcentaje y porcentaje acumulado	96
Tabla 22	Variables Xs urgentes por solucionar en el proceso	97
Tabla 23	FMEA de solución propuesta de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica	100
Tabla 24	Las Xs que generaban variabilidad en el proceso de fabricación de perfiles del ítem#1	101

Tabla 25 Situación actual del proceso de fabricación de los perfiles de latón del ítem#1	102
Tabla 26 Tabla de análisis de causa-raíz de los subproblemas del proceso de fabricación de los perfiles #1	103
Tabla 27 Matriz de selección de soluciones para controlar el subproblema 1 generado por el área administrativa	106
Tabla 28 Matriz de selección de soluciones para controlar el subproblema 2 y subproblema 3 generados por el área de mantenimiento	108
Tabla 29 Matriz de selección de mejoras para el área administrativa	110
Tabla 30 Matriz de selección de mejoras para controlar el subproblema 1 generado por el área administrativa de la empresa metalúrgica.....	111
Tabla 31 Matriz de selección de mejoras para el área de mantenimiento.....	112
Tabla 32 Matriz de selección de mejoras para controlar el subproblema 2 y subproblema 3 generados por el área de mantenimiento	114
Tabla 33 Tabla de atributos del nivel de prioridad de riesgos para matrices ...	115
Tabla 34 Matriz FMEA de solución propuesta para el área administrativa.....	116
Tabla 35 Matriz FMEA de solución propuesta para el área de mantenimiento	117
Tabla 36 Matriz FMEA de solución completa parte 1	118
Tabla 37 Matriz FMEA de solución completa parte 2.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de procesos de fabricación de productos semielaborados de latón	27
Figura 2	Tipos de aleaciones estándar de productos semielaborados de latón	28
Figura 3	Ficha técnica de productos semielaborados de latón	29
Figura 4	Diseño metodológico aplicado de la investigación	52
Figura 5	Ajuste del proyecto para asegurar la coherencia y congruencia con los objetivos estratégicos de la empresa metalúrgica	70
Figura 6	Layout a escala 1:150 de la línea de la CC de la empresa metalúrgica de productos semielaborados de latón	71
Figura 7	El Project charter del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 de la empresa metalúrgica	77
Figura 8	El SIPOC del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1- parte 1	78
Figura 9	El SIPOC del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1- parte2.....	79
Figura 10	Mapa de procesos del proceso de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica.....	81
Figura 11	Gráfica de capacidad del proceso de cantidad de perfiles o varillas de latón	82
Figura 12	Gráfica I-MR de cantidad de perfiles o varillas de la 1era campaña de la CC.....	83
Figura 13	Informe de resumen de tiempos estándar del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica	85
Figura 14	Informe resumen del análisis de capacidad para tiempo estándar del proceso de la línea de la CC.	86
Figura 15	Informe de diagnóstico del análisis de la capacidad para el tiempo .	86
Figura 16	Informe de desempeño del proceso de análisis de capacidad para el tiempo	87

Figura 17 Mapa de la cadena de valor VSM actual del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica	88
Figura 18 Diagrama de causa y efecto del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 en el proceso de la línea de la CC	91
Figura 19 Diagrama de Pareto de las variables Xs que representan a los problemas a solucionar en el proceso de fabricación del perfil	97

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- AMFE** : Análisis del Modo y Efecto de Fallos.
- AS – IS** : Como es. Define la situación actual del proceso.
- BI** : Business Intelligence. Inteligencia de negocios combina.
- BPMN** : Business Process Modeling Notation. Modelo y notación de procesos de negocios.
- BSC** : Balanced Scorecard. Cuadro de mando integral.
- Cp** : Capacidad del proceso.
- CTQ** : Critical To Quality. Requisitos críticos para la calidad.
- CC** : Colada Continua.
- CP** : Cumplimiento de producción.
- DOE** : Diseño de Experimentos.
- DFSS** : Design For Six Sigma. Diseño para Six Sigma.
- DPU** : Defectos por unidad.
- DPMO** : Defectos Por Millón de Oportunidades.
- DMAIC** : Define-definir, Measure-medir, Analyze-analizar, Improve-mejorar, Control-controla
- E2E** : End to end. Proceso punta a punta. Enfoque integral que abarca todo el proceso de principio a fin en un proyecto.
- FCC** : Factores Críticos de Calidad.
- FODA** : Fortaleza, Oportunidad, Debilidad, Amenaza.
- Ho** : Hipótesis nula.
- Ha** : Hipótesis alternativa.
- KPI** : Key Performance Indicators. Indicadores claves de desempeño. Herramienta fundamental para evaluar el nivel de rendimiento de un proceso.
- NPR** : Risk Priority Numbers. Números de prioridad de riesgo, sirve para ordenar el modo falla.
- OCDE** : Entidad internacional dedicada a la cooperación económica y el desarrollo entre países.
- OKR** : Objectives and Key Results. Objetivos y resultados clave.

- PMV** : Producto Mínimo Viable. Es la forma sofisticada de decir prototipo.
- QFD** : Quality Function Deployment. Despliegue de la función calidad.
- ROI** : Rendimiento de la inversión o retorno de la inversión.
- RRHH** : Recursos Humanos.
- SAP** : Systems, Applications, Products in Data Processing. Sistema informático esencial para la gestión integral de recursos empresariales.
- SIPOC** : Suppliers, Input, Process, Output, Customer. Proveedores, entradas, proceso, salidas, cliente.
- SIG** : Sistema Integrado de Gestión.
- SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences. Paquete estadístico para las ciencias sociales.
- SPC** : Control estadístico de procesos.
- SMART** : Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, con tiempo.
- TDF** : Total de Defectos Factibles u oportunidades de fallos.
- TE** : Tiempo empleado.
- TO-BE** : Dónde quieres llegar. Se rediseña el proceso. Sugerencias para mejorar procesos.
- VOC** : Voice of the customer. Voz del cliente.
- VSM** : Mapa de la cadena de valor.
- 6M** : Máquina, Materia prima, Método, Mano de obra, Medición, Medio ambiente.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón de una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Lima. Para lograrlo, se utilizó el enfoque DMAIC de la metodología Six Sigma para mejorar los problemas más urgentes que afectan la variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón, para lo cual la población fue todo el proceso de fabricación de productos semielaborados de latón producidos en la primera campaña y la muestra fue todo el proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 producidos en dicha campaña. Las técnicas que se utilizaron fueron: Project charter, Brainstorming, SIPOC, mapas de procesos y de la cadena de valor, análisis de datos descriptivos en Excel y SAP BO, diagramas de Pareto e Ishikawa, matriz XY, análisis causa efecto, matrices de selección de soluciones, de selección de mejoras y matrices FMEA de soluciones propuestas tanto para el área administrativa como para el área de mantenimiento. Se obtuvo los siguientes resultados: Se mejoró las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación y se logró estandarizar el proceso. Se concluye, que la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma permitió mejorar la productividad en el proceso de fabricación de perfiles de latón del área de la colada continua.

Palabras claves: Six Sigma, optimizar, productividad, perfiles de latón.

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi otimizar a produtividade do processo de fabricação de perfis de latão de uma empresa metalúrgica localizada na cidade de Lima. Para alcançar esse objetivo, foi utilizado o enfoque DMAIC da metodologia Six Sigma para melhorar os problemas mais urgentes que afetam a variabilidade dos tempos padrão do processo de fabricação de perfis de latão, sendo que a população considerada foi todo o processo de fabricação de produtos semiacabados de latão produzidos na primeira campanha, e a amostra foi todo o processo de fabricação de perfis de latão do item #1 produzidos nessa campanha. As técnicas utilizadas incluíram Project charter, Brainstorming, SIPOC, mapas de processos e de cadeia de valor, análise de dados descritivos no Excel e SAP BO, diagramas de Pareto e Ishikawa, matriz XY, análise de causa e efeito, matrizes de seleção de soluções e de seleção de melhorias, e matrizes FMEA de soluções propostas tanto para a área administrativa quanto para a área de manutenção. Os seguintes resultados foram obtidos: foram corrigidas as deficiências na gestão de recursos e suprimentos do processo de fabricação, e o processo foi padronizado. Conclui – se que a aplicação da metodologia DMAIC do Sig Sigma permitiu melhorar a produtividade no processo de fabricação de perfis de latão na área de colagem contínua.

Palavras chave: Six Sigma, otimizar, produtividade, perfis de latão.

INTRODUCCIÓN

En el dinámico panorama de la industria metalúrgica, la mejora y la optimización de procesos se vuelve esencial para mantener la competitividad y satisfacer las demandas del mercado. En este contexto, la presente investigación se sumerge en el corazón de una empresa metalúrgica en Lima, explorando la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de perfiles de latón (1). La empresa enfrenta una serie de desafíos interrelacionados que afectan su eficiencia y calidad en la producción de perfiles de latón. Desde condiciones laborales inadecuadas hasta la falta de un enfoque estratégico en la fundición, estos problemas combinados generan un entorno de producción ineficiente, inseguro y no estandarizado. Esta falta de eficiencia repercute en la calidad de los productos finales y aumenta los costos operativos, planteando un problema fundamental que requiere atención. La necesidad de abordar estos desafíos es imperativa no solo para mejorar la rentabilidad a largo plazo de la empresa metalúrgica sino también para garantizar la satisfacción del cliente externo en un mercado cada vez más exigente. La implementación y aplicación de Six Sigma se presenta como una solución integral, ofreciendo la oportunidad de superar obstáculos y elevar la eficiencia en la fabricación de perfiles de latón del ítem #1. Esta investigación tiene como objetivos principales evaluar como la aplicación de Six Sigma mejora u optimiza la productividad en el proceso de fabricación, determinar su impacto en la eficiencia y eficacia del proceso, y proporcionar una solución sólida a los desafíos identificados. Para lograr estos objetivos, se empleará la metodología DMAIC de Six Sigma, abordando claramente el problema, midiendo y analizando datos relevantes, aplicando herramientas específicas de Six Sigma, implementando mejoras estratégicas y estableciendo medidas de control para mantener el proceso mejorado u optimizado. La tesis se organiza de manera lógica, siguiendo la secuencia natural del enfoque DMAIC. Desde la definición del problema hasta la implementación de soluciones y la evaluación de resultados, cada capítulo contribuirá a la comprensión integral de la aplicación de Six Sigma en la optimización de la productividad en el proceso de fabricación de perfiles.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La empresa metalúrgica de la ciudad de Lima, líder en la producción de perfiles de latón, se enfrenta a desafíos críticos que amenazan su productividad y rentabilidad a largo plazo. La falta de soporte en adquisiciones, condiciones laborales inadecuadas, suministro insuficiente de materia prima, consumibles, insumos químicos fiscalizados, demoras de proveedores, ausencia de un plan de contingencia, escasez de repuestos y equipos especializados, carencia de un enfoque estratégico, y deficiencias en seguridad y capacitación son solo algunos de los problemas identificados. La producción se ve afectada por demoras, pérdida de materia prima, ineficiencias en la gestión del tiempo y falta de capacitación del personal. Además, problemas directos e indirectos afectan el plan de producción de la línea de colada continua. La falta de procedimientos, instructivos, otros registros documentados y pautas claras dificultan la estandarización y mejoras. En respuesta a esta compleja problemática, se propone la implementación y aplicación de la metodología Six Sigma como solución integral. Su enfoque en la calidad, reducción de defectos y alineación con métricas clave la posiciona como la estrategia idónea para superar los desafíos, mejorar y optimizar la productividad en el proceso de fabricación de perfiles de latón.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Se podrá optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón mediante la aplicación de la metodología Six Sigma en una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Lima?

1.2.2 Problemas específicos

- 1) ¿La aplicación de la metodología Six Sigma mejorará las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima?
- 2) ¿La aplicación de la metodología Six Sigma mejorará las ineficiencias en los procesos y falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Aplicar la metodología Six Sigma para optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Lima.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Mejorar las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima aplicando la metodología Six Sigma.
- 2) Mejorar las ineficiencias en los procesos y la falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima aplicando la metodología Six Sigma.

1.4 Justificación de la investigación

La investigación se justifica por las siguientes razones: Desafíos actuales en la empresa metalúrgica , necesidad de rentabilidad sostenible a largo plazo y competitividad en el mercado de perfiles de latón, impacto en la satisfacción del cliente buscando mejorar la calidad y la consistencia en la producción para satisfacer las demandas del mercado, contribución al campo de la gestión de calidad, puede proporcionar perspectivas valiosas para otras empresas en la industria metalúrgica que enfrentan desafíos similares, contribuirá al desarrollo de conocimientos en el área de gestión de calidad y procesos industriales, y permitirá a los profesionales y académicos mejorar sus competencias en la aplicación de metodologías eficaces, busca impactar positivamente en la sociedad y medio ambiente, demostrando un compromiso sólido con la sostenibilidad, la calidad y la excelencia empresarial.

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Delimitante teórica

A pesar de la existencia de estudios sobre la implementación de Six Sigma en diversas industrias, no hay información específica sobre su aplicación en empresas metalúrgicas de este tipo en Lima, lo que justifica la relevancia de esta investigación.

1.5.2 Delimitante temporal

El tiempo requerido para investigar el tema abarcó dos años. La empresa metalúrgica realiza el proceso de fabricación de perfiles de latón en la línea de la colada continua por campañas, que duran hasta tres meses cada una, y pueden llevarse a cabo hasta cuatro campañas al año. La recolección de información abarcó todo el año 2021, pero la investigación se desarrolló específicamente en los meses de agosto a noviembre del año 2023

1.5.3 Delimitante espacial

La investigación se realizó en las instalaciones del área de la línea de la colada continua dentro de la planta de producción de la empresa metalúrgica. El ámbito espacial se limita a este sector específico para garantizar un enfoque detallado en el proceso de fabricación de perfiles de latón, asegurando la profundidad y especificidad necesarias para abordar los objetivos de la investigación. No se considera la evaluación económica debido el manejo de la información sensible de la empresa metalúrgica.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacionales y nacionales

2.1.1 Antecedentes internacionales

En la revista “ Aplicación de lean Six Sigma para la mejora del proceso de trabajos de grado en una institución de educación superior”, los autores se enfocaron en mejorar sus procesos para ello diagnosticaron el proceso de revisión de trabajos de grado para la emisión de paz y salvos en la Universidad Tecnológica de Pereira. Identificaron la necesidad: de establecer límites de tiempo para las correcciones de los documentos por parte de los estudiantes, de garantizar la calidad mediante capacitaciones obligatorias al personal y estandarizar el proceso de revisión. Establecieron un plan de mejoramiento alineado con la metodología Lean Six Sigma. Proyectaron una reducción del tiempo de ciclo del proceso hasta en un 54% y un aumento del indicador de valor agregado de 8% a 17%. Incrementaron el índice First Pass Yield hasta un 40%, a pesar que tuvieron algunas limitaciones, como la rotación del personal, lograron propuestas aprobadas por los líderes del proceso para mejorar la calidad. Redujeron significativamente el tiempo de entrega de certificados de biblioteca, pasando de un promedio de diez días a sólo dos días. (2)

En el artículo “Industria 4,0 y integración Lean Six Sigma: Una revisión sistemática de barreras y facilitadores” los autores exploraron la integración de las tecnologías de la industria 4,0 (big data analytics, internet de las cosas, computación en la nube, etc) y Lean Six Sigma. Identificaron barreras y facilitadores clave para profesionales y destacaron áreas de investigación que requieren atención. Lograron vincular los factores habilitantes con las barreras para proponer acciones de gestión con el objetivo de facilitar la integración. Demostraron como el interés en este tema ha crecido, mostrando cómo las empresas combinan herramientas lean con tecnologías en la industria 4,0 y cómo algunas de estas herramientas se han digitalizado o automatizado. Mencionaron que los casos de estudio se han centrado principalmente en incorporar tecnologías lean e industria 4,0 en las etapas del enfoque DMAIC de Lean Six Sigma. Sugirieron que en la siguiente fase lógica se combinen estas

tecnologías en soluciones unificadas, como sistemas ciberfísicos. Acotaron también que es fundamental que se desarrolle una comprensión clara de la integración entre la industria 4,0 y lean Six Sigma, a pesar de los avances recientes en patrones , la conceptualización completa y los beneficios de esta integración aún están en sus primeras etapas, por que existen limitaciones teóricas que incluyen la falta de consenso sobre las tecnologías definitorias de la industria 4,0 y la falta de un modelo universalmente aceptado de integración. Demostraron que los estudios de casos que demuestran integraciones horizontales más amplias entre etapas de la cadena de valor podrían beneficiar a las empresas en términos de sincronización de procesos, aspectos relacionados con beneficios económicos, sociales y ambientales de la integración de la industria 4,0 y lean Six Sigma requieren mayor exploración y deben ser incluidos en futuras investigaciones. (3)

En la tesis “Propuesta para la implementación de herramientas lean Manufacturing en una empresa fabricante de materiales de fricción para sistemas de frenos”, el autor presentó los resultados de una investigación realizada en Incolbest S.A., se centró en mejorar el proceso de producción del área de terminados de la banda pesada de materiales de fricción para sistemas de frenos, abordó los problemas de largos tiempos de espera y reprocesos constantes. Utilizó metodologías como DMAIC, lean Manufacturing y simulación de eventos discretos y se apoyó del mapeo de la cadena de valor. Identificó el exceso de movimiento del operador y el sobre procesamiento en ciertas etapas. El autor propuso la implementación de herramientas lean, junto con la simulación del impacto de las mejoras propuestas en el software Flexsim. Logró un retorno de inversión del 26% en 2,3 años, después de una inversión de 170 mil millones de pesos colombianos. Demostró el impacto positivo de esta estrategia en el proceso de manufactura. (4)

En la tesis “Mejora de la calidad y seguridad del proceso farmacoterapéutico del paciente onco–hematológico atendido en el hospital de día, aplicando la metodología lean Six Sigma” el autor descató que la metodología Lean Six Sigma se aplicó con éxito en el proceso farmacoterapéutico del paciente. En dicho proceso se priorizó las mejoras que redujeran desperdicios y riesgos evitables,

se implementó 33 acciones de los cuales se focalizó el 24% en el factor humano, el 56% en el diseño del proceso y el 10% en logística. Mencionó que el 76% de las mejoras se centraron en estandarizar procedimientos, reduciendo la variabilidad y mejorando la eficiencia. Obtuvo como resultados una reducción del 48% en interrupciones, un 37% menos de preparaciones diarias y un 16% menos de incumplimientos de procedimientos, con dichas acciones logró disminuir en un 51% el tiempo de demora hasta la dispensación de tratamientos alcanzando la meta de menos de 150 minutos en el 70% de los pacientes. Logró optimizar el proceso de 4,2 segundos a 4,6 segundos, reduciendo errores y defectos a 948,4 DPMO desde 1 184,6 DPMO inicialmente. Logró mejorar la satisfacción del paciente, en los tiempos de espera para consulta médica 52% y tratamiento 28% menos. Argumentó que económicamente la implementación generó un impacto económico de 403,855 – 500,11 euros, en donde el 87,5% de este impacto se relacionó con la reducción de tiempos y actividades sin valor, mientras que el 6.6% fue por la disminución de errores e incumplimientos, el 14.6% correspondió a beneficios directos por mejoras en validación, preparación y dispensación. Dichas mejoras también contribuyeron a la sostenibilidad del sistema nacional de salud al reducir costos y mejorar la eficiencia en el cuidado del paciente. (5)

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la tesis " Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la productividad del área de teñido de Creditex S.A.A,Lima,2021", los autores señalaron que la aplicación de la metodología Six Sigma en el área de teñido de la empresa Creditex tuvo un impacto sustancial, confirmando la hipótesis general con un aumento del 26,21% en la productividad, que pasó de 0,29581 a 0,32887. También, afirmaron que las hipótesis específicas fueron respaldadas por mejoras notables en la eficiencia, que aumentó del 81,14% al 94,08% y en la eficacia, que creció del 70,37% al 94,47%. Los autores evidenciaron que la aplicación de las estrategias Six Sigma y las mejoras propuestas se tradujeron en un ahorro considerable para la empresa, estimado en S/. 50 000. Además, concluyeron que los análisis de rentabilidad, tales como un VAN de S/. 424 677,88, un TIR del 55% y un periodo de recuperación (payback) de 1,84 meses, respaldaron la

viabilidad de dicha implementación. Los resultados indicaron un incremento significativo en la eficiencia, un impacto financiero positivo para la empresa, validando así la eficacia de la metodología Six Sigma y las estrategias propuestas en este contexto específico. (6)

En la investigación denominada “ Propuesta de mejora para la reducción de merma en el proceso de envasado de gas licuado de petróleo utilizando la metodología Six Sigma, en una empresa de hidrocarburos de Lima – Callao”, el autor estableció como objetivo principal la evaluación del impacto de la aplicación de Six Sigma en la reducción de pérdidas en el proceso de envasado de GLP. Determinó los valores óptimos de las variables críticas de entrada mediante un diseño experimental, durante un periodo de 20 días antes y después de la implementación, recopiló información y capacitó al personal, analizó dicha data usando el software Minitab 19, obtuvo resultados como el aumento del nivel de calidad sigma de 0,14 a 0,67 y un índice Cpk de 0,11 a 0,66. Este incremento se atribuyó a la implementación de ajustes identificados a través del diseño experimental, particularmente en el llenado adecuado del GLP, donde las variables críticas fueron el contenido, la presión de 112,5 psi y el tiempo de llenado 42,23 segundos. Determinó que el enfoque resultó en mejoras en el proceso de envasado especialmente en la variable crítica del contenido de los balones donde la variabilidad se redujo de 354,8 gramos a 60 g. Además, los costos de producción disminuyeron de 21,48 a 21,08 soles. Estos hallazgos respaldaron técnicamente la efectividad de la mejora implementada, demostrando su impacto significativo en el proceso de envasado de GLP y validando la utilidad de la metodología Six Sigma. (7)

En la investigación “ La metodología Six Sigma y el nivel de productividad en una empresa de comida rápida, Cajamarca 2020”, el autor afirmó que en el proceso inicial de diagnóstico priorizó los problemas de productividad a través de encuestas a clientes. Identificó la insatisfacción del cliente como el principal problema, que inicialmente estuvo en un 65% y logró mejorarlo significativamente a un 93,06% después de la implementación de Six Sigma. Logró elevar el nivel de productividad, elevando los defectos por millón de oportunidades (DPMO) de 344 353,865 a 163 512,768 en sólo tres meses, además logró un aumento del

nivel sigma de 1,9006 a 2,4797 con las inspecciones documentadas en hojas de control. Analizó las pérdidas apoyándose del SAP para determinar causas claves como la falta de supervisión, mantenimiento inadecuado y desconocimiento en procesos, entre otros. Luego aplicó mejoras como check lists, metodología lean y charlas motivacionales. Logró reducir el desperdicio de un 34,44% inicial a un 95%. Además logró implementar cuadros de mantenimiento y reorganizó el almacén. Con la evaluación financiera logró confirmar la viabilidad de su proyecto, con un costo beneficio de 3,34, respaldando la factibilidad del enfoque Six Sigma. (8)

En la tesis “Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa metalmeccánica utilizando Lean Six Sigma”, el autor afirmó que la implementación de la metodología Lean Six Sigma en un proceso de 21 a 24 actividades resultó en mejoras significativas para las empresas PYMES del sector metalmeccánico, logró reducir el tiempo de 731 a 394,18 minutos y disminuyó los productos no conformes de 393 a 109 unidades. Demostró que con la metodología mejoró la productividad y la calidad del producto, redujo costos, tiempos de ciclo y capacidad de producción. Demostró que es económicamente viable con un valor actual Neto (VAN) de S/. 62 626,45 y una Tasa Interna de Retorno del 19,54%, superando el costo de oportunidad del 9,43%. Se respaldó con los resultados de simulación en el software Arena, en donde validó la propuesta de mejora y aseguró una reducción efectiva del tiempo de proceso. Demostró que la aplicación de Lean Six Sigma en PYMES del sector metalmeccánico es factible financieramente y que tiene un impacto significativo en la eficiencia operativa y la rentabilidad, en donde con una inversión de S/. 229 094,25 generó ahorros equivalentes al 42,96% y 17,36% de las ventas, lo que representó un paso estratégico hacia la optimización del proceso de producción. (9)

En la tesis “Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos”, el autor evidenció que la aplicación del enfoque DMAIC de Lean Six Sigma tuvo un impacto significativo en la producción de láminas de productos conformes. Se observó una reducción tanto la variabilidad como en la media de los gramajes, disminuyendo de 1 066,50 g/m² a 1 050,95g/m² en la media y de 17,19 a 11,22 g/m² en la desviación estándar.

Logró aumentar el nivel sigma de 1,95 a 4,17; resultando en un DPMO de 3 792,61 y generando un ahorro mensual de 2 727,35 Kg de materia prima. Posteriormente, implementó la metodología 5S en donde pudo reducir las pérdidas en producción en un 37,9%, que equilave a 3 574,94 Kg/mes. Además, redujo la producción de artículos defectuosos de 471 productos no conformes/mes a 283 PNC/mes mediante la introducción del trabajo estándar , lo que resultó en un ahorro de 4 808,66 Kg de materia prima. Con estos resultados, el autor demostró que la implementación efectiva mejoró la calidad, la productividad y generó ventajas competitivas. (10)

En la tesis “Propuesta de mejora del proceso de producción utilizando la metodología DMAIC Six Sigma para reducir reprocesos en una pyme de confección textil” los autores afirmaron que la metodología Six Sigma DMAIC es altamente efectiva para reducir costos asociados con el reproceso y eliminar defectos. Implementaron dicho enfoque y obtuvieron como resultado una tasa interna de retorno del 71%, una relación costo beneficio de 1,81 y un valor actual neto positivo. Simularon dicho modelo y revelaron una disminución del 25% en las horas de reproceso, una reducción del 22% en las pérdidas y un aumento del 21,6% en la productividad por hora. Concluyeron que la implementación del modelo DMAIC en el sector textil generó ganancias significativas para la empresa, donde el costo estimado es del 13% , confirmó su viabilidad financiera, por que su TIR fue del 71% y una relación beneficio-costo superior a 1 respaldaron la recomendación de aceptar el proyecto. (11)

2.2 Bases teóricas:

2.2.1 Evolución actual de la mejora continua y metodologías.

En la evolución de un producto o servicio, cada metodología de mejora continua tiene su espacio; no es viable incorporar todas las metodologías. Por tanto, es crucial determinar en qué punto del ciclo de vida de un producto o servicio resultan más apropiadas las distintas metodologías. Según (12), “para implementar un modelo de gestión basado en procesos y calidad, es necesario diagnosticar la situación actual de la empresa, demostrar que la gestión de los procesos productivos genera retrasos en la producción y proponer mejoras en los procesos para alcanzar los objetivos estratégicos y satisfacer las

necesidades del cliente, beneficiando así a la empresa con el desarrollo de la gestión por procesos”

La metodología Six Sigma sigue un enfoque de definición, medición, análisis, implementación, mejora y control, centrado en la calidad del proceso, producto o servicio establecido y en producción. Como indica (1): “Es una filosofía de operación y una estrategia de negocios adoptada por organizaciones comprometidas con la satisfacción del cliente. Se basa en un manejo eficaz y eficiente de los datos, métodos y diseños robustos, eliminando la variabilidad en los procesos para obtener resultados más tangibles en términos de operación y finanzas”

Se enfoca en reducir la variabilidad e incrementar el control de los procesos. Se basa en datos y se centra en los clientes. Un proceso Six Sigma es aquel que su medida se encuentra a 6 desviaciones estándar del límite de especificación más cercano. Six Sigma lleva un proceso a un control estadístico. Este enfoque se ha convertido en una estrategia gerencial ampliamente utilizada para revisar globalmente los procesos de una empresa en la creación, comercialización y soporte de sus productos (13)

Para implementar Six Sigma, se debe implementar sistemas de medición para lograr los objetivos. Según (14), el Six Sigma busca problemas ocultos que ocasionan el 80% de los problemas cotidianos...busca posibles causas que no estemos tomando en consideración y que afectan el proceso considerablemente. Según (15), “Lean Six Sigma Startup methodology(L6SSM) es una metodología general de innovación de la calidad aplicada a los sectores de producción y servicios, integra Six Sigma con las metodologías ágiles, transformando en una filosofía de calidad, se adapta para enfrentar la incertidumbre y la complejidad en las empresas. Se basa en principios como el aprendizaje adaptativo, desarrollo rápido de prototipos y validación del aprendizaje , convirtiéndola en una herramienta valiosa para lanzar productos y servicios en diversos sectores empresariales” Según (16), “la implementación de la metodología de Six Sigma en un proceso de productivo debe ser progresiva, para lograr reducir las pérdidas e incrementar la eficiencia de dicho proceso y para aumentar el nivel Six Sigma de en un determinado periodo de tiempo, mediante un cambio cultural en todos los niveles, mejoras y nuevas inversiones”.

2.2.2 Calidad

Según (17), “Es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al

producto cumple con sus requerimientos”. En ese sentido consideran los riesgos inherentes al proceso o servicio.

2.2.3 Lean

Conforme a la fuente (18),” lean se ajusta a las exigencias del cliente... busca eliminar el desperdicio y todo lo que no aporta valor... la supresión del despilfarro se logra mediante la aplicación de un conjunto de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, kaizen, heijunka, jidoka, poka yoke, diagrama de spaghetti, Value Stream Mapping, etc.)”. Son buenas prácticas que identifican, eliminan o disminuyen los 7 desperdicios +1 de los procesos de una empresa (corrección, sobreproducción, sobre procesamiento, transporte, inventario, movimiento, espera) +talento. El lean obliga reducir costos en la empresa para obtener una ganancia: Utilidad = precio de venta según lo que pague el cliente – costo. Mejora la velocidad de los procesos o reduce el capital invertido.

2.2.4 Kaizen

De acuerdo con la referencia (19),” el kaizen implica una mejora continua y un cambio constante con el fin de perfeccionar un proceso, producto, entorno u otro componente de la organización”. Según (13),” el kaizen identifica una serie de desperdicios, que conducen, todos ellos, a la pérdida de tiempo... el sistema kaizen es la mejora aplicada a la reducción de costes en la fase de fabricación de un producto”. (pp. 43–48).

2.2.5 DMAIC

Estrategia de calidad basada en datos, es usada para mejorar los procesos. Conforme a la fuente (1) ,” la metodología Six Sigma se fundamenta en el ciclo DMAIC (definir el problema; medir el problema; analizar la causa del problema; mejorar implementando y verificar la solución del problema; controlar manteniendo la solución del problema), que aplica herramientas correctas en el lugar adecuado”. (pp. 114–115). Si el enfoque DMAIC ve defectos y variabilidad usamos Six Sigma, pero si el enfoque DMAIC ve desperdicios y tiempo usamos Lean. Según (20),”la metodología DMAIC es comunmente utilizada, aunque no está intrínsecamente ligada a Six Sigma, permitiendo su aplicación independiente en organizaciones”

2.2.6 Productividad

Según (17), “Es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Se incrementa maximizando resultados y optimizando recursos...es el mejoramiento continuo del sistema. Es la multiplicación de eficiencia por eficacia”. (pp. 7–8). Con base en la referencia (21) , “mejorar la productividad y optimizar una línea de productos metalúrgicos se consigue mediante la reconfiguración del diseño del Layout, con el objetivo de facilitar el flujo de materiales, personas e información, logrando la satisfacción de los clientes y actividades más eficientes y conseguir un ambiente de trabajo adecuado para el buen desarrollo de los colaboradores de producción”.

2.2.7 Optimización

Según (22), “la optimización de un proceso, consiste en lograr disminuir los recursos de consumo eléctrico, de combustible, horas extra de mano de obra, etc., que se requieren para desarrollar un proceso productivo en la fabricación de producto para lo cual se debe de estudiar los problemas en los procesos productivos y analizar los costos e ingresos de todas las operaciones del proceso productivo, para implementar una metodología de mejora continua, con la finalidad de obtener resultados monetarios positivos en corto plazo y satisfacer las necesidades del mercado, ofreciendo un producto con los estándares de calidad necesarios sin aumentar los costos operativos”. Según (23), “la optimización de un proceso productivo usa herramientas de calidad, herramientas kaizen, herramientas estadísticas para aplicar una metodología y lograr eliminar actividades no productivas, incrementar la eficiencia productiva, establecer procedimientos de operación y procesos estandarizados”. De acuerdo con la fuente (24), “la mejora en los procesos de fabricación de un producto contribuye a optimizar el flujo de trabajo, reducir los tiempos de entrega y elevar la calidad del producto final”.

2.2.8 Proceso

Según (19),” un proceso cumple una función integral y es beneficioso para la organización; se trata de una competencia que la organización posee. Se define como un conjunto de actividades, interacciones y recursos destinados a

transformar entradas en salidas que añadan valor a los clientes”. (p. 25). Los procesos son dinámicos porque la parte operacional se modifica con las particularidades de cada individuo; cada persona aporta su propio criterio, porque no somos máquinas y, por lo general, tienden a expresar sus creencias y suposiciones. Es fundamental reconocer que las personas son diversas, y estas variaciones se reflejan en las transformaciones en la organización, en los mapas de procesos y en las experiencias que se perciben al recorrer el proceso. Cada proceso se evalúa y valora, porque la información que no es evidente a simple vista está presente. Según (25), “mejorar un proceso productivo para reducir el índice de reproceso implica la utilización de las siete herramientas de la calidad, el cumplimiento de los requerimientos técnicos de fabricación del producto, y la disminución del índice de reprocesos mediante la implementación de herramientas de mejora continua, políticas de inventario y planes de capacitación para los colaboradores de producción, con el objeto de lograr relaciones costos-beneficios efectivas”.

2.2.9 Proceso de fabricación de perfiles de latón

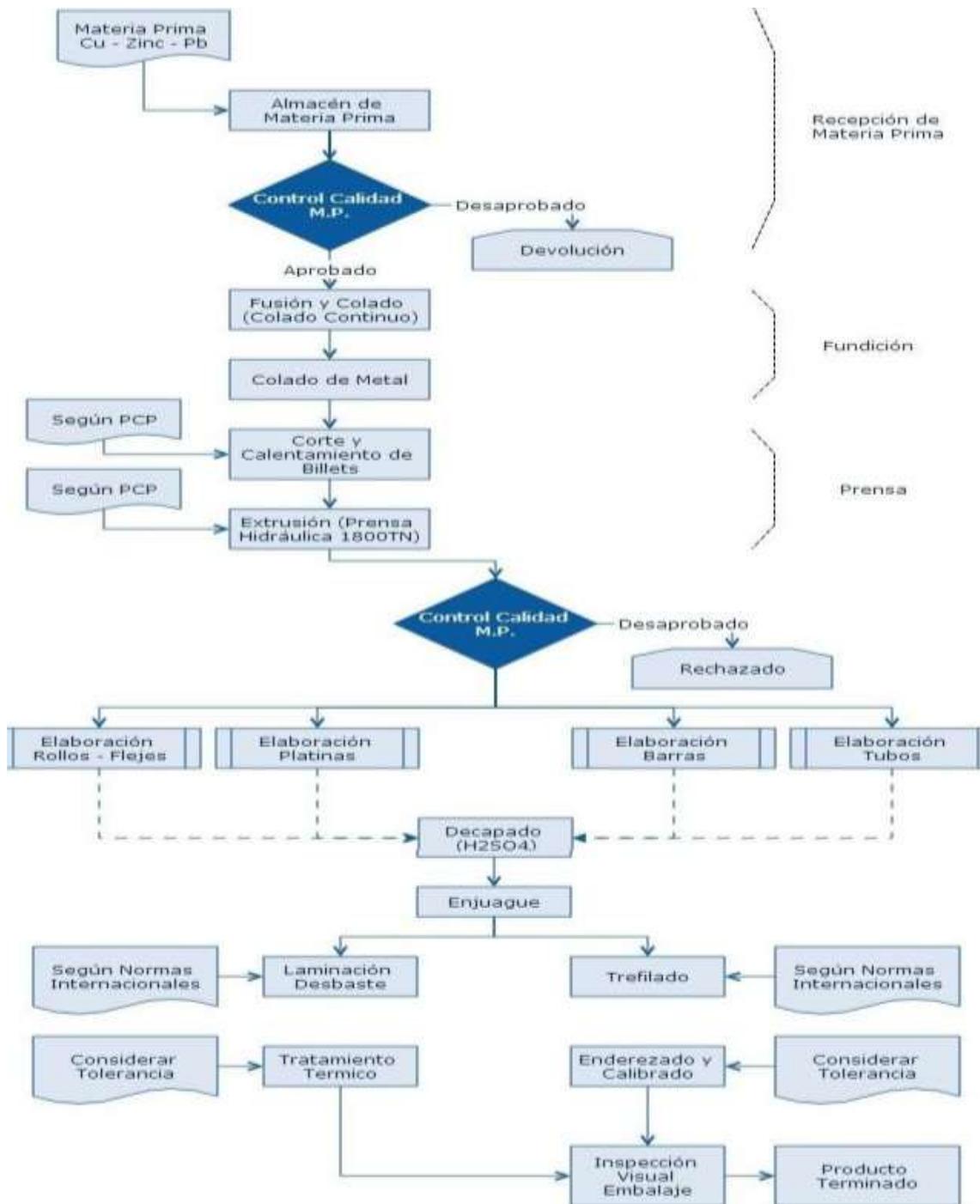
Según (26), es un proceso altamente especializado, que consta de nueve etapas, ver la **Figura 1 (Ver pag 27)**. La primera etapa es la generar solicitud, recepción y selección de las materias primas. La segunda etapa es el proceso de fusión, las MP se alimentan al horno de fusión para obtener la pieza de material hecha de latón en forma de lingote de acuerdo a la aleación solicitada por el cliente (billet de latón), **Ver Figura 2 pag 28**. La tercera etapa es la colada. La cuarta etapa es el corte de este billet. La quinta etapa es el calentamiento del billet en el horno de mantenimiento para prepararlo para la etapa de extrusión. La sexta etapa es la extrusión donde se le dará las formas deseadas a las barras y perfiles de latón. La séptima etapa es el tratamiento superficial, una vez obtenidas las formas, el material se somete a operaciones de calibrado y trefilado para conferirle las dimensiones y propiedades mecánicas requeridas por los clientes, estos pasos son cruciales para garantizar la calidad y funcionalidad del producto semielaborado de latón. En la octava etapa es el enderezado, pulido y biselado según ficha técnica de productos semielaborados de latón, **Ver Figura 3 pag 29**, para mejorar aún más las características del material y la novena etapa es la expedición, que

consiste en la preparación de los perfiles y las barras de latón para su distribución al cliente.

2.2.10 Proceso de la colada continua

De acuerdo con (27), la colada continua es el proceso en el cual un metal en fase líquida es vertido en un molde abierto de fondo desplazable cuya sección transversal genera un perfil continuo de aleación solicitada por el cliente. El material es enfriado, conforme a su avance, con agua de recirculación de forma directa e indirecta dando lugar al sólido deseado. Se denomina continuo porque permite la solidificación y al mismo tiempo el retiro inmediato del metal del molde utilizado. La colada continua opera en forma horizontal por las facilidades operacionales, logísticas y seguridad del procedimiento.

Figura 1
Diagrama de procesos de fabricación de productos semielaborados de latón



Nota : La figura muestra las nueve etapas del proceso de fabricación de un producto semielaborado de latón.
 Metales industriales copper S.A. (2023)

Figura 2
Tipos de aleaciones estándar de productos semielaborados de latón



ALEACIONES ESTANDAR

Basada en las Normas Europeas EN12164, EN12165, EN12166 y EN12167.



Designación simbólica	Cu		Pb		Al		As		Fe		Mn		Ni		Sn		otros	Zn
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	máx	máx
CuZn36Pb2As	61	64	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn36Pb3	60	62	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn38Pb2	60	61	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn39Pb2	59	60	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn39Pb3	57	59	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn40Pb2	57	59	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn40Mn1Pb1AlFeSn	57	59	1	2	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1	0.3	Resto
CuZn40Mn1Pb1FeSn	56.5	58.5	1	2	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1	0.3	Resto
CuZn43Pb2Al	55	57	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto
CuZn37	62	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	Resto
CuZn40	59	61.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	Resto

Nota : La figura muestra los tipos de aleaciones de latón según las normas europeas (EN 12164, EN12165, EN12166, EN12167), se aprecia los máximos y mínimos usados de cada elemento metálico para mantener uniformidad en su comportamiento en las coladas y para adecuarlos a las necesidades del cliente. Fuente: Garay (2023)

Figura 3
Ficha técnica de productos semielaborados de latón

LATON		TABLA DE PESOS			
		Para barras de Latón Redondas, Hexagonales y Cuadradas			
		DIAMETRO		REDONDO	HEXAGONAL
PULGADAS	MILIMETROS	Kg/m.	Kg/m.	Kg/m.	
1/8	3.17	0.07	0.07	0.086	
5/32	3.97	0.11	0.12	0.134	
3/16	4.76	0.15	0.17	0.193	
1/4	6.35	0.27	0.30	0.343	
5/16	7.94	0.42	0.46	0.535	
3/8	9.52	0.61	0.67	0.771	
7/16	11.11	0.82	0.91	1.049	
1/2	12.70	1.08	1.19	1.371	
9/16	14.29	1.36	1.50	1.735	
5/8	15.88	1.68	1.86	2.141	
11/16	17.46	2.04	2.24	2.590	
3/4	19.06	2.42	2.67	3.083	
13/16	20.64	2.84	3.13	3.619	
7/8	22.22	3.30	3.64	4.197	
15/16	23.81	3.79	4.17	4.818	
1	25.40	4.31	4.75	5.481	
1 1/16	26.98	4.86	5.36	6.188	
1 1/8	28.57	5.45	6.01	6.938	
1 3/16	30.16	6.07	6.70	7.730	
1 1/4	31.75	6.73	7.41	8.564	
1 5/16	33.34	7.42	8.18	9.442	
1 3/8	34.92	8.14	8.98	10.363	
1 7/16	36.51	8.90	9.81	11.328	
1 1/2	38.10	9.69	10.88	12.334	
1 9/16	39.69	10.52	11.59	13.383	
1 5/8	41.28	11.37	12.54	14.475	
1 11/16	42.86	12.26	13.52	15.609	
1 3/4	44.45	13.19	14.64	16.786	
1 13/16	46.04	14.15	15.60	18.006	
1 7/8	47.63	15.14	16.70	19.271	
1 15/16	49.21	16.17	17.83	20.579	
2	50.80	17.22	18.89	21.935	
2 1/4	57.15	21.80	24.04	27.753	
2 1/2	63.50	28.90	29.68	34.271	
3	76.20	38.75	42.74	49.342	
3 1/2	88.90	52.48	57.85	67.177	
4	101.60	68.54	75.56	91.871	

Nota : La figura muestra la ficha técnica de los perfiles de latón según norma ASTM B-124, en donde se incluyen, el tipo de aleación, los pesos de las barras de latón en diversas medidas en Kg/m, según su formato y geometrías, su diámetro en mm.

Metales industriales copper S.A. (2023)

2.2.11 Pasos para puesta en marcha de la línea de la colada continua

- a) Calentamiento del circuito secundario del sinterizado-espira de latón del horno de fusión.
- b) Inicio del calentamiento y sinterizado de los hornos.
- c) Inicio de actividades de producción de los perfiles de latón.
- d) Carga del horno de fusión con metales para producción.
- e) Sangrado del horno del horno de fusión al horno de mantenimiento.
- f) Secuencias de tareas a realizar en la extracción del lado 1 y 2 del HM.
- g) Operaciones previas antes de la extracción de la colada continua.
- h) Inicio de la extracción continua de los perfiles de latón.
- i) Corte al largo de los perfiles de latón.
- j) Escalado o pelado de los perfiles colados.
- k) Enderezado de perfiles.
- l) Embalado de los perfiles.
- m) operación de apagado de los hornos por fin de programa del mes.

Para ver más al detalle el desarrollo de cada uno de los pasos, ver el anexo 8.

2.2.12 Aplicación de Six Sigma en la industria metalúrgica

En la industria metalúrgica, Six Sigma encuentra diversas aplicaciones significativas. Un ejemplo concreto es su utilización para optimizar el mantenimiento del producto final, asegurando que cumpla con las especificaciones establecidas. Además, Six Sigma se ha implementado eficazmente para reducir el consumo de cobre en los cables de una planta de fabricación de cables eléctricos, según la investigación de (28)

Para disminuir la cantidad de desechos producidos debido al gran número de piezas defectuosas generadas durante el proceso de taladrado y para aumentar la eficiencia general del equipo en la sección de mecanizado de barras de acero en una empresa siderometalúrgica, según (30 p.4)

Para el desarrollo de nuevos productos, reducción de la tasa de desperdicio, reducción del tiempo de ciclo, reducción de quejas del cliente, aumento de la productividad, reducción de la necesidad de inspección, reducción de costes, incremento de ventas, entrada a nuevos mercados, mejora de la actitud de los empleados y de la alta dirección hacia la calidad y la resolución de problemas,

reducción del tiempo de entrega y reducción e la variabilidad del proceso, según (30 p. 532)

2.3 Marco conceptual:

2.3.1 Relación que existe entre la productividad y la eficiencia

Una mayor eficiencia impulsa la productividad al permitir que una empresa metalúrgica produzca más con los mismos recursos. Del mismo modo, mejorar la productividad indica un uso más eficaz de los recursos, sin necesidad de aumentarlos proporcionalmente. Esta interconexión lleva a las empresas metalúrgicas a enfocarse en optimizar tanto la eficiencia como la productividad para lograr crecimiento sostenible y ventaja competitiva.

2.3.2 Relación que existe entre la productividad y la eficacia

La relación entre productividad y eficacia es esencial para el éxito en una empresa metalúrgica. Mejorar la productividad implica optimizar procesos y utilizar tecnología eficientemente, lo que conduce a una mayor eficacia en costos y tiempo. Una gestión efectiva de recursos, junto con un equilibrio entre eficiencia y alineación con objetivos, asegura el éxito a largo plazo de una organización.

2.3.3 Relación que existe entre la productividad y la rentabilidad económica

Una mayor productividad impulsa la rentabilidad económica de una empresa metalúrgica al optimizar el uso de recursos, aumentar la producción y la competitividad en el mercado. Además, fomenta la innovación y mejora continua, generando nuevos productos y servicios, y mejora la satisfacción del cliente, aumentando las ventas a largo plazo. La productividad eficiente es la clave para el éxito y la rentabilidad sostenible de las empresas metalúrgicas.

2.3.4 La influencia de la metodología Six Sigma en la mejora de la productividad.

La implementación de Six Sigma en una empresa metalúrgica mejora la productividad al reducir defectos y optimizar procesos, minimizando la variabilidad y mejorando la eficiencia operativa. Basada en datos, esta metodología impulsa la toma de decisiones informada y fomentada la participación activa y la capacitación del colaborador, aumentando la satisfacción del cliente y estableciendo una cultura de mejora continua. Estos aspectos

combinados elevan la competitividad y la rentabilidad de la empresa en el mercado.

2.3.5 Objetivo del proceso de la línea de la colada continua

El objetivo de los procesos de la línea de la colada continua consiste en suministrar la materia prima, productos semielaborados de latón (perfiles y varillas) cumpliendo con los estándares de calidad y medio ambiente, al cliente externo para la fabricación de sus productos mecanizados.

2.3.6 Definir: Selección y alcance del proyecto

Como objetivos tiene: identificar o validar la oportunidad de mejora del negocio. Establecer el charter del proyecto. Crear un equipo de trabajo para entender y escuchar al cliente. Six Sigma lo puedes definir como una función entre la métrica primaria "Y" porque es el resultado que buscamos solucionar, y esto está en función a los datos disponibles del proceso existente, que tenga un ciclo medible, que sea acotado y que sea trabajable no tan corto para no trabajar nada y no tan largo como para estar trabajando semanas de semanas de mapeo de procesos tan poco es el hecho. La solución no se conoce por la vía rápida, para hacer un proyecto Six Sigma no nos vamos a tomar toda una vida, la lucha es contra la velocidad del cambio, ósea seis meses para una organización medianamente grande no es mucho tiempo, la vida de las organizaciones es más lenta que la vida humana, un punto de equilibrio ideal son 90 días, porque tiene la capacidad para generar cambios rápidos y $\frac{3}{4}$ partes del año para ganar beneficios entonces es interesante la proporción. Obviamente lo ideal es hacerlo en una semana, pero por lo general no se puede. Todo proyecto o metodología a implementarse debe de estar alineado a los objetivos finales o intereses de la empresa y de la gerencia, para que sea aprobado, lo primero que se debe averiguar es, ¿cuál es la meta de dicho negocio?, esto es super importante al momento de seleccionar un proyecto. Si no está alineado el proyecto, entonces ir alineándolo.

Matriz de selección de proyectos: tenemos seis preguntas y cada pregunta es como una compuerta, cada respuesta te va a decir si pasas a la siguiente pregunta o no pasas, todas estas interrogantes dependerán del tipo de proyecto: innovación, desing for Six Sigma, inversión, Just do it, kaizen, lean Six Sigma. Uno debe ubicarse en que posición se encuentra su proyecto en un kaizen o

lean o Six Sigma. Aun siendo lean se usan herramientas estadísticas. ¿Existe una diferencia o brecha entre el rendimiento actual y el deseado?, los deseos, los nuevos retos, las proyecciones generan brechas, esas brechas son las que hay por cubrir. ¿Existe un producto o servicio o el proceso existe o va a existir?, ¿Está ya definido el trabajo por hacer?, se sabe de cuál es el resultado final de este producto, ya se tiene mapeado, entonces se sigue los pasos de innovación porque ya se tiene creado, luego se va para el lado del diseño. ¿Se puede determinar la solución?, si el problema es bien conocido, entonces el camino del problema está en inversión o en just do it, voy por la justificación de una inversión, porque solo consiste en mapear los procesos, modificar el estatus, y se ve el impacto de reducir la variabilidad. ¿El proyecto requiere de una inversión?, cuando el proyecto es conocido y no requiere de inversión o solo requiere de una parte del presupuesto asignado, solo hazlo, cuando ya está seguro de la solución. ¿Se tiene bien identificada la causa del problema?, cuando ya tienes el proceso y tienes el producto o servicio que está funcionando, ya genera problemas, realmente cuando no sabes cual es la solución definitiva para este proyecto, hay vas por estos caminos.

Si tienes identificado la causa del problema, pero no se sabe cuáles son las magnitudes correctas de medición y aun así no sabes cómo tratarlo, además se conoce que tiene soluciones complejas, se sabe la receta de cómo hacerlo, pero no lo estás haciendo bien entonces el camino es el kaizen y además si no necesita de inversión, entonces vas primero por el orden, por soluciones del tipo lean, en las cuales tu manejas, modificas el proceso para poder mejorarlo.

Cuando no tienes ni idea y no tienes identificado la causa, el mecanismo, el modelo del problema todavía, no sabes por donde se están generando, sobre todo cuando las soluciones son complejas y no necesite de inversión, además se sabe que el know how de la empresa familiar, en donde el colaborador no tiene idea de lo que está haciendo, a pesar que siempre lo hace bien y aun así le echan la culpa que lo está haciendo mal, eso pasa más de una vez, endonde el producto final no pasa los filtros de control de calidad, cuando se quieressaber cuál es la causa raíz, entonces el problema es para un Six Sigma, para poder crear el modelo de solucionar el problema del proyecto relevante, cuantificable

con respecto al tema de los costos, por que aquellos responde a un indicador de resultados, entonces la magnitud, la escala, la cantidad es lo que va a determinar el impacto sobre el negocio, los aspectos técnicos son los que se va analizar. Ojo cuando toda la evidencia apunta qué no lo necesitas aplicar ocurrirá un fiasco, porque ya tienes clara la solución es en vano investigar.

Donde viven los proyectos, los procesos se pueden desglosar inclusive hasta las operaciones unitarias. La voz del proceso (VOP), me dice cuáles son los requerimientos que se necesita para los críticos de la calidad, es cambiante a diferentes escalas o niveles:

- a) **Nivel 0.**- Están todos los procesos de soporte (mantenimiento, logística, finanzas, recursos humanos, sistemas, etc.) En donde cada proceso core o fundamental, tiene su respectiva métrica de proceso.
- b) **Nivel 1.**- Están todos los subprocesos.
- c) **Nivel 2.**- A este nivel se trabajan todos los proyectos de Six Sigma, a nivel de procesos unitarios, ahí es donde se debe mirar y observar los proyectos.

2.3.7 Caso de negocio y charter del proyecto

Cada caso de negocio debe afectar una métrica, donde dicha métrica o problema se puede resolver o solucionar de varias formas. En donde el proceso clave del negocio (problema a solucionar), está dividido en varios casos de negocio (sub problemas a solucionar) y estos a su vez en proyectos los cuales se encuentran en el nivel 2 (departamento de logística, calidad, mantenimiento, planeamiento, producción, recursos humanos, etc.), en donde se trabajan aplicando la metodología que mejor se ajuste a su necesidad. Se necesita que la métrica tenga un comportamiento histórico, un comportamiento en donde yo ya pueda comparar y encontrar una brecha, se necesita un tiempo algo de temporalidad para determinar desde hace ¿cuánto tiempo tengo esta situación?, necesito la diferencia entre el comportamiento real y el objetivo. Ósea aparte de tener la brecha y el tiempo, necesito saber ¿cuál va a ser mi diferencia?, si lo mejoramos ¿qué impacto tendremos en el negocio?, por que la solución podría ser más cara que el negocio. Esto es cíclico si se sabe el impacto, se puede redefinir las metas del negocio. El enunciado o perfil del caso del negocio o declaración del problema: tiene los elementos de tiempo, desempeño actual, brecha, impacto

del negocio, alineamiento con las métricas primarias y secundarias claves del negocio. Además, deben ser específicos, medibles, alcanzables, retadores y temporales, acotar un poco más el objetivo del negocio para que nos ayude a enfocarnos y concentrarnos más. Dicho perfil me sirve para clarificar toda la información en el menor espacio posible y segundo como herramienta comunicacional, es recomendable tenerlo el discurso por escrito para comunicarlo a la gerencia y a las demás áreas de la empresa. (durante un periodo de tiempo de desempeño de la línea base, ósea un periodo en el cual se hace la medición, dentro de la métrica primaria de un proceso clave del negocio se desempeñó de una forma que estaba lejos la línea base del objetivo del negocio, este objetivo del negocio impacto al negocio con una cantidad de plata o una cantidad de producción o una cantidad de algo que se valora y de alguna forma se describe el impacto esperado del proyecto basado en el comportamiento de la métrica primaria del negocio.

2.3.8 Concepto del cliente

Es el que va a recibir el producto o el servicio o la salida del proceso. Determina las características de mi proceso y que cosas voy a hacer en el proceso. Se clasifican en directos (reciben el producto o servicio en forma directa), indirectos (FFAA, compañías de seguros), externos (los que se encuentran fuera del área de trabajo), internos (los que están dentro y reciben los resultados del proceso), terciarios (reciben el producto en forma modificada u original a través de terceros)

2.3.9 SIPOC

Herramienta para entender el proceso de ¿qué es lo que le tengo que dar a mi cliente? y ¿cuál es lo que el proceso es capaz de dar? Se lee como SIPOC, pero se escribe como COPIS, porque siempre se comienza con el cliente. En cada una de sus etapas hay un feedback. Determina los requerimientos y la retroalimentación necesaria para que el producto sea satisfactorio hacia el proceso que intenta generar un valor agregado con un conjunto de actividades, para poder ser entregados como resultados hacia el cliente. Captura la VOC para ver qué tan capaz es el proceso y que necesita este proceso para darle un buen servicio al cliente.

2.3.10 Medir: Elaboración del mapa de procesos

El objetivo del mapa de procesos es capturar variables, para saber dónde me voy a enfocar primero, no interesa la magnitud de la variable, lo que interesa es donde: capturarla, enfocar, medirla, porque medir es caro cuando no hay automatización, porque la organización tiene que cambiar para poder medir. Todo proceso que genera valor agrega una transformación con entradas y salidas. Después de haber elaborado el mapa de procesos, se sale a validar in situ, identificando lo que te hayan dicho sea real, identificando procesos ocultos (ahí es donde se realiza la optimización), para saber la verdad o la fábrica oculta o lo que no estaba en el pensamiento de la gente, medir todos los turnos para encontrar al turno que tenga el mejor performance y lo tomo como modelo para establecer la forma de trabajar a los demás turnos, para tener mediciones de la información completa. Mapa de proceso a nivel macro o estratégico, da un enfoque total o proceso global, demasiado grande, es definido por la complejidad del proceso. Mapa de proceso a nivel micro u operación, da un enfoque parcial, muy grande. En el mapa de proceso a nivel hiper u operacional, se debe medir, porque da un enfoque de operaciones unitarias y acá viven los proyectos. El mapa de procesos está enfocado a encontrar variables en el proceso.

2.3.11 Análisis del sistema de medición

Muchos proyectos terminan porque empezamos a medir y encontramos el problema estaba en otro lado. Es importante los operadores, el medio ambiente con todas las distracciones, los instrumentos, el método a utilizar influye, el patrón y las reglas repetibles donde se va a realizar la medición y ponerse de acuerdo antes de medir, porque dificulta la medición, el error es constante. Solo cuando se pueda cuantificar algo, se puede mejorar. Sistema de variación más exacto, tiene menos variabilidad, menos error. Prueba R&R ve la reproducibilidad y la repetibilidad, en donde la suma de % repetibilidad + % reproducibilidad es de 10%, en donde la proporción aceptable de la variación de las piezas a medir respecto a la variación de las piezas medidas es menor al 30%. Si la fuente de variación está en el instrumento, entonces puedo cambiar, reparar o calibrar el instrumento. Pero si la fuente de variación está en la persona entonces debo capacitar en el método de hacer la medición o definir el procedimiento o cualquier

otra que indique la política.

2.3.12 Evaluación de capacidad del proceso

En el análisis de capacidad de una pieza o producto: tenemos un límite, un muestreo, un control de los datos, tenemos un porcentaje de los datos de especificación y tenemos una variación. Además, tenemos que ver si los datos son normales o no. Los estadísticos de capacidad pueden ser cp , z . Si el límite de especificación está por encima del promedio el nivel z es positivo, pero si estuviera por debajo del promedio el nivel z será negativo. La desviación estándar a largo plazo es toda la variación.

2.3.13 Mapa de cadena de valor (VSM)

Herramienta centrada en las actividades, en el beneficio, en el objetivo y en los tipos de un proyecto. El objetivo del mapa de cadena de valor es capturar variables. No es un mapa de procesos a pesar que sigue la misma secuenciación y tiene la misma estructura lógica de un mapa de procesos, porque no está enfocado en la producción y en el proceso específico, está enfocado en alguna línea a la cual deseo hacerle seguimiento o en alguna característica que se desea hacer seguimiento. Se mapea el VSM para ver el estado actual y poder proyectarme en un estado futuro. Si se desea aumentar la productividad, se tiene que ver los tiempos de producción de cada una de las etapas por máquina, por área, por turno. El VSM es un flujo centrado en las actividades a enfocarse del proceso y en el objetivo que interesa del proyecto. En dicho flujo las necesidades de cambio sólo se dan cuando existe la urgencia, se va a representar dependiendo lo que se desee lograr, controlar, reducir, medir, etc. La función es de encontrar restricciones en el proceso, para que sean levantadas en un proceso posterior.

2.3.14 Diagrama de Spaghetti, identificación de recorridos

Se inicia con el Layout o distribución de la planta, centrarse en lo que interesa, desde que entra la materia prima hasta que sale como producto final un spaghetti, se analiza la distancia de traslados y tiempo de ciclo en un proceso. Sirve para comenzar a experimentar y modificar la forma de trabajo u optimizarlo hay veces es posible y hay veces no, con la finalidad de encontrar una secuencia de trabajo mucho más limpia.

2.3.15 Analizar: Camino de las Xs

Es la historia del Six Sigma desde el punto de vista de las variables, desde el punto de vista de la experiencia.

- a) Primero.**- Tenemos el mapa de procesos con variables, en donde se analiza cada uno de sus elementos o cajas del proceso viendo como falla este proceso, usando un diagrama de pescado o usamos un icono de proceso (es un mini SIPOC aplicado a ver cada uno de estos elementos o cajas del proceso, con la finalidad de encontrar más variables)
- b) Segundo.**- Después de aplicar el mapa de procesos, aplicamos la matriz XY, en donde se pondera cada una de las variables respecto a la VOC y su importancia dada por el cliente, ir ponderando y viendo cual de todas estas variables va a tener más impacto sobre el proyecto, (ejemplo: si dentro de estas variables una de estas, me indica que el orden, la limpieza es uno de los principales y que más peso tiene sobre la VOC, ósea más peso tiene que vender más, participación en el mercado o calidad en el producto pues entonces el orden y la limpieza es una variable principal, siempre y cuando esa sea la variable principal, entonces se toma una herramienta que ataque directamente al orden y a la limpieza, entonces ahí recién se tiene causalidad, pero si en ningún momento se puede demostrar o verificar con el equipo de trabajo, que este orden y limpieza afecte a la VOC, entonces se pierde el tiempo).
- c) Tercero.**- Clasificar, usar un Pareto de Xs, como herramienta para encontrar las Xque más puedan preponderar sobre el proyecto.
- d) Cuarto.**- Identificación de variables y pasos del proceso, tengo las Xs y regreso con la información al mapa de procesos para verificar donde esas variables importantes se vuelven a repetir, hay veces las identificamos en la primera etapadel proyecto, pero sin embargo buscando encuentro que esa variable está en todos lados dentro del proceso, al comienzo, al final, entonces tomamos dicha variable y encuentro o creo una herramienta o método para que esta variable se controle bien en todos y cada uno de los elementos del proceso, es por eso que se regresa al mapa de procesos.
- e) Quinto.**- Matriz FMEA, establezco cuales son los límites de especificación

superior e inferior, las tolerancias de estas variables para cada uno de los objetivos que se necesite. Análisis de los pasos críticos, establezco cuales son los modos de falla, cuáles son las consecuencias, como detectarlo, que tan frecuente pasa, que tan factible es que me pase, y analizo y priorizo de nuevo. Y ese modo de falla lo voy atacando y resolviendo. Con el FMEA, filtro cuales son las variables Xs y de repente aparecen más variables Xs, donde se ve la causa del modo de falla Xs, las cuales las debo volver a procesar en el mapa de procesos.

- f) **Sexto.**- Clasificación de las Xs, veo que tipo de variables son (variable de control, variable estándar, ruido), en donde se eliminan las variables de ruido.
- g) **Séptimo.**- Plan de colecta de datos Xs, a partir de las variables de control clasificadas como variable de control principal, se colectan las Xs que generan variabilidad, y obtengo un indicador valido. Es hacer una matriz o un cuadro que va a organizar todas las variables que influyen en el proceso (va a depender de la Y, del crítico para la calidad), y a decir que es lo que voy a medir, donde lo tengo que medir, quien es el responsable y todos los requerimientos que necesite esa información para ser completada.
- h) **Octavo.**- Aplico el análisis de sistema de medición y encuentro qué el indicador de la variable es bien exacto, valido los datos de las Xs que cumplen con las características del proceso, se comienza a buscar las causas para analizarlos.
- i) **Noveno.**- Análisis, chequeo de causas y verificar a través de gráficos y estadísticos la búsqueda, la validación de causas raíces y encuentro las relaciones entre las Xs y procedo a simplificar las Xs.
- j) **Décimo.**- Matriz de soluciones, cuando ya se tiene las causas verificadas y ya se entiende que controlar la variable solo mirando el instrumento la medición no es correcto comienzo a definir cuáles son las posibles soluciones, proponiendo diversas soluciones para las Xs (FMEA, solución más barata, busco un plan de implementación), en base a la experiencia de la persona que maneja el proceso o está interviniendo en el proceso diariamente, porque sabe cómo debe hacerlo, pero no necesariamente sabe cómo hacerlo en el momento correcto y de la forma correcta. Sirve para darle

todo el valor posible para que la persona que maneja el proceso resuelva el problema. Tratar de resolver las causas raíces, no el efecto, para que automáticamente se estandarice el proceso. Busca soluciones de cómo controlar la variable del proceso.

- k) Onceavo.**- Control de las Xs, usando, a prueba de error, sistemas de gestión y cartas de control, para controlar las Xs. Aplicando los 3 filtros para ver en qué parte nos está ayudando: deseabilidad (la quiero), factibilidad (es técnicamente posible resolver el problema), viabilidad (costo del proceso), porque el proceso obliga a buscar la pregunta correcta, el diseño de la metodología es para que se tenga las preguntas correctas.

Se analiza con estos pasos, y se aplica la decisión correcta. Todos estos pasos son para obtener la data, convertirlo en información y con esa información, tomar la decisión correcta, clasificar la información que vale y la información que no vale y tomar la decisión correcta. Porque fallar ecotadamente lo que hace es que el aprendizaje se haga más rápido, tomar un plan piloto chico e ir experimentando, probando con la intención de tener más información para solucionar, desde el mapa de procesos capturando variables que se relacionen a la calidad del producto, analizo como esta variable falla, analizo las causas raíces, clasifico las variables de control para controlarlas y las variables estándar y de ruido para mitigarlas.

2.3.16 Análisis gráfico multivariable

Es una herramienta del minitab (estadística – gráficas de calidad – herramientas multivari, gráfica de las características del producto en función a los lotes procesados, por proceso, por turnos), sirve para tomar decisiones en función a la cantidad, a la calidad y para maximizar el rendimiento de la productividad de fabricación de un producto o prestación de un servicio, pero con proveedores con capacidad limitada. Permite graficar los promedios de la información que tenga, variable, en función de la clasificación de la misma, características. También permite tomar decisiones rápidas en función de múltiples variables al mismo tiempo o la interacción de todas las variables que se estén observando. Requiere de dos requisitos, los datos sean normales o en lo posible lo más normal posible y que las diferencias sean groseras o amplias. También sirve

para evaluar procesos complejos por lotes, por características del producto, por turnos, por días. La persona lo primero que debe hacer es analizar viendo patrones para ver por donde comenzar a analizar el problema, tomar decisiones inmediatas y para posteriormente resolver el problema. Ayuda a identificar rápidamente algunas diferencias o al menos visiones dentro del mismo día, lotes diferentes entre guardias, etc.

2.3.17 Introducción al test de hipótesis

El test de hipótesis es algo muy estructurado en estadística, no se cuestiona, solo se acepta. Lo que comprueba es una hipótesis nula respecto a una alternativa. Todos los test de hipótesis en absoluto, son una hipótesis nula respecto a una hipótesis alternativa. Es un axioma que establece que la hipótesis nula es la igualdad y la hipótesis alternativa es todo lo contrario, porque todos en ciencia se establece en eso.

2.3.18 FMEA

Es un método de análisis proactivo, se hace para analizar fallas o adelantarse a las fallas en base a la experiencia y al conocimiento de tu equipo, para lo cual se apoya de tablas de severidad, tablas de los efectos de las fallas están desde el punto de vista de seguridad, producción y del negocio en función a estas se pone un puntaje, tabla de probabilidad de ocurrencia la cual se adapta en función a cada una de las empresas u organizaciones o proyectos que se tengan, porque cada empresa tiene su objetivo ,tabla de detección cuanto más detectable menos puntaje es, cuanto menos detectable más puntaje es , porque puede al momento de no ser detectable las sorpresas normalmente pueden ser desagradables, entonces cuando el problema se da y es evidente, lo estoy mirando que se está dando, entonces el factor por detectabilidad es muy bajo. Es una metodología muy sencilla, pero tiende a ser muy rigurosa cuando se comienza a investigar y al abrir aparecen pasos del proceso: declarar la función en verbo infinitivo+ sustantivo + especificación, luego declaro como la función puede fallar, varios efectos del modo falla, puntuación de severidad, varias causas potenciales del modo falla encontradas través del análisis ,puntuación de probabilidad de ocurrencia, controles actuales para cada causa o modo de falla de porque se dio, controles que me ayuden a detectar y a reducir esa variabilidad, en función a

esos controles se puntúa de una forma diferente, puntuación como nivel de detección, puntuación del número prioritario de riesgo. En el FMEA los puntajes que se usan deben ser lo mismo para un proyecto y otro, ósea en función a las tablas, establecer los puntajes primero para comenzar a evaluar para que cada uno de sus proyectos tenga coherencia eso es lo importante.

2.3.19 Análisis de causa – raíz

Se basa en la metodología de la espina de pescado, no importan donde lo encuentren el problema, lo importante es que lo encuentren, no importa si usan el método de las 6 Ms (mano de obra-material-método-maquinaria-medida-medio ambiente) o son las 6 Ps, no interesa lo importante es que lo encuentren. Se usa cuando ya se te paso, ya estas frito, se te quemo algo, esto es usualmente usado en post mortem y aplicas el análisis de causa raíz para que no te vuelva a pasar en el futuro, entonces lo que debe hacerse es encontrar las causas raíces y tratar de eliminarlos, una vez que se encuentra las ramas del pescado, se realiza las clásicas preguntas, de los cinco porqués?, ¿por qué paso esto?, y cuando ya no tengas respuestas es porque supuestamente es la causa raíz. Cuando aparecen dudas lo mejor es resolverlas, hay que tomar los mismos elementos reducirlos a lo básico y reconfigurarlos, hay que aprender a realizar un proyecto de una forma diferente, no está mal todo lo aprendido que sirva como una base, pero de repente la forma de como lo utilizamos es hay veces lo que nos crea barreras.

2.3.20 Mejorar: Relación entre variables: Correlación y regresión

Es convertir todos los datos en una sola función. Tanto la correlación como la regresión están asumiendo que toda curva, toda función dentro del tramo correcto, dentro del espacio correcto puede ser representada por una línea recta, no importa que garabato tengan en el rango correcto puedo asumir que son rectas y allí es donde se introduce el concepto de error, yo sé que una curva no es una recta, pero tolero que va existir un error y ese error no es significativo, entonces ahí tiene sentido el asumir que en ese rango es un pedacito de recta, es en eso en lo que se basa una correlación y una regresión. Para estudiar una correlación se necesita que los datos este apareados, ósea que para cada respuesta o para cada valor dependiente Y, exista un factor o valor dependiente X, la cual no necesariamente en la vida real se da, ahí es justamente donde se

trata de encontrar la explicación de estas cosas. Por fórmula el coeficiente de correlación es un valor que no es proporcional, tiende a apuntar hacia una dirección, me dice que tan positiva es, significa que, si la variable independiente sube el valor, la variable dependiente sube también, y cuando es negativa es cuando la variable independiente sube la variable dependiente baja el valor. Las tendencias lo único que te dicen es positivo o negativo nada más. Los valores o magnitudes de correlación pueden ser gráficos de una correlación positivo o negativo fuerte (significa que los puntos están muy cercanos al modelo), una correlación positiva o negativo débil ó sea un cero (significa que los valores están lejanos del modelo), en términos prácticos es eso, la correlación no determina la causalidad. Siempre considerar la relación física o el fenómeno físico real antes de mostrar una correlación estadística, porque podrían haber 2 o más fuentes que ni siquiera estén relacionadas, donde no tiene nada que ver la una con la otra, en donde lo único que son común para ellos es la fecha. Primero encontremos dos variables que estén relacionadas materialmente, ver su causa antes de ver su correlación, porque si ustedes determinan una causa física y no le encuentran la correlación, lo que ha pasado es que existen más variables involucradas en el fenómeno que no se están considerando o el rango de búsqueda que han aplicado no es el correcto. Correlación simple tiene una sola dimensión y correlación múltiple tiene dos o más dimensiones. Lo que se busca en una regresión en el mundo perfecto que sea un 80% de ajuste en el R-cuadrado significa que los defectos que se ven lo representan las variables que se está considerando, pero si es menos de 80% significa que hay variables que no se han considerado o no se han medido para el estudio. El coeficiente de Mallows también te indica el grado de ajuste de un modelo, ó sea en una modelo de regresión uno debe buscar en R-cuadrado predictivo mayor, pero en cp de Mallows menor posible. El nivel de complejidad depende de lo que yo quiero buscar. Los residuos en una regresión para que sea saludable o ajustada no deben tener ninguna figura visible o ningún patrón o centrados lo más cercanos al cero porque significaría que no tienen ningún sesgo, además los residuos deben tener ciertas características: que sea lo más normal posible en el modelo de normalidad, que la distribución sea lo más bonita, que no tenga patrones para

nada, que no se puedan ver patrones para que sea un modelo de regresión válido. En toda regresión uno se debe fijar más en el valor de p , que, en los valores de los coeficientes de la ecuación de regresión, porque si el valor de p es mayor a 0,05 significa que el aporte de este valor no cambia en el valor del resultado, porque se está aceptando la hipótesis nula y la hipótesis nula dice que el cambio del tiempo no cambia el resultado. Cuando las regresiones tienen exactamente los mismos coeficientes de regresión, pero sin embargo no representan para nada lo que se puede ver en la distribución, se tiene que tener en cuenta en regresiones con un R^2 bajo y la que tiene más sentido, porque toda interpretación estadística tiene que tener algún tipo de relación con la realidad ósea con la observación, para evitar de equivocaciones de tomar mal el modelo o de tomar los rangos inadecuados de aplicación. Dependiendo de cada caso y de la situación a la que me enfrente (si es un proceso sencillo es bienvenido, más datos es mejor, si es un proceso es complejo, más datos no es mejor, porque a medida que se agregan más datos o más observaciones al modelo no siempre es el más apropiado, porque aumento la complejidad y el modelo se sale y aparecen cosas raras con el modelo, se va a introducir más errores). Hay veces es más importante tener un modelo representado o práctico que un modelo exacto.

2.3.21 Introducción al diseño de experimentos

Los experimentos dentro de un proceso de varios pasos, tienen entradas, salidas, variables controlables y variables no controlables. Los objetivos de cada experimento son hallar las X s influyentes con efectos no deseados, deseados o con variabilidad.

2.3.22 Poka Yoke, diseño a prueba de errores

Es una estrategia a prueba de error, evita la falta de concentración. Además, clarifica la confusión. Los poka yokes de prevención evitan fallas, mientras que los de detección identifican y detienen defectos. Estos dispositivos previenen errores y los hacen evidentes para que los colaboradores los corrijan a tiempo.

2.3.23 Identificar y seleccionar soluciones

En el contexto de mejora continua y fundamentos lean, para identificar soluciones efectivas y rediseñar procesos, se utilizan técnicas como el

brainstorming y la replicación de prácticas exitosas. La matriz de selección de soluciones ayuda a evaluar factores como el impacto en el proceso, costos y riesgos, permitiendo la elección de las mejores soluciones. Además, se verifica la relevancia de las variables significativas mediante análisis de costo-beneficio para garantizar que las soluciones sean beneficiosas para el negocio.

2.3.24 FMEA, Análisis de Modo y Efecto de Falla

Es una metodología que evalúa y prioriza posibles fallas en un proceso o solución. Utiliza índices de severidad, ocurrencia y detección para calcular el riesgo potencial de cada modo de falla. A partir de este análisis, se proponen acciones recomendadas para abordar las fallas identificadas y mejorar la eficiencia del proceso.

2.3.25 Control: Validar soluciones

El DMAIC no es Six Sigma, el Six Sigma usa el DMAIC. Después de implementar soluciones, se valida su impacto positivo en el proceso y el logro de los objetivos acordados generando mejoras sostenibles. Esta validación se realiza mediante análisis de capacidad y estadísticos, asegurando la significancia y practicidad de los resultados. Se prepara un informe final para transferir los aprendizajes a los responsables del proceso y se comparten los resultados mediante posters y documentación detallada para facilitar la replicación en otras áreas de la empresa metalúrgica, lo que amplifica los beneficios obtenidos. Replicar soluciones similares se valora por su eficiencia y evita duplicación de esfuerzos.

2.3.26 Control estadístico de procesos (SPC)

Es un sistema de retroalimentación que utiliza gráficos de control para monitorear variables del proceso y detectar variaciones inusuales debido a causas especiales. Se utiliza para intervenir y tomar acciones cuando se observan puntos fuera de control. Los gráficos de control representan los datos a lo largo del tiempo con límites de control para indicar la necesidad de intervención. El control estadístico de procesos es una técnica probada para mejorar la productividad, prevenir defectos y proporcionar información sobre la capacidad del proceso, pero requiere entrenamiento adecuado y análisis cuidadoso de los datos y las señales.

2.3.27 Elaboración de gráficos de control

Implica seleccionar la variable o atributo, establecer subgrupos racionales con tamaños de muestra adecuados y elegir el tipo de gráfico adecuado. Se calculan los límites de control y se grafican los datos para detectar condiciones fuera de control, interpretar hallazgos y proponer mejoras. Los tipos de gráficos incluyen variables adecuadas para distintas situaciones de seguimiento de defectos y muestras.

2.3.28 Plan de control

Es un documento que describe las acciones necesarias para mantener un proceso en control. Incluye un plan de entrenamiento para el personal, un plan de documentación, un plan de monitoreo con herramientas estadísticas, un plan de respuesta a eventos fuera de control, y un alineamiento de sistemas y estructuras. El proceso de control se resume en un documento de una página llamado Sistema de Control de Proceso PCS que resume el proceso mejorado, las métricas claves, responsabilidades y acciones en caso de eventos inesperados.

2.4 Definición de términos básicos

- a) **Optimización.**- Busca mejorar la eficiencia y productividad de una empresa mediante el uso inteligente de herramientas y estrategias existentes, con el objetivo de alcanzar el éxito comercial de manera más sencilla, independientemente de su tamaño.
- b) **Perfiles.**- Son productos semielaborados de latón con una estructura de carga de acuerdo a las especificaciones del cliente.
- c) **VOB.**- Es la voz del negocio, es el gerente, es el traductor, lo que da es una misión, una visión y los resultados estratégicos que quiere lograr, eso tiene que estar alineado con lo que un futuro cliente va a necesitar.
- d) **VOC.**- Es la voz del cliente, la cual debe ser escuchada por la VOB, para poder corregir la misión, la visión y replantear los resultados estratégicos en objetivos y estrategias. Determina las métricas primarias para medir la satisfacción del cliente
- e) **VOP.**- Es la voz del proceso (son las métricas primarias "Ys" del proceso). Son la medición del resultado del proceso de un producto o servicio. Inicia con

el último paso o bloque dentro del alcance del proyecto.

- f) **Métrica primaria.**- Es toda métrica que esta alineada al objetivo del negocio, tienen características, espacio temporal del performance.
- g) **Métrica secundaria.**- Es toda aquella métrica que me va a mantener en cierta honestidad. Índice de accidentes, sólo se escoge 1 o 2 métricas por proyecto, dependiendo del riesgo. Es la que se debe cuidar.
- h) **Know how.**- Conocimiento adquirido a través de la experiencia, necesario para saber un determinado proceso.
- i) **Charter del proyecto.**- Es un documento clave que resume la esencia del caso de negocio, enmarcado en DMAIC. Describe el problema, el equipo, el tipo de proyecto, el alcance, los riesgos, metas, hitos, avances y autorizaciones. Justifica y alinea la visión del proyecto con la gerencia, asegurando su apoyo y enfoque.
- j) **Defecto.**- Cualquier caso o evento en que el producto o proceso fracasa en la satisfacción de la necesidad del cliente.
- k) **Capacidad del proceso.**- La cantidad que un proceso puede generar o suministrar. Es la habilidad del proceso para poder cumplir con ciertas especificaciones o límites de control.
- l) **Variación.**- Todo cambio en procesos o prácticas de negocio que puede alterar los resultados esperados por el cliente de éstos.
- m) **Operaciones estables.**- Asegurar procesos consistentes, predecibles y que mejoren la percepción de los mismos por el cliente.
- n) **SIPOC.**- Es un marco (nivel 2) que simplifica el proceso con 4 o 5 bloques, resaltando proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes. Enfocados en macro detalles, guía para métricas y evita el exceso de detalle. No es suficiente para un mapa detallado del proceso.
- o) **Mapa del proceso.**- Es un modelo analítico que representa las acciones y resultados con errores y capacidades. Se basa en el SIPOC, expandiendo 3 – 5 bloques para revelar valor y actividades redundantes. Define el alcance y sincroniza con patrones de tiempos verificados, asegurando reproducibilidad.
- p) **Actividades con potencial.**- Es la identificación de cuellos de botella,

problemas de calidad.

- q) **Downtime.**- Es en el caso de mantenimiento, cuando se necesita establecer el tiempo real de la máquina.
- r) **Variable de control.**- Permiten obtener un producto más homogéneo, se toma como variable principal, se trabaja sobre esa variable y se olvida del resto.
- s) **Variable estándar.**- Es algo que te pide el gobierno, la política o alguna norma, porque es algo obligatorio que se debe cumplir lo más rápido y eficiente que se pueda.
- t) **Variable de ruido.**- Indica que tan incontrolable es la información, que tanto distorsiona el proceso final aun controlando algunas variables es por eso por lo que no se eliminan se mitigan, porque siempre va a haber.
- u) **Deseabilidad.**- Es lo deseo, lo puedo hacer y lo puedo pagar, se menciona en ese orden y tiene mucha lógica.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general y específico

Hipótesis general

La aplicación de la metodología Six Sigma en el proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de Lima impactará positivamente en la eficiencia, la eficacia, calidad y competitividad a largo plazo, mejorando significativamente la rentabilidad de la empresa.

Hipótesis específicas

- 1) La aplicación de Six Sigma mejora las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima.
- 2) La aplicación de Six Sigma mejora las ineficiencias en los procesos y la falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima.

3.1.1 Operacionalización de variable

Definición conceptual de las variables:

- a) **Variable dependiente: Productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón.**- Conforme a la referencia (26), " se refiere a la habilidad del proceso de fabricación para producir perfiles de latón de forma eficiente en cuanto a cantidad y calidad".
- b) **Variables independientes: Aplicación de Six Sigma.**- Según (19), "es un método de mejora continua que propone disminuir radicalmente las fallas de un proceso, más bien evitar las desviaciones de la meta. Esa desviación se mide a través de n sigmas". (p. 356)

Tabla 1
Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
Y= Productividad del proceso de fabricación de perfiles de Latón	Capacidad del proceso de fabricación para producir perfiles de Latón de manera eficiente en términos de cantidad y calidad. Garay (2023)	Se analizará con la eficiencia y la eficacia de los procedimientos de operación, procesos transversales estandarizados, después de la aplicación de Six Sigma.	Eficiencia (índice de tiempo empleado TE)	$TE = \frac{\text{Horas empleadas}}{\text{Horas programadas}} \times 100$	Análisis de datos históricos de reportes de producción	Cálculo
			Eficacia (índice de cumplimiento de producción CP)	$CP = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100$		
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
X = Aplicación de Six Sigma.	Es un método de mejora continua que propone disminuir radicalmente las fallas de un proceso, más bien evitar las desviaciones de la meta. Esa desviación se mide a través de n sigmas. Bravo (2012, p.356)	La aplicación de Six Sigma se medirá mediante la implementación exitosa de proyectos Six Sigma utilizando la metodología DMAIC en los procesos de fabricación de los perfiles de Latón identificados como críticos para la calidad en la empresa metalúrgica.	Etapa DEFINIR	Identificación de los aspectos críticos para la calidad del producto o servicio. Comprender cómo funciona actualmente el proceso. Entender las necesidades y expectativas del cliente. Establecimiento claro de los objetivos del proyecto en términos cuantificables.	Encuestas a clientes, análisis de datos históricos de calidad, retroalimentación del cliente. Mapas de procesos, análisis de flujos de trabajo, recopilación de datos sobre el rendimiento actual. Encuestas a clientes, entrevistas, análisis de comentarios y quejas. Definición SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, con Tiempo) de los objetivos del proyecto.	Brainstorming. Matriz Causa-Efecto (Ishikawa o espina de pescado). SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer). Análisis FODA. Análisis de datos descriptivos. Diagramas de flujo. Pareto Analysis.
			Etapa MEDIR	Evalúa la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Mide la variabilidad inherente del proceso. Evalúa si el proceso se encuentra bajo control estadístico. Calcula la cantidad promedio de defectos por unidad producida. El tiempo requerido para completar una unidad del proceso.	Cálculo de índices de capacidad del proceso utilizando datos recolectados. Análisis estadístico de la dispersión de datos. Gráficos de control y análisis de patrones. Conteo de defectos y unidades producidas. Seguimiento y registro del tiempo necesario para cada fase del proceso.	Histogramas. Gráficos de Control. Análisis de Regresión. Análisis de Capacidad del Proceso. Cartas de Pareto. Diseño de Experimentos (DOE).
			Etapa ANALIZAR	Identificación de los factores fundamentales que contribuyen a los problemas identificados. Identificación de relaciones entre diversas variables del proceso. Evaluación de la importancia relativa de los problemas identificados. Identificación de áreas específicas para la mejora.	Herramientas como el Diagrama de Ishikawa (espina de pescado) y el Método de los "5 Porqués". Análisis estadístico y visualización de datos para identificar patrones. Herramientas como el análisis de Pareto. Evaluación de datos y retroalimentación de partes interesadas.	Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado). Diagrama de dispersión. Matriz de priorización. Análisis de Pareto. Mapas de proceso. Análisis de valor agregado. Análisis de regresión múltiple.
			Etapa MEJORAR	Mejora cuantificable en la eficiencia del proceso. Disminución en la cantidad de defectos o errores. Uso más eficiente de recursos, como tiempo y materiales. Aumento en la satisfacción del cliente. Cumplimiento mejorado con estándares de calidad y proceso.	Comparación de métricas clave antes y después de la implementación de mejoras. Seguimiento y comparación de defectos antes y después de las mejoras. Comparación de recursos utilizados antes y después de la implementación de mejoras. Encuestas de satisfacción del cliente y retroalimentación. Comparación con estándares predefinidos y requisitos del cliente.	Diseño de experimentos (DOE). Implementación gradual. Análisis de capacidad del proceso. Reingeniería de procesos. Optimización de parámetros. Pruebas piloto.
			Etapa CONTROLAR	Mantenimiento de las mejoras en el tiempo. Estabilidad y previsibilidad del proceso. Mantenimiento del cumplimiento con estándares de calidad. Retroalimentación positiva del cliente. Búsqueda continua de oportunidades de eficiencia.	Monitoreo continuo de las métricas clave para asegurar que los beneficios se mantengan. Análisis estadístico continuo y gráficos de control. Auditorías y comparación con especificaciones establecidas. Proceso de retroalimentación interna y revisión regular de procesos.	Capacitación Continua. Sistema de Gestión de Calidad. Retroalimentación del Cliente. Planes de Contingencia. Revisiones Periódicas del Proceso.

Relación de variables: $Y = f(X1)$

Y : Productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón.

X1 : Aplicación de Six Sigma.

La variable dependiente es la Y, tiene como dimensiones a la eficiencia y la eficacia. La eficiencia se midió con el índice de tiempo empleado y la eficacia se midió con el índice de cumplimiento de producción. La variable independiente es la X1, tiene como dimensiones a las etapas de la metodología Six Sigma: Definir se midió con el CTQ (Critical to Quality), el proceso de negocio actual, la VOC (Voice of the Customer), los objetivos del proyecto. Medir se midió con la capacidad del proceso (Cp, Cpk), la variación del proceso, la estabilidad del proceso, los defectos por unidad (DPU), el tiempo de ciclo. Analizar se midió con el análisis de causa-raíz, la correlación entre variables, la priorización de problemas, la identificación de mejoras potenciales. Mejorar se midió con la eficiencia del proceso mejorado, la reducción de defectos o errores, la optimización de recursos, la mejora de la satisfacción del cliente, el cumplimiento de estándares. Controlar se midió con la sostenibilidad de las mejoras, el control de procesos, el cumplimiento de estándares de calidad, la retroalimentación del cliente, la eficiencia operativa continua.

Las VD, VI, son variables del tipo longitudinal porque se midieron en más de una vez a través del tiempo, antes de aplicar LSS y después de aplicar LSS

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

Es una investigación aplicada porque parte del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución (29). A su vez, corresponde a una investigación cuantitativa, porque la preponderancia del estudio de los datos se basa en la cuantificación, cálculos de los mismos y en el uso de técnicas estadísticas para comunicar sus hallazgos (29). Y tiene un diseño no experimental, porque no se está manipulando deliberadamente los datos, sólo se observan para luego analizarlos, además tiene un diseño longitudinal, porque los medirá en más de una vez a través del tiempo (29). Para efectos didácticos se resume la **Figura 4**

Figura 4
Diseño metodológico aplicado de la investigación



Nota : La investigación, tiene un diseño es no experimental – longitudinal, tiene un enfoque cuantitativo y es del tipo aplicada.

4.2 Método de investigación

La aplicación de Six Sigma en un proceso de fabricación de perfiles de latón optimizó la productividad de la empresa metalúrgica de varias formas. Aquí hay un enfoque paso a paso para evaluar cómo el Six Sigma mejoró la productividad del proceso. La investigación constó de cuatro etapas claras, detalladas a continuación:

- a) Etapa 1.-** Se construyó un marco conceptual sólido que abordó y explicó los fundamentos del proceso de gestión de procesos. Este enfoque permitió establecer una base sólida para respaldar la aplicación eficaz de la metodología Six Sigma en el proceso de fabricación de perfiles de latón de la planta de producción de la empresa metalúrgica en la ciudad de Lima. Para ello, se definió claramente el problema que enfrenta el proceso de fabricación de perfiles de latón. Se llevaron a cabo actividades como la elaboración del charter, la selección del equipo del proyecto, la revisión y el aprendizaje del trabajo previo, la movilización del equipo, el SIPOC, el establecimiento y la validación de los requisitos del cliente, la determinación de métricas primarias y secundarias, la alineación del equipo con el problema y las metas, la confirmación del charter, el chequeo con los interesados y la validación del charter.
- b) Etapa 2.-** Se llevó a cabo una caracterización de los procesos mediante la aplicación de diversas herramientas: Se midió, se identificaron las Xs clave, se elaboraron mapas de proceso, se realizó un análisis de modo y efecto de falla (FMEA), se empleó la matriz XY para correlacionar variables, se implementaron operaciones lean para optimizar el proceso, se presentó gráficamente la data con estadística básica, se llevó a cabo un análisis del sistema de medición, se calculó la capacidad del proceso, se desarrolló un plan de recolección de datos para las Xs clave. Posteriormente, se analizó, se llevó a cabo un análisis gráfico, se identificaron posibles causas raíz, se validaron estadísticamente las causas raíz, se realizó un chequeo con los interesados, se confirmaron las causas raíz. Este proceso permitió identificar con precisión las causas raíces que subyacían al problema en el ámbito del área de mejora continua y excelencia operacional de la empresa metalúrgica.
- c) Etapa 3.-** Se llevó a cabo una optimización de procesos que comprendió los siguientes pasos, se mejoró el proceso: Descubrimiento de interacciones y regresiones, generación de posibles soluciones, benchmarking, evaluación de riesgos y alternativas, selección de soluciones, actualización de FMEA, chequeo con interesados sobre soluciones aprobadas, desarrollo de planes de implementación y comunicaciones, estrategia de influencia y el chequeo

con interesados sobre implementación aprobada. Se controló el proceso: Implementación de soluciones aprobadas, desarrollar sistema de control del proceso, traspaso del proyecto al dueño del proceso, documentación y compartición de aprendizajes, monitoreo de implementación y sistema de control del proceso, ratificación de resultados, actualización del conocimiento compartido, celebración de mejoras y reconocimiento al equipo. Se rediseñó el proceso: Se procedió al rediseño de procesos, identificando y eliminando cuellos de botella, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia global del proceso cuando fue necesario. Se implementó capacitación y desarrollo, se establecieron indicadores de rendimiento, se realizó un seguimiento continuo, se evaluó impacto financiero, se solicitó retroalimentación de los clientes, se documentó y compartió resultados.

- d) Etapa 4.-** Se presentó las conclusiones obtenidas a partir del proyecto de investigación realizado, se elaboró recomendaciones fundamentadas para impulsar mejoras en la empresa metalúrgica. En donde estas conclusiones y recomendaciones fueron el resultado del análisis de datos, la aplicación de la metodología Six Sigma y la evaluación de las soluciones propuestas, con el objetivo de generar un impacto positivo en el desempeño y eficiencia de la empresa en el contexto de la producción de perfiles de latón.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Respecto a la población es toda la producción de perfiles y varillas de latón en el periodo anual de colada continua, en la empresa metalúrgica de la ciudad de Lima.

Criterios de inclusión: Sólo se considerará la producción de productos semielaborados de latón (colados, pelados y despachados), de la 1era campaña de colada continua de 87 días laborables, con horario atípico de lunes a domingo en 2 turnos de 12 horas. Ver anexos 5, 6, 7 y 11. Criterios de exclusión: No se considerarán las horas extras.

4.3.2 Muestra

La muestra corresponde a la producción total de perfiles de latón del ítem #1 por campaña de colada continua (que son de tres meses) Ver anexo10

Criterios de inclusión: se considerará los perfiles de latón del ítem #1 reprocesados, de la producción de perfiles colados. Criterios de exclusión: No se tomará en cuenta los perfiles de latón que no sean del ítem#1, no se considerarán las horas extras.

4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

El presente trabajo de investigación, se realizó en las instalaciones de la planta de producción de perfiles de latón de la empresa metalúrgica, ubicada en el distrito de Ate, en la ciudad de Lima, Perú. El periodo desarrollado de la investigación fue de dos años, se inició con la recolección de la información a partir del primer trimestre del año 2021 (primera campaña de la CC) (ver anexo 2), hasta el desarrollo del presente trabajo en los meses de agosto a noviembre del año 2023

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1 Técnicas para la recolección de la información

- a) Observación directa, fotografías y videos in situ.
- b) Uso de reportes de producción del SAP y del programa maestro de planeamiento de los productos semielaborados de latón de la CC.
- c) Uso de herramientas, como los diagramas: De operaciones del proceso (DOP), de análisis y procesos (DAP), de bloques.

4.5.2 Instrumentos para la recolección de la información

Entrevistas, cuestionarios, lista de verificación de las máquinas e instrumentos de la CC.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

En el análisis y el procesamiento de datos se hizo uso: De los programas de Excel, SAP, Power BI (para gestionar los indicadores de desempeño de los procesos KPIs y OKRs), del minitab 20 (para la parte estadística para analizar los datos recolectados en la fase medición, realizar inferencias sobre el futuro con datos de proceso y rendimientos pasados, aplicar metodologías estadísticas avanzadas de resolución de problemas), del software Visio, Bizagi (para modelar los diagramas de procesos AS-IS, TO-BE) y del Bizagi (para simular, automatizar, analizar escenarios, tiempos, recursos, calendarios de procesos y reportes de la empresa metalúrgica).

4.7 Aspectos éticos en investigación

El presente trabajo es original, se realizó en base a la ética del ingeniero químico. Es crucial destacar que todos los datos empleados son rigurosamente veraces. Como resultado, los datos recopilados a través de los instrumentos de recolección, así como el análisis efectuado, se mantendrán inalterados de manera incondicional. Esto garantizará la obtención de resultados coherentes y consistentes que serán esenciales para la optimización de la productividad en la producción de perfiles de latón. La data, el contenido y toda la información encontrada, deberá contar con la autorización del autor, para su publicación o exhibición en los medios digitales correspondientes, en los buscadores y metabuscadores de internet.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

a) De la etapa 1 se obtuvo los siguientes resultados descriptivos:

- 1) **En definir claramente el problema del proyecto.**- Se realizó un análisis de toda la población y de toda la muestra. Se emplearon técnicas detalladas para la recolección de la información, descritos en el punto 4.5.1: Como el análisis de la data histórica de producción de la empresa metalúrgica del año 2021 (ver anexos 5, 6, 7, 10 y 11), los reclamos del cliente externo e interno y la observación in situ de todo el proceso de fabricación de productos semielaborados de latón de la línea de la colada continua dentro de la empresa metalúrgica. Se utilizaron instrumentos descritos en el ítem 4.5.2 para la recolección de la información. Durante este análisis, se constató que todo el proceso de fabricación de perfiles del ítem # 1 de la empresa metalúrgica estaba directamente vinculado al consumo mensual en kilogramos de productos semielaborados de latón por parte del cliente externo, como se describe en la **Tabla 2 (Ver pag 58)**. Cada producto semielaborado de latón tiene diversos usos por parte del cliente externo para los procesos de mecanizados y estampados. De acuerdo con la teoría, la producción en toneladas de una campaña se determinó según los datos presentados en la **Tabla 3 (Ver pag 59)**. Esto se debía a la necesidad de cumplir con pedidos, y la duración de las campañas se extendía desde dos meses hasta tres meses, como se detalla en la **Tabla 4 (Ver pag 59)**. Asimismo, se nota que el tiempo de duración de las compras exhibe una tendencia marcada debido a las demoras en las gestiones por parte del personal de compras para obtener las materias primas y los insumos químicos fiscalizados, entre otros. En cuanto a la duración total de la campaña, se identifican fluctuaciones que son influenciadas por las observaciones anteriores y por las demandas específicas de los clientes. Además, se constató que la empresa metalúrgica no logró cumplir con los indicadores establecidos, tal como se muestra en la **Tabla 5 (Ver pag 60)**

Tabla 2

Principales productos semielaborados de latón que fabrica la empresa metalúrgica de la ciudad de Lima

FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	MEDIDA (longitud estándar m± tolerancia 20 mm) – GEOMETRÍA-ALEACIÓN
Perfil de latón del ítem # 1	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 2	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 3	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 4	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 5	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 6	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 7	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 8	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 9	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 10	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 11	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 12	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Perfil de latón del ítem # 13	3 m–cuadrada–Cu–Pb–Zn
Varilla de latón del ítem # 14	3 m ± 20 mm–redonda – Ø 1/4"–Cu–Pb–Zn
Varilla de latón del ítem # 15	3 m ± 20 mm–redonda–Ø 8 mm–Cu–Pb–Zn
Varilla de latón del ítem # 16	3 m ± 20 mm–redonda–Ø 10 mm–Cu–Pb–Zn
Varilla de latón del ítem # 17	3 m ± 20 mm–redonda–Ø 5/8"–Cu–Pb–Zn
Varilla de latón del ítem # 18	3 m ± 20 mm–redonda–Ø 14 mm–Cu–Pb–Zn

Nota : Para nuestro caso en estudio, se ordenó la **Tabla 2 (Ver pag 58)**, de acuerdo con las ventas anuales de la empresa metalúrgica a los principales clientes.

Tabla 3**Datos teóricos de los tiempos de duración y de producción para fabricar los productos semielaborados de latón**

PRODUCCIÓN DE LA COLADA CONTINUA EN UNA CAMPAÑA	PESO DE PERFILES Y VARILLAS DE LATÓN (Toneladas)	TIEMPO DE DURACIÓN (días)
Producción mínima	100 – 120	30
Producción máxima	135 – 136	35

Nota : La duración de las campañas en la empresa metalúrgica, generalmente superaban los 30 días laborables, abarcando de lunes a domingo en dos turnos de 12 horas cada uno.

Tabla 4**Datos sobre las campañas para el proceso de fabricación de productos semielaborados de latón**

CAMPAÑAS	TIEMPO 1er CALENTAMIENTO HF Y HM (días)	TIEMPO DURACIÓN PRODUCCIÓN (días)	TIEMPO DE COMPRAS DE MP, IQF (días)	TIEMPO DURACIÓN PRODUCCIÓN (días)	TIEMPO 2do CALENTAMIENTO HF Y HM (días)	TIEMPO DURACIÓN PRODUCCIÓN (días)	TIEMPO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN (días)	DURACIÓN TOTAL DE LA CAMPAÑA (días)
1	11	19	17	10	2	28	55	87
2	5	14	13	17	2	9	40	60
3	5	25	31	0	2	20	45	83
4	10	2	14	3	3	26	31	58

Nota : En la **Tabla 4**, se destacan las siguientes observaciones retrospectivas: Se evidencia una variación significativa en el tiempo de calentamiento entre diferentes campañas, condicionado por la temperatura en la que se encuentren el horno de fusión y el horno de mantenimiento, la calidad de las materias primas utilizadas y la capacitación del personal operativo.

Tabla 5
Indicadores de la empresa metalúrgica

NÚMERO DEL INDICADOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	META MENSUAL
KPI 1:	Productividad MO	Meta > = 3
KPI 2:	Cumplimiento del plan	> 95%
KPI 3:	Completo y a tiempo	> 90%
KPI 4:	Registro de paradas en la línea de la colada continua durante los dos turnos de 12 horas cada uno, de lunes a domingo. Identificar tiempo de parada y causa aparente en horas para hallar el porcentaje de rendimiento	< = 7,5% del tiempo programado

Nota : En la **Tabla 5**, se muestra que el indicador 1, es igual a la sumatoria de la cantidad total producida mensualmente por proceso y por ítem reportado al SAP, sobre la cantidad de productos semielaborados de latón programados mensualmente. El indicador 2, es igual a la sumatoria de la cantidad de productos terminados entregados al cliente externo a tiempo y completos sobre la cantidad requerida por el cliente externo. El indicador 3, es igual a la sumatoria de la cantidad total producida por mes, sobre la cantidad de horas efectivas totales. El indicador 4, es igual a la cantidad producida de productos semielaborados de latón, sobre el estándar de producción por 100%

En la **Tabla 6**, se ilustra claramente un ejemplo retrospectivo:

Tabla 6

Datos sobre la producción en kilogramos de las campañas del proceso de fabricación de productos semielaborados de latón

Indicadores de la empresa metalúrgica 2021	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3			Campaña 4	
	Enero – Febrero – Marzo		Abril – Mayo – Junio		Julio – Agosto – Setiembre				
Total, colado en HF, HM por producción (Kg)	15 970	46 515	43 169	47 634	137 441	0	135 472	156 607	0
Total, programado por planeamiento para el colado (Kg)	24 287	99 657	55 347	52 598	132 477	0	132 478	150 142	0
Rendimiento en términos de cantidad colada de latón%	66%	47%	78%	91%	104%	0	102%	104%	0
Total, pelado por producción (Kg)	53 495	32 861	35 427	41 540	122 571	0	119 323	115 072	0
Total, programado por planeamiento para el pelado (Kg)	69 500	90 000	48 700	48 700	120 000	0	120 000	136 000	0
Rendimiento de cantidad pelada %	77%	37%	73%	85%	102%	0	99%	85%	0
Total, despachado por producción al cliente externo (Kg)	46 689	26 503	30 063	29 075	56 565	0	41 435	57 844	0
Total, programado por planeamiento para el despacho (Kg)	69 500	90 000	48 700	48 700	120 000	0	120 000	121 500	0
Rendimiento de cantidad despachada %	67%	29%	62%	60%	47%	0	35%	48%	0
Consumo mensual de MP de latón del cliente externo (Kg)	82 759	71 785	81 864	70 336	178 179	93 264	204 348	163 632	28 244
Rendimiento mensual producido para el cliente externo %	56%	37%	37%	41%	32%	0%	20%	35%	0%
Rendimiento de la empresa metalúrgica por campaña%	56%		41%		44%			35%	

Nota: De la **Tabla 6**, se analizó y se observó lo siguiente, el total colado en kilogramos por el área de producción no cumplió el total programado en kilogramos por el área de planeamiento, resultando en la incapacidad de abastecer a tiempo los requerimientos del consumo mensual de materia prima de latón del cliente externo. La evaluación de dicho cuadro revela que, aunque la campaña 1 registró una producción mínima con un total colado de 105.6 toneladas de material fundido de latón, la campaña 2 superó el límite máximo permitido con un total de 185 toneladas, la campaña 3 alcanzó la producción máxima con un total de 135.4 toneladas, y la campaña 4 excedió el máximo permitido con un total de 156.6 toneladas de material fundido de latón.

En la campaña # 1, se identificó un déficit en la producción, atribuido a diversos factores, entre ellos: La composición de la aleación solicitada según análisis químico, como se detalla en la **Tabla 7**

Tabla 7
Estructura de carga de perfiles y varillas de latón

Aleación nominal para obtener productos semielaborados de latón	Factor uso viruta para la primera campaña de la CC	Componentes de la estructura de carga
0,7	1, para el cobre	Viruta
0,2	1, para el zinc	Retacería
0,1	0,85, para el plomo	Materia prima

Nota : En la **Tabla 7** se muestran los datos de la estructura de carga con aleación nominal de Cu/Zn/Pb de 58/40/2, de la 1era campaña de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica del año 2021.

La capacidad del horno de fusión seis toneladas en promedio por día, y la del horno de mantenimiento era de cinco toneladas promedio por día, cumpliendo con la estructura de carga de fusión aprobada por las áreas de planificación, producción y calidad. La compra de materia prima para la campaña #1, como se detalla en la **Tabla 8 (Ver pag 63)**:

Tabla 8**Datos de la compra de materia prima de la empresa metalúrgica del año 2021**

COMPRA DE MATERIAL PARA 1era CAMPAÑA DE LA COLADA CONTINUA (enero-febrero-marzo-2021)							
ÍTEM	CÁL 1 (Toneladas)	CÁL 2 (Toneladas)	Inventario de retornos y materia prima (Toneladas)	Retorno proyectado en campaña	Miércoles	imprevisto por planta	Total, por comprar de materia prima (Toneladas)
viruta de Latón 40% – 45%	63,0	72,5	17,70	20,6	34,10		se transfiere a
retacerías y rechazos de Latón 5% – 10%	18,0	19,8	6,40	5,3	8,00	42,2	compra de materia prima
chatarra de cobre y chatarra de cobre grueso quemado 50% – 55%		5,4	6,73		-1,30		25,60
lingotes de zinc de alta calidad o zinc especial de alta calidad	9,0	11,2	0,03		11,20		11,20
agregados de plomo puro 2%		0,60	0,27		0,33		0,40
compra total	90,0	109,40			53,70		37,20

Nota : En la **Tabla 8** se muestran los retornos imprevistos por planta representan el déficit proyectado de material que la planta no alcanza a generar a tiempo para ser entregados al proceso de colada.

La compra de materia prima para la campaña #1 se basó en el total de kilogramos pelados programados por planeamiento, discriminados por tipo de producto semielaborado de latón según el número de ítem, tal como se detalla en la **Tabla 9**:

Tabla 9
Datos del total de perfiles de latón pelados programados por planeamiento en la primera campaña de CC del 2021

PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN PELADOS	TOTAL PROGRAMADO POR PLANEAMIENTO	PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN PELADOS	TOTAL PROGRAMADO POR PLANEAMIENTO
Perfil de latón del ítem #1	28 500	Perfil de latón del ítem # 10	3 600
Perfil de latón del ítem #2	3 000	Perfil de latón del ítem # 11	800
Perfil de latón del ítem #3	1 000	Perfil de latón del ítem # 12	2 000
Perfil de latón del ítem #4	12 300	Perfil de latón del ítem # 13	2 500
Perfil de latón del ítem #5	4 500	Varilla de latón del ítem # 14	800
Perfil de latón del ítem #6	0	Varilla de latón del ítem # 15	3 000
Perfil de latón del ítem #7	2 300	Varilla de latón del ítem # 16	833
Perfil de latón del ítem #8	3 500	Varilla de latón del ítem # 17	0
Perfil de latón del ítem #9	2 600	Varilla de latón del ítem # 18	18 767
		TOTAL	90 000

Nota : La **Tabla 9** muestra las cantidades peladas por tipos de perfiles y varillas de productos semielaborados de latón de la primera campaña de la colada continua del 2021

La cantidad máxima de grafitos cambiados por campaña se estableció de acuerdo con la ejecución del programa de fabricación en un horizonte de tiempo determinado. La duración de un molde de grafito se especificó según se detalla en la **Tabla 10**:

Tabla 10
Datos sobre la duración de los moldes de grafito por tonelada producida de productos semielaborados de latón

TIEMPO DE VIDA DEL MOLDE DE GRAFITO INDUSTRIAL DENSO CON MÍNIMA CANTIDAD DE POROSIDAD	PRODUCCIÓN DE 1 MOLDE DE GRAFITO (Toneladas)	PRODUCCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA METALÚRGICA (Toneladas/grafito)
Como mínimo	7 a 8	6
Como máximo	11 a 12	7

Nota : En la **Tabla 10** se muestra la duraciones máximas y mínimas de los moldes de grafito para producir perfiles y varillas de latón.

A continuación, en la **Tabla 11 (Ver pag 66)**, se muestra la cantidad consumida de los moldes de grafito por toneladas producidas de varillas de latón y en la **Tabla 12 (Ver pag 67)**, la cantidad consumida del grafito por tipo de perfiles de latón producidos en toneladas por la empresa metalúrgica.

Tabla 11**Datos sobre los consumos de los moldes de grafito por toneladas producidas anuales de varillas de latón**

VARILLAS DE LATÓN CONSUMIDOS POR EL CLIENTE EXTERNO	KILOGRAMOS ANUALES PRODUCIDOS	TONELADAS ANUALES PRODUCIDOS	CANTIDAD MÍNIMA CONSUMIDA DE GRAFITO	CANTIDAD MÁXIMA CONSUMIDA DE GRAFITO
Barra de latón del ítem # 18	130 608,20	130,60820	19	22
Varilla de latón del ítem # 15	17 035,60	17,03560	3	2
Varilla de latón del ítem # 17	8 576,15	8,57615	1	1
Varilla de latón del ítem # 16	7 197,00	7,19700	1	1
Varilla de latón del ítem # 14	5 508,25	5,50825	1	1

Nota : En la tabla se muestra que para producir el ítem # 18 se consume más grafito, mientras que el ítem # 14 requiere de menos consumo de molde de grafito para su producción anual.

Tabla 12**Consumo de los moldes de grafito por toneladas producidas anuales de perfiles de latón**

PERFILES CONSUMIDOS POR EL CLIENTE EXTERNO	KILOGRAMOS ANUALES PRODUCIDOS	TONELADAS ANUALES PRODUCIDOS	CANTIDAD MÍNIMA CONSUMIDA DE GRAFITO	CANTIDAD MÁXIMA CONSUMIDA DE GRAFITO
Perfil de ítem # 1	144 996,0	144,9960	21	24
Perfil de ítem # 4	80 042,0	80,0420	13	11
Perfil de ítem # 5	27 630,3	27,6303	5	4
Perfil de ítem # 10	27 404,3	27,4043	5	4
Perfil de ítem # 9	24 141,0	24,1410	4	3
Perfil de ítem # 8	20 304,0	20,3040	3	3
Perfil de ítem # 2	18 279,0	18,2790	3	3
Perfil de ítem # 7	13 452,0	13,4520	2	2
Perfil de ítem # 13	12 128,0	12,1280	2	2
Perfil de ítem # 12	10 863,0	10,8630	2	2
Perfil de ítem # 3	9 591,0	9,5910	2	1
Perfil de ítem # 11	8 272,0	8,2720	1	1
Perfil de ítem # 6	4 234,0	4,2340	1	1

Nota : En la tabla se aprecia que el ítem #1 es el que más consumo tiene de grafito y en ítem #6 es el que menos consumo tiene.

Y a otros problemas, ver anexo 3. La empresa metalúrgica enfrentó diversos inconvenientes para cumplir a tiempo con la entrega de los productos semielaborados de latón al cliente externo, lo cual afectó la productividad del proceso de fabricación de perfiles y varillas. Estos problemas se reflejaron en una disminución de la rentabilidad debido a los aumentos en los costos de operación en cada subproceso de producción. Los problemas incluyeron la baja calidad del producto, problemas con la aleación, dimensiones inadecuadas, dureza inapropiada, entre otros.

Estos desafíos tuvieron un impacto negativo en la producción del cliente externo, generando paradas en las líneas de producción, tiempos

mueritos y fallas mecánicas en las máquinas. Las consecuencias se tradujeron en problemas como roturas de guías, pasadores, rodamientos, tambor de pistón, pastillas, afilado excesivo de herramientas como discos de fresas y cuchillas. Además, las máquinas de los procesos de mecanizado experimentaron un mayor consumo de refrigerantes para mecanizar los perfiles de latón, generando una mayor cantidad de viruta de latón húmeda en el ambiente de trabajo.

Estas dificultades también resultaron en pérdidas en las ventas programadas del cliente externo, afectando la productividad de su producción. Para hacer frente a estos problemas, la empresa se vio obligada a realizar cambios en moldes, ajustar programaciones y, en algunos casos, calibrar y afilar herramientas en las máquinas de mecanizado que utilizaban perfiles de latón del ítem# 1 para sus procesos de fabricación.

- 2) Definir los objetivos claros del proyecto:** Se establecieron objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un tiempo límite, para abordar diferentes áreas de mejora, como la reducción de defectos, la mejora de la eficiencia del proceso y la reducción de los costos operativos.

Para reducir defectos: Objetivo claro: Reducir la tasa de defectos en los perfiles de latón del ítem #1 y en los servicios que se brindan al cliente externo. Objetivo específico: Reducir el número de defectos en un 5% en la próxima campaña de la colada continua. Métrica medible: Disminuir las devoluciones de los perfiles de latón del ítem # 1 por defectos en un 5%

Para mejorar la eficiencia del proceso: Objetivo claro: Mejorar la eficiencia en el proceso de producción de la línea de la colada continua. Objetivo específico: Reducir el tiempo de producción y desperdicio de materiales en un 5% en la próxima campaña de la línea de la colada continua. Métrica medible: Aumentar la producción por hora en un 5%

Para reducir los costos operativos del proceso: Objetivo claro: Reducir los costos operativos generales de la empresa metalúrgica. Objetivo

específico: Reducir los costos operativos en un 5% en los próximos 6 meses. Métrica medible: Disminuir los costos de energía, materiales y mano de obra en un 5%. Es crucial destacar que se implementó la necesidad de involucrar a todos los miembros del equipo, monitorear el progreso regularmente y ajustar las estrategias si fuera necesario para alcanzar estos objetivos de manera efectiva.

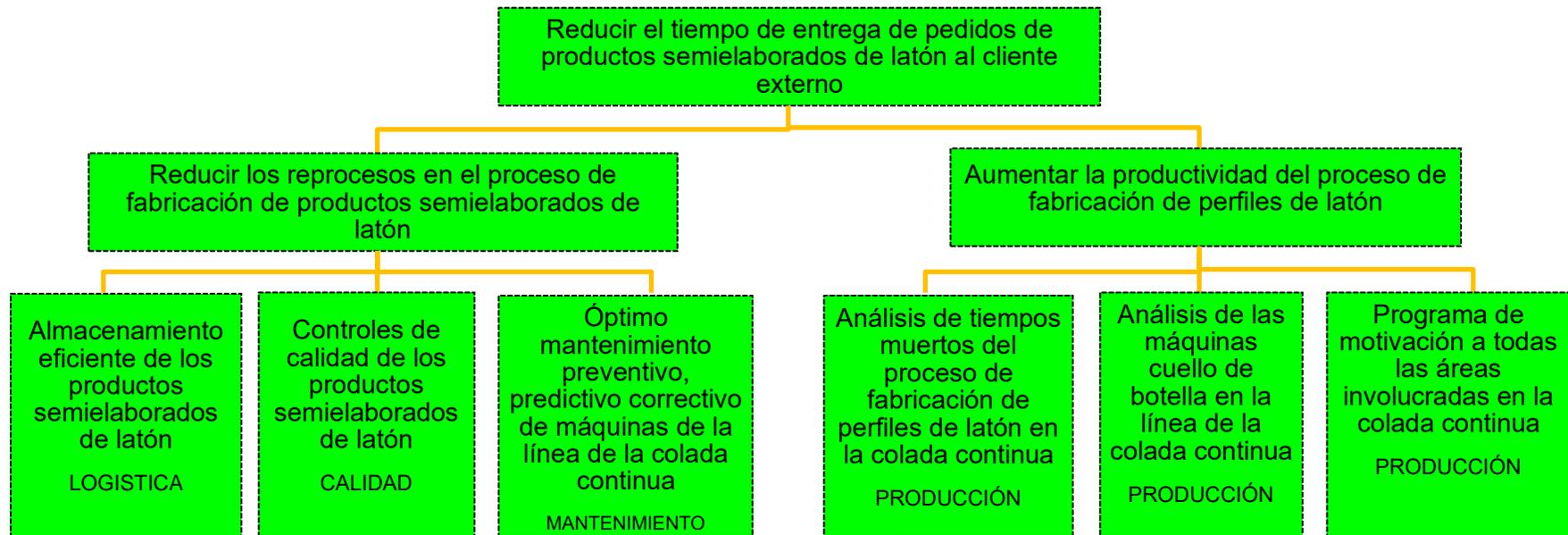
3) Identificar áreas problemáticas para ver alcance del proyecto: Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del proceso actual para identificar áreas problemáticas, tales como defectos en los productos, tiempos de ciclo largos o altos costos de producción. Se evidenció la existencia de numerosos problemas en la empresa metalúrgica, respaldados por las voces del negocio, que incluían los siguientes objetivos:

Oobtener mayor rentabilidad: La empresa necesitaba rediseñar sus procesos para lograr una mayor rentabilidad. Esto implicaba la reducción de costos y riesgos en los procesos productivos, optimizándolos diariamente para mejorar la eficiencia y la eficacia del desempeño laboral.

Lograr el posicionamiento en el mercado internacional: Para ingresar a los mercados deseados, la empresa debía mejorar la calidad en el control del desarrollo de sus procesos operativos y servicios al cliente. También era crucial reducir la variabilidad en los procesos productivos para ser más competitivos y rentables. Obtener productos y/o servicios de buena calidad y a tiempo.

Se utilizó la **Figura 5 (Ver pag 70)** como un claro ejemplo para comprender en qué áreas identificadas se generaron problemas durante el análisis.

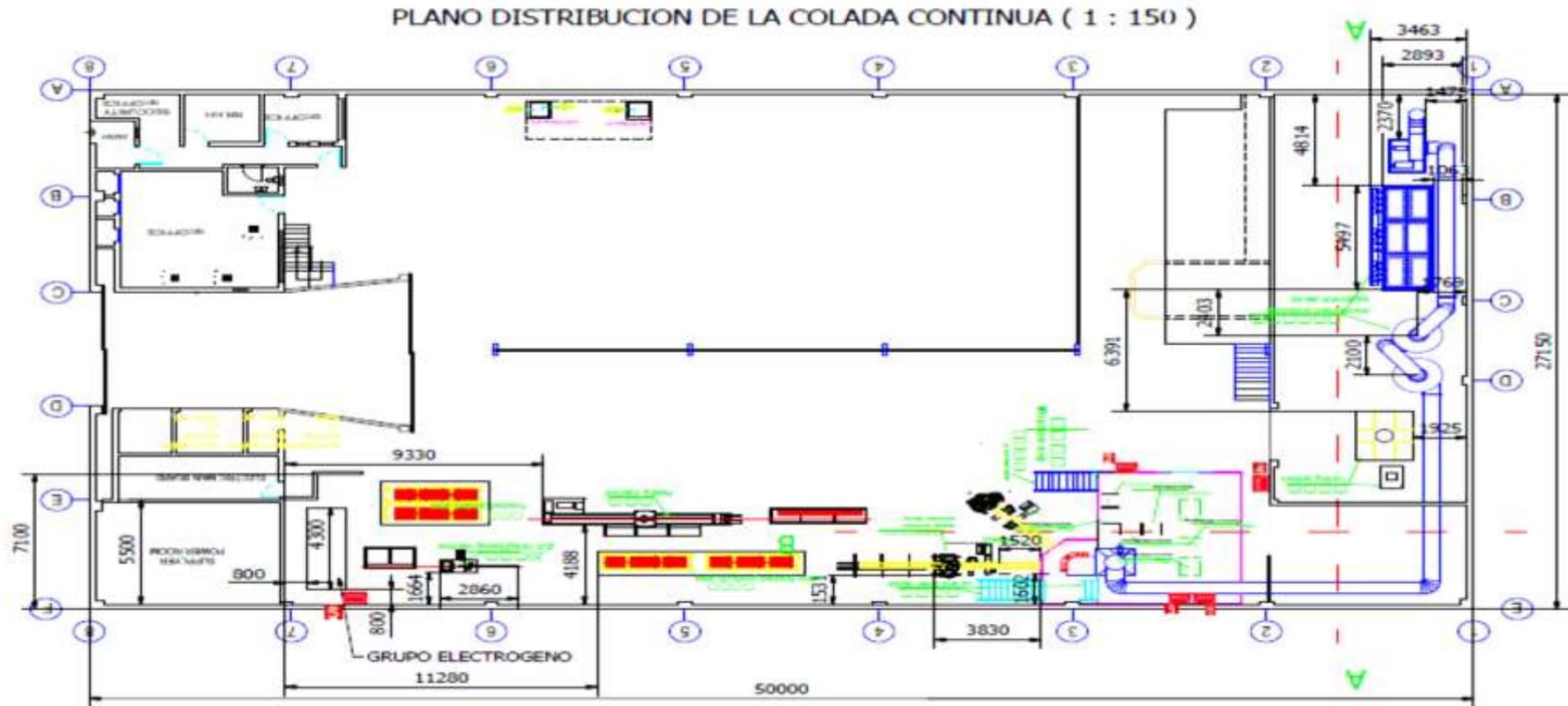
Figura 5
Ajuste del proyecto para asegurar la coherencia y congruencia con los objetivos estratégicos de la empresa metalúrgica



- **Primero.**- Se identificaron las áreas problemáticas respaldándose en la voz del proceso a nivel 0: Esto implicó analizar los procesos de soporte, mantenimiento, logística, finanzas, recursos humanos, entre otros, de la empresa metalúrgica. Se enfocó específicamente en el proceso core 4, que corresponde al área de operaciones y tiene como métricas de proceso el ahorro anual de costos y el aumento de la productividad del área de producción. Además, se llevó a cabo una verificación in situ en la planta de producción de la empresa metalúrgica, examinando los procesos generados en cada área con la ayuda del Layout de la línea de la colada continua, como se muestra en la **Figura 6**

(Ver pag 71):

Figura 6
Layout a escala 1:150 de la línea de la CC de la empresa metalúrgica de productos semielaborados de latón



Nota : La figura muestra la distribución de las máquinas, herramientas que componen la línea de la colada continua, así como todos los espacios de los diferentes departamentos de la empresa metalúrgica. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021)

- **Segundo**, se identificaron las áreas problemáticas con el apoyo de la voz del proceso a nivel 1, que corresponden a los subprocesos de la línea de la colada continua. Para obtener información detallada sobre las máquinas y herramientas de la línea de la colada, consultar el anexo 8
- **Tercero**, se identificaron las áreas problemáticas apoyándose en la voz del proceso a nivel 2. En este nivel, se encontraba el proyecto de aplicación de Six Sigma al proceso de la fabricación de perfiles de latón del ítem #1 (colados, pelados y despachados) producidos en la primera campaña de la línea de la colada continua del año 2021. Se evidenció que este proceso de fabricación tuvo 87 días laborables con la modalidad de trabajo con horario atípico, registrando el valor más alto en la diferencia de los tiempos estándares del proceso de fabricación. Se midieron y compararon los tiempos estándares del proceso de fabricación de los productos semielaborados de latón. Se demostró que la campaña#1 que fue de 87 días frente a la campaña 2, que duró 60 días, presentó una variación de los tiempos estándares del proceso de fabricación de 27 días por campaña entre la primera y la segunda. La causa exacta de esta variabilidad de 27 días se desconoce, lo que ocasiona una variabilidad en el tiempo estándar de salida del proceso de fabricación de los productos semielaborados de latón. Como resultado se observó incumplimiento de tres indicadores claves (de cumplimiento del plan de producción > 95% como meta del año, de cantidad despachada al cliente externo > 90% como meta del año y de productividad > = 3), las cuales se detallaron en la **Tabla 5 (Ver pag 60)**

Además, no se alcanzó la meta mensual durante casi tres meses consecutivos en el rendimiento en términos de cantidad colada de material de latón %, durante casi cuatro meses consecutivos en el rendimiento en términos de cantidad pelada de productos semielaborados de latón % y en las cuatro campañas de coladas continuas no se logró alcanzar la meta en el rendimiento mensual de

la empresa metalúrgica en términos de cantidad producida de productos semielaborados de latón para el cliente externo %, como se mostró en la **Tabla 6 (Ver pag 61)**

- **Cuarto**, se estableció el perfil del caso de negocio: durante el periodo de enero a marzo de 2021 (periodo de desempeño de la línea base). El costo unitario de fabricación (métrica primaria de negocio) por perfil de latón del ítem # 1 en la colada continua (proceso clave del negocio) fue de 19,462 soles/perfil # 1 en la línea base. Esta brecha de 0,3642 soles/perfil # 1 (objetivo del negocio vs línea base), desde 19,097 soles/perfil # 1 (objetivo del negocio), representaba un impacto anualizado de 3 975,274 soles (impacto de costo de la brecha), según se aprecia en la **Tabla 13** y en la **Tabla 14 (Ver pag 74)**

Tabla 13
Costos unitarios (CU) por campañas del perfil de latón del ítem#1, del año 2021

campana #	CU promedio de perfil de latón #1 (soles)	CU para cliente externo (soles)	proceso colado continua mes	CU perfil de latón #1 producido por empresa metalúrgica (soles)
			ENERO	16,03888667
1	17,39078427	16,68066778	FEBRERO	15,92154615
			MARZO	20,21192000
			ABRIL	21,28210833
2	21,53305278	21,51469651	MAYO	21,58395000
			JUNIO	21,73310000
			JULIO	21,73310000
3	25,24101111	24,38084902	AGOSTO	27,12670000
			SETIEMBRE	26,86323333
			OCTUBRE	0
4	27,53193636	26,90889673	NOVIEMBRE	27,53193636
			DICIEMBRE	0
COSTO TOTAL ANUAL	91,69678452	89,48511004	0	220,02648080

Tabla 14
Comparativo entre los Costos unitarios (CU) del perfil de latón del ítem#1

CU del perfil de latón del ítem#1 de la empresa y del cliente externo		
CU del perfil#1 empresa metalúrgica (soles)	CU del perfil # 1 cliente externo (soles)	brecha en el objetivo del negocio vs línea base soles/perfil # 1
19.46191853	19,09768215	0,364236378

- **Quinto.-** Se definieron los entregables esperados: Se desarrolló el charter del proyecto de la empresa metalúrgica, como se muestra en la **Figura 7 (Ver pag 77)**. En dicho documento se incluyó: el título del proyecto, el líder del proyecto (jefe de producción), el dueño del proceso(gerente de operaciones) y al 6 sigma Belt (supervisor de producción), se definió el problema(se midió los tiempos estándares del proceso de fabricación de los productos semielaborados de latón de la campaña uno que fue de 87 días y de la campaña dos que fue de 60 días, se vio una variación de los tiempos estándares del proceso de fabricación de 27 días por campaña, del 1^{ero} con respecto al 2^{do}, la causa exacta se desconoce, esto ocasiona una variabilidad en el tiempo estándar de salida del proceso de fabricación de los productos semielaborados de latón, por ende se observó incumplimiento de tres indicadores claves de cumplimiento del plan de producción > 95% como meta del año ,de cantidad despachada al cliente externo > 90% como meta del año y de productividad > = 3 ,además no se llegó a la meta mensual por casi tres meses consecutivos en el rendimiento en términos de cantidad colada de material de latón %, por casi cuatro meses consecutivos en el rendimiento en términos de cantidad pelada de productos semielaborados de latón % y en las cuatro campañas de coladas continuas no se logró llegar a la meta en el rendimiento mensual de la empresa metalúrgica en términos de cantidad

producida de productos semielaborados de latón para el cliente externo %), el proceso, su alcance (desde la identificación de las causas que originan dicha variabilidad de tiempo estándar hasta eliminar la variabilidad y los defectos en el proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem # 1 y sistemas de la organización), su riesgo (que algún aspecto este fuera del parámetro, que algún conjunto de especificaciones que no hayan logrado cierto nivel y que algunos parámetros se hayan salido de las expectativas), la métrica primaria (se midió los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem # 1 según secuencia de operaciones en la línea de la colada continua son variables y tienen una distribución no normal, porque su valor de $p < 0,05$), la métrica secundaria (se introdujo los valores al minitab y se midió el Cp del tiempo estándar del proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem # 1 , se obtuvo un $Cp < 2$,el proceso no es adecuado y no tiene calidad sigma, el cronograma del proyecto, los miembros del equipo y las autorizaciones.

- **Sexto.-** Se desarrolló el SIPOC de la empresa metalúrgica, lo cual ayudó a representar la visión del charter del proyecto, como se muestra en la **Figura 8 (Ver pag 78) y Figura 9 (Ver pag 79)**. En dicho documento se incluyó el nombre del proceso, el objetivo (suministrar de materia prima a los procesos productivos del cliente externo para la fabricación de sus productos mecanizados y tener una mejor calidad en el control de los procesos operativos que la empresa metalúrgica brinda al cliente externo, para enfocarse en disminuir la variabilidad en los tiempos estándares de los perfiles de latón del ítem # 1, con el fin que la empresa sea más competitiva y rentable en el mercado), el alcance (inputs ,almacén de productos en proceso – outputs, envío de perfiles de latón del ítem #1 hacia el cliente externo), los responsable (jefe de operaciones), el requisito (agilidad en captar clientes), la clasificación (proceso clave), las métricas (orden de compras, orden de fabricación, orden de producción), los

indicadores (productividad MO, cumplimiento del plan, completo y a tiempo, registro de paradas en la línea), se representó el proceso mediante diagramas de bloques en donde se vinculó los proveedores, las entradas, las salidas y los clientes. Identifico que bloques o subprocesos estaban dentro del alcance del proyecto y cuales impactaban más en el problema del proyecto y respondían a los requerimientos del cliente. Este análisis proporcionó una vista simple y rápida del proceso de fabricación de perfiles de latón.

b) De la etapa 2, para la caracterización del proceso de fabricación:

- 1) Primero.-** Luego de la etapa1, se procedió a recopilar datos sobre el proceso actual de fabricación de perfiles, abarcando información sobre fecha de inicio, descripción, cantidad de perfiles del ítem#1 producidos, total consumo (Kg), costo unitario (soles), tiempos de ciclo (h), cantidad rechazada, fecha de finalización de la campaña y peso de los perfiles en planta (Kg), ver anexo 10. Estos datos fueron analizados utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones o tendencias significativas. En paralelo, se llevó a cabo el mapeo del proceso de fabricación en varios niveles, identificando subprocesos que no añadían valor agregado a la empresa. Este mapa de procesos proporcionó una visión detallada que superó al SIPOC, permitió la identificación de sub procesos ocultos, se identificó el turno con el mejor rendimiento, el cual fue tomado como modelo para establecer pautas de trabajo de los demás turnos. La representación gráfica de este proceso se muestra en la **Figura 10 (Ver pag 81)**

Figura 7

El Project charter del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 de la empresa metalúrgica

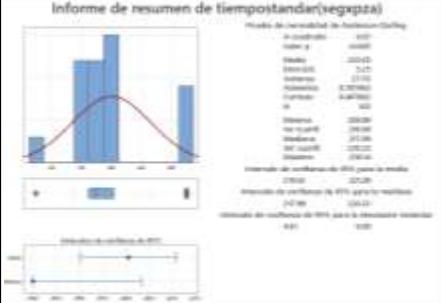
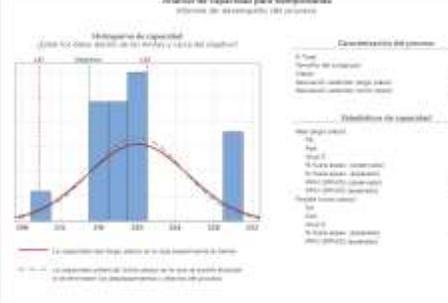
SIX SIGMA			Título del Proyecto: "APLICACIÓN DE SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES DE LATÓN EN UNA EMPRESA METALÚRGICA DE LA CIUDAD DE LIMA".			
			Líder del Proyecto	Dueño del Proceso	6 Sigma Belt	
Definición del Problema Se midió los tiempos estándares del proceso de fabricación de los productos semielaborados de Latón de la campaña 1 que fue de 87 días y de la campaña 2 que fué de 60 días, se vio una variación de los tiempos estandares del proceso de fabricación de 27 días por campaña, del 1ero con respecto al 2do,la causa exacta se desconoce,esto ocasiona una variabilidad en el tiempo estándar de salida del proceso de fabricación de los productos semielaborados de Latón,por ende se observó incumplimiento de 3 indicadores claves (de cumplimiento del plan de producción >95% como meta del año ,de cantidad despachada al cliente externo>90% como meta del año y de productividad> = 3),además no se llevo a la meta mensual: por casi 3 meses consecutivos en el Rendimiento en términos de cantidad colada de material de latón%,por casi 4 meses consecutivos en el Rendimiento en términos de cantidad pelada de productos semielaborados de latón % y en las 4 campañas de coladas continuas no se logró llegar a la meta en el Rendimiento mensual de la empresa metalúrgica en términos de cantidad producida de productos semielaborados de latón para el cliente externo %.			Jefe de producción		Gerente de operaciones	Supervisor de producción
Métrica Primaria  Descripción: Medir si los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem#1 en la CC son variables o no, si los datos tomados en el proyecto de estudios de tiempos estándares del proceso de fabricación por ítem de los productos semielaborados de Latón (perfiles de Latónxhora y perfiles de Latónxturno)son identicos ,caso contrario actualizarlos. Línea Base: Si valor de $p < 0.05$ será una distribución no normal,sino lo opuesto. Objetivo: Conocer si los datos introducidos son de distribución no normal, Si valor de $p < 0.05$			Métrica Secundaria  Descripción: Introducir al minitab y medir el Cp del tiempo estándar del proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem#1 .Ya que si el $Cp > 1.33$ indica que el proceso es adecuado Línea Base: Si $Cp > 1.33$ es adecuado, si $Cp > = 2$ tiene calidad Six Sigma Objetivo: Obtener un proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem#1 adecuado, lo que indica que el valor de $Cp > 1.33$ es el adecuado			
Cronograma del Proyecto			Miembros del Equipo:			Comentarios
Etapa	Inicio	Fin				
Definir (9pasos-9días)	29/09/2023	7/10/2023	Gerente de operaciones,Jefe de producción,jefe de planeamiento,supervisor de producción,encargado ,practicante de toma de tiempos,colaboradores de la CC			La metodología debe ser consistente y los resultados deben ser predecibles.Tener 1 o 2 parámetros con los cuales yo pueda manipular el proceso y pueda obtener resultados que yo quiero,se debe basarse en los datos y centrarse en los clientes.Se requiere el compromiso de todo el personal administrativo y operativo,conformando equipos ,roles para aplica ésta metodología cíclica.
Medir (4pasos-4días)	8/10/2023	11/10/2023	Practicante de toma de tiempos,practicante de producción,practicante de planeamiento,inspector de calidad,colaboradores de la CC			
Analizar (3pasos-3días)	12/10/2023	14/10/2023	Analista de producción,analista de planeamiento,analista de contabilidad			
Mejorar (7pasos-7días)	15/10/2023	21/10/2023	Gerente de operaciones,Jefe de producción,jefe de planeamiento,supervisor de producción,encargado de la CC,Jefe de contabilidad,jefe de logística,subgerente de logística,gerente de finanzas,jefe de RRHH			
Controlar(7pasos-7días)	22/10/2023	28/10/2023	Gerente de operaciones de la empresa metalúrgicas,Jefe de producción,supervisor de producción,encargado de la línea de la colada continua			
Autorizaciones						
Nombre			Puesto			Fecha
						Firma

Figura 8
El SIPOC del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1- parte 1

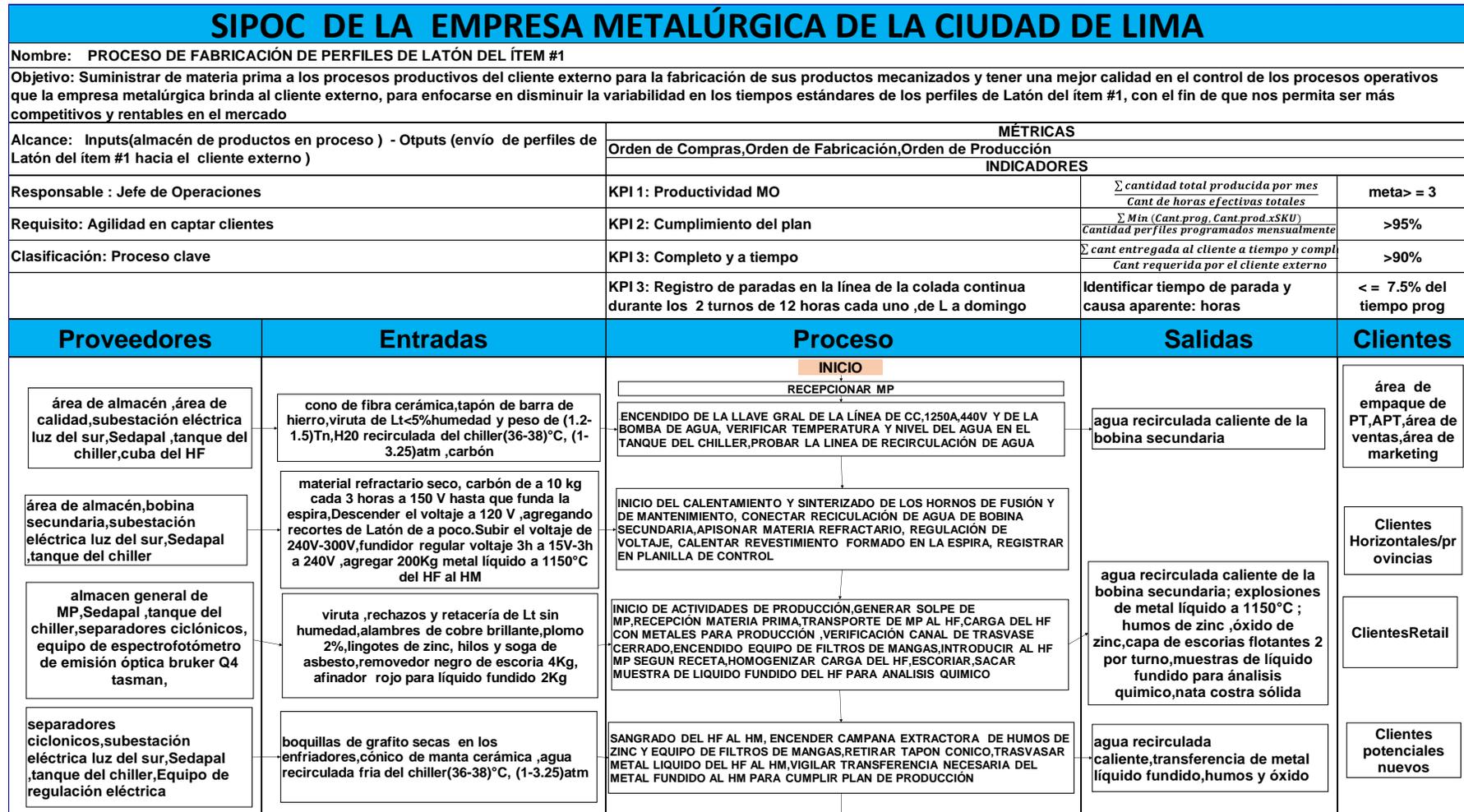
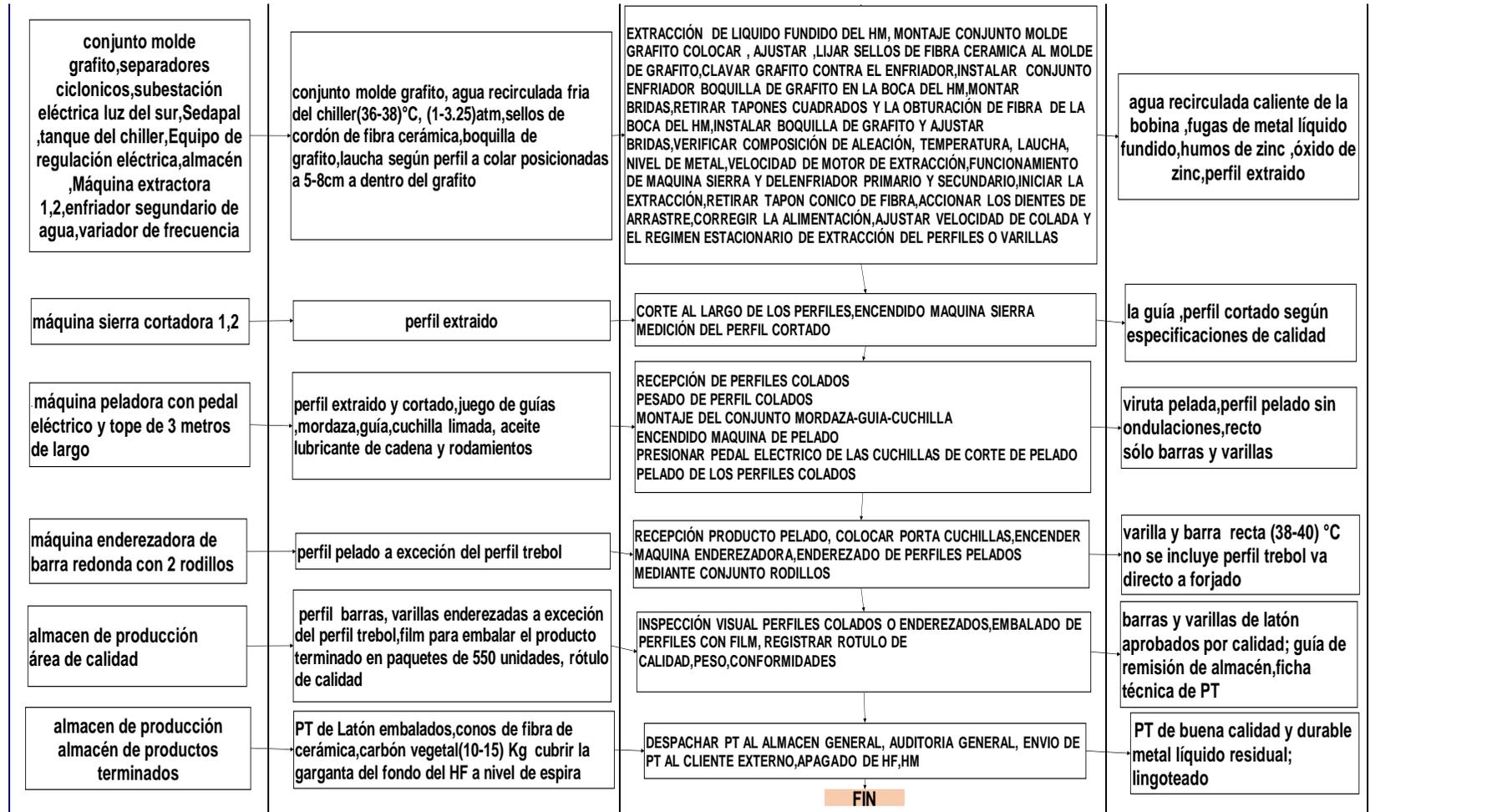
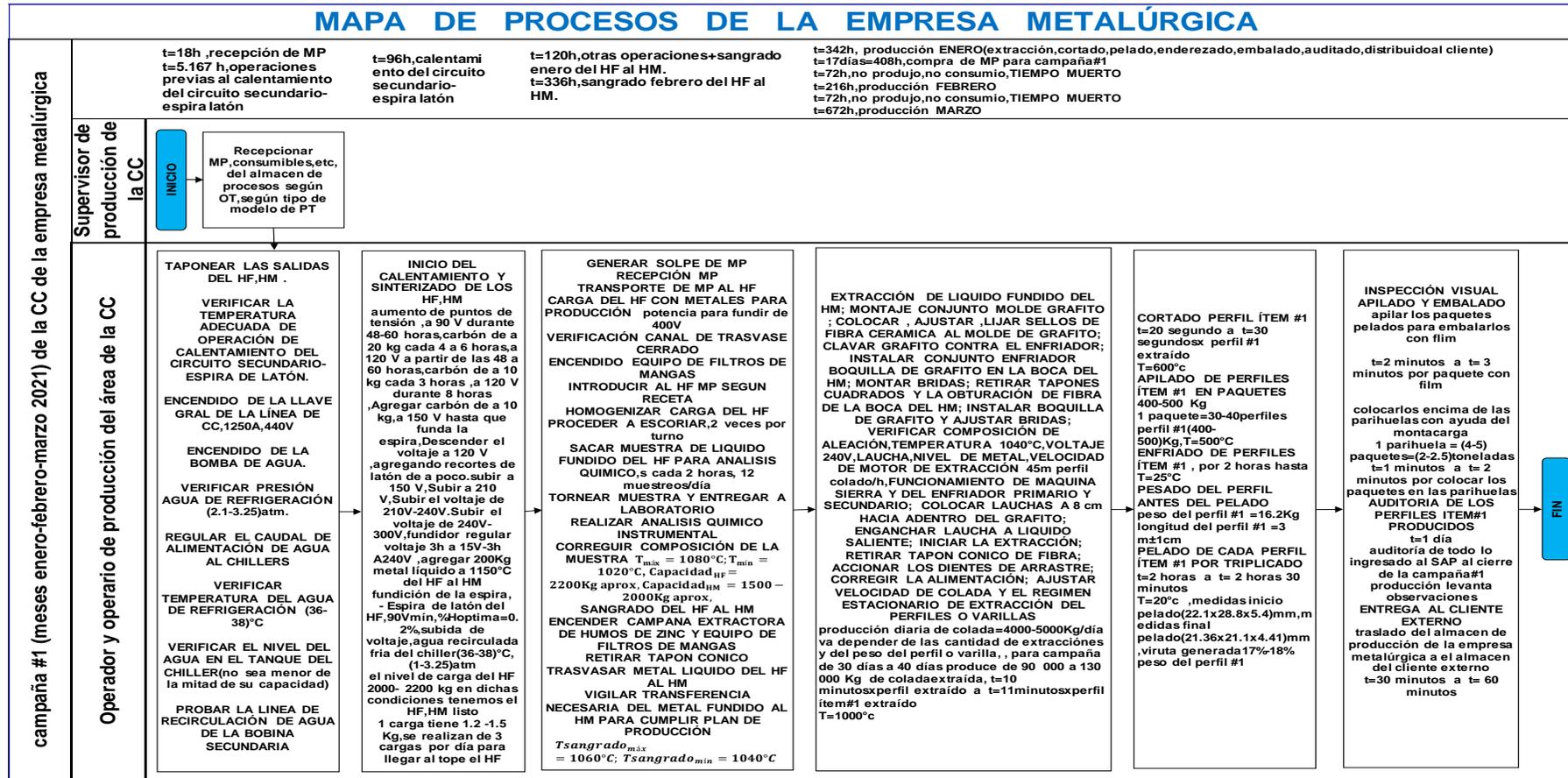


Figura 9
El SIPOC del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1- parte2



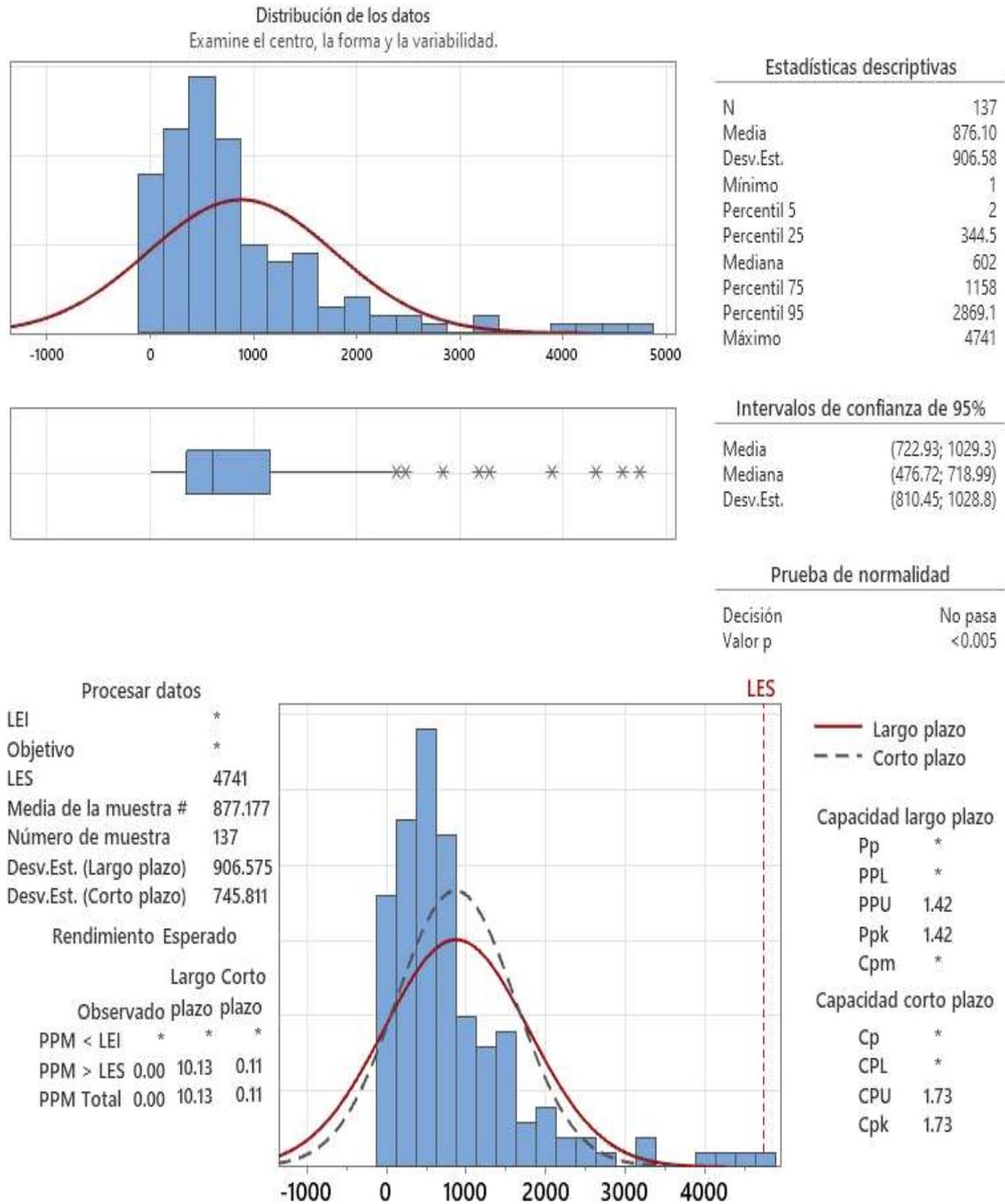
- 2) **Segundo.**- Se evaluó la capacidad del proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem # 1 Se analizó la capacidad del proceso tomando en cuenta la especificación, la muestra de datos, el control de datos, el porcentaje de datos especificados y se elaboró un gráfico de variable, como se muestra en la **Figura 11 (Ver pag 82)**
- 3) **Tercero.**- Antes de mejorar el proceso se llevó a cabo el análisis de datos para describir la condición actual del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1. La observación del proceso reveló la existencia de variación verdadera del proceso a largo plazo, como se ilustra en la **Figura 12 (Ver pag 83)**, la gráfica I-MR de cantidad de perfiles o varillas de latón, se evaluó la estabilidad de la media y la variación del proceso.
- 4) **Cuarto.**- Al evaluar el proceso de fabricación de la campaña #1, se determinó que la empresa metalúrgica no cumplió con las especificaciones del cliente externo (consumo mensual requerido de perfiles de latón). Comparando la capacidad-peso programado de entrega de perfiles # 1(antes) 208 200 Kg con la capacidad – peso producido de entrega de perfiles # 1(después) 103 255.2 Kg, se evidenció una entrega de perfiles#1 inferior en más de 104 944,8 kilogramos, como se muestra en la **Tabla 15 (Ver pag 84)**
- 5) **Quinto.**- Se determinó la métrica primaria: Midiendo los tiempos estándares, según secuencia de operaciones del proceso de la línea de la colada continua. Se tomó como línea base el valor de $p < 0,05$, en donde se conoció que los datos introducidos se comportan como una distribución no normal (valor de $p < 0,05$), tal como se muestra en la **Figura 13 (Ver pag 85)**
- 6) **Sexto.**- Se determinó la métrica secundaria: se introdujo la data al minitab 20, se midió el Cp del tiempo estándar del proceso de la línea de la colada continua, para lo cual se tomó como línea base el valor de $Cp > 1.33$ (indica que el proceso es adecuado y si $Cp > = 2$ tiene calidad Six Sigma), para ver mi objetivo que es obtener un proceso adecuado, como se muestra en la **Figura 14 y Figura 15 (Ver pag 186) y Figura 16 (Ver pag 87)**

Figura 10
Mapa de procesos del proceso de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica



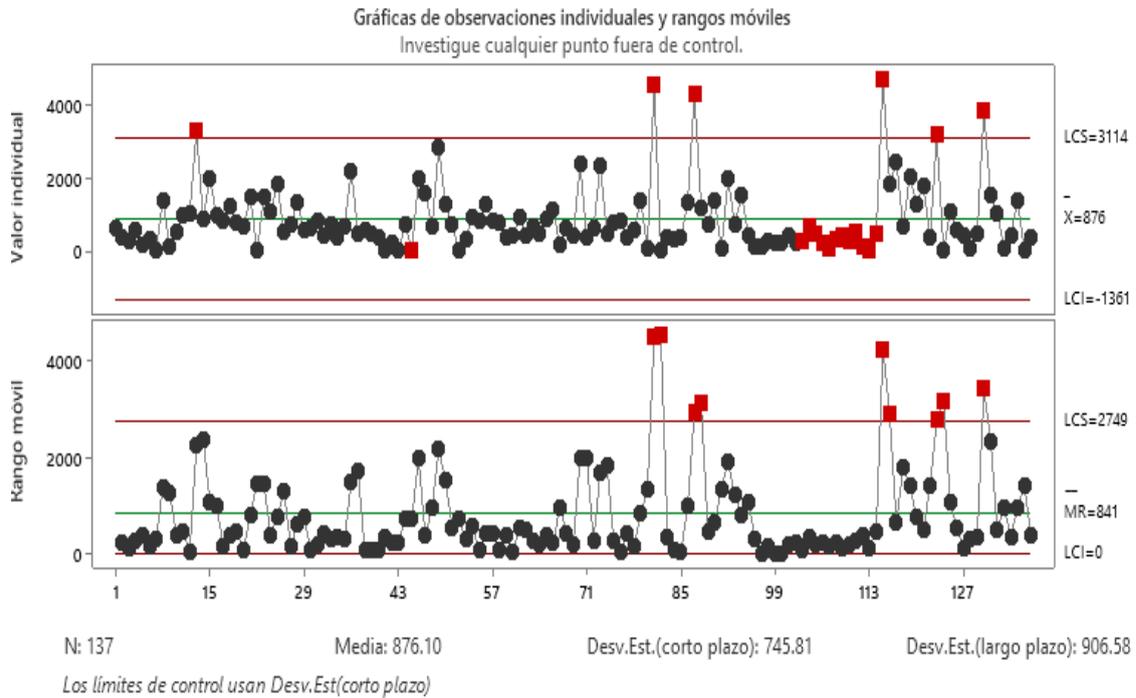
Nota : El mapa de procesos, nos posibilitó identificar las variables Xs clave en el proceso de la línea de la colada continua.

Figura 11
Gráfica de capacidad del proceso de cantidad de perfiles o varillas de latón



Nota : En la **figura 11** se observa que la capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente y la capacidad potencial (corto plazo) es la que se podría alcanzar si se eliminan los desplazamientos y desvíos del proceso, además el # es un parámetro histórico estimado que se utiliza en los cálculos.

Figura 12
Gráfica I-MR de cantidad de perfiles o varillas de la 1era campaña de la CC



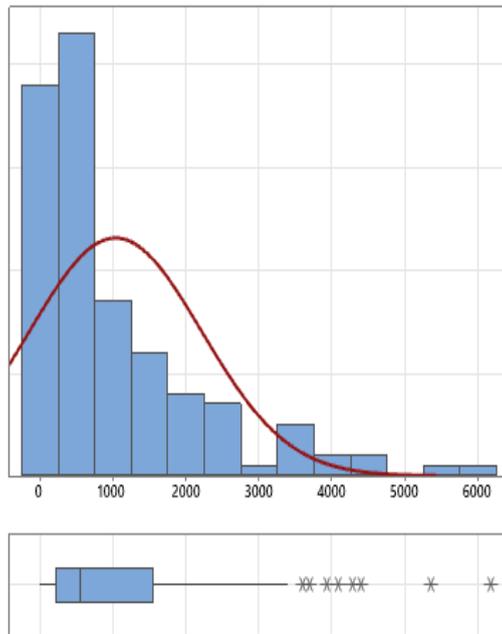
Nota : La gráfica I-MR, nos dio pistas para buscar patrones que nos ayuden a distinguir entre causas comunes y especiales. En dicha grafica se observó que la media y la variación no son estables porque se detectó 19 puntos (13.9%) fuera de control en la gráfica I, 9 puntos (6,6%) estuvieron fuera de control en la gráfica MR, dichos puntos afectaron la validez de los límites de control en la gráfica I, a pesar que haya la posibilidad que se vea 0.7% puntos fuera de control en la gráfica I y 0,9% de puntos fuera de control en la gráfica MR, aunque el proceso sea estable. En base a todo lo mencionado se procedió a investigar los puntos fuera de control y omitir de los cálculos aquellos con causas especiales.

Tabla 15

Comparativo entre lo programado, lo despachado de productos semielaborados de latón de la campaña #1

Comparativo de la capacidad programada versus lo capacidad producida por la empresa metalúrgica con respecto con respecto a la capacidad consumida por el cliente externo							
	Campaña 1				Campaña 1		
EMPRESA METALURGICA	ENE	FEB	MAR	EMPRESA METALURGICA	ENE	FEB	MAR
Total, programado por planeamiento para el despacho (Kg)	69 500	90 000	48700	Total, despachado por producción al cliente externo (Kg)	46 689	26 503	30 063
Consumo mensual de materia prima de latón del cliente externo (kilogramos)	82 759	71 785	81864	Consumo mensual de materia prima de latón del cliente externo (kilogramos)	82 759	71 785	81 864
Rendimiento de la empresa metalúrgica en términos de Cantidad producida de productos semielaborados de latón para el cliente externo %	84%	125%	59%	Rendimiento de la empresa metalúrgica en términos de Cantidad producida de productos semielaborados de latón para el cliente externo %	56%	37%	37%
Rendimiento de la empresa metalúrgica por campaña%		84%		Rendimiento de la empresa metalúrgica por campaña%		56%	
programado (Kg)	208 200		producido (Kg)	103255.2	diferencia (Kg)		104 944,8

Figura 13
Informe de resumen de tiempos estándar del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	8.97
Valor p	<0.005
Media	1032.9
Desv.Est.	1181.2
Varianza	1395234.1
Asimetría	1.85314
Curtosis	3.68588
N	137
Mínimo	2.0
1er cuartil	212.0
Mediana	546.0
3er cuartil	1539.0
Máximo	6174.0

Intervalo de confianza de 95% para la media

833.3 1232.5

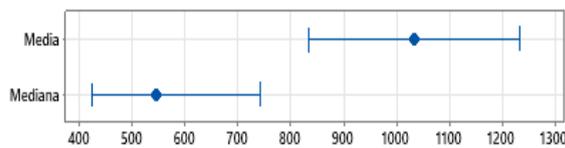
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

422.3 740.3

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

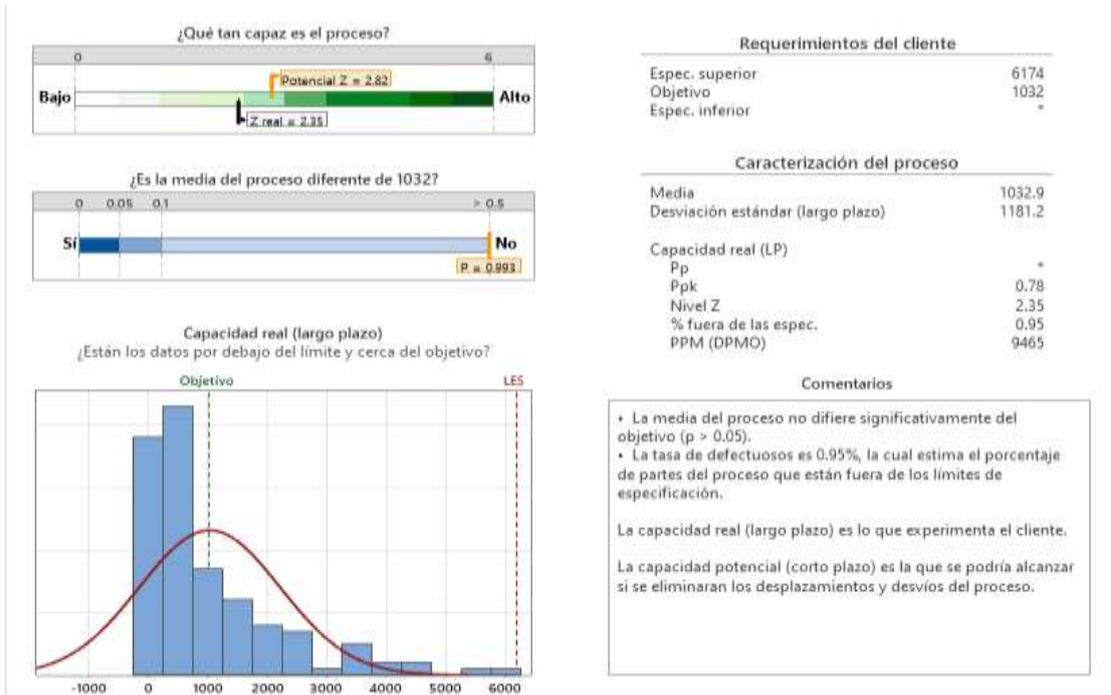
1056.0 1340.4

Intervalos de confianza de 95%



Nota : Como mi valor de $p < 0.05$, mis datos se comportan como una distribución no normal, se observa que existen 8 valores atípicos de los siguientes tiempos estándares en el cuadro de cajas, t (h): 3606, 3702, 3922, 4094, 4274, 4404, 5368, 6174. Además, se observa que al 95% de intervalo de confianza se obtuvo una media de 1032.9 horas y una mediana de 546 horas.

Figura 14
Informe resumen del análisis de capacidad para tiempo estándar del proceso de la línea de la CC.



Nota : De la figura 14 se observa que el proceso es capaz porque el nivel Z, representa la capacidad que experimenta el cliente, se obtuvo: Z potencial =2.82 con respecto al Z real=2.35

Figura 15
Informe de diagnóstico del análisis de la capacidad para el tiempo

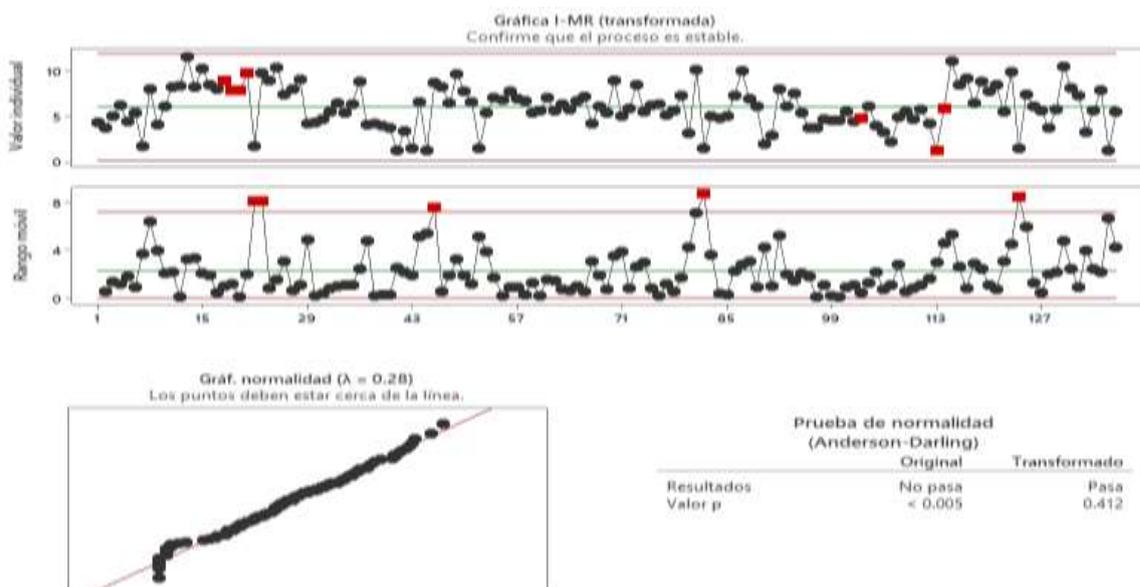
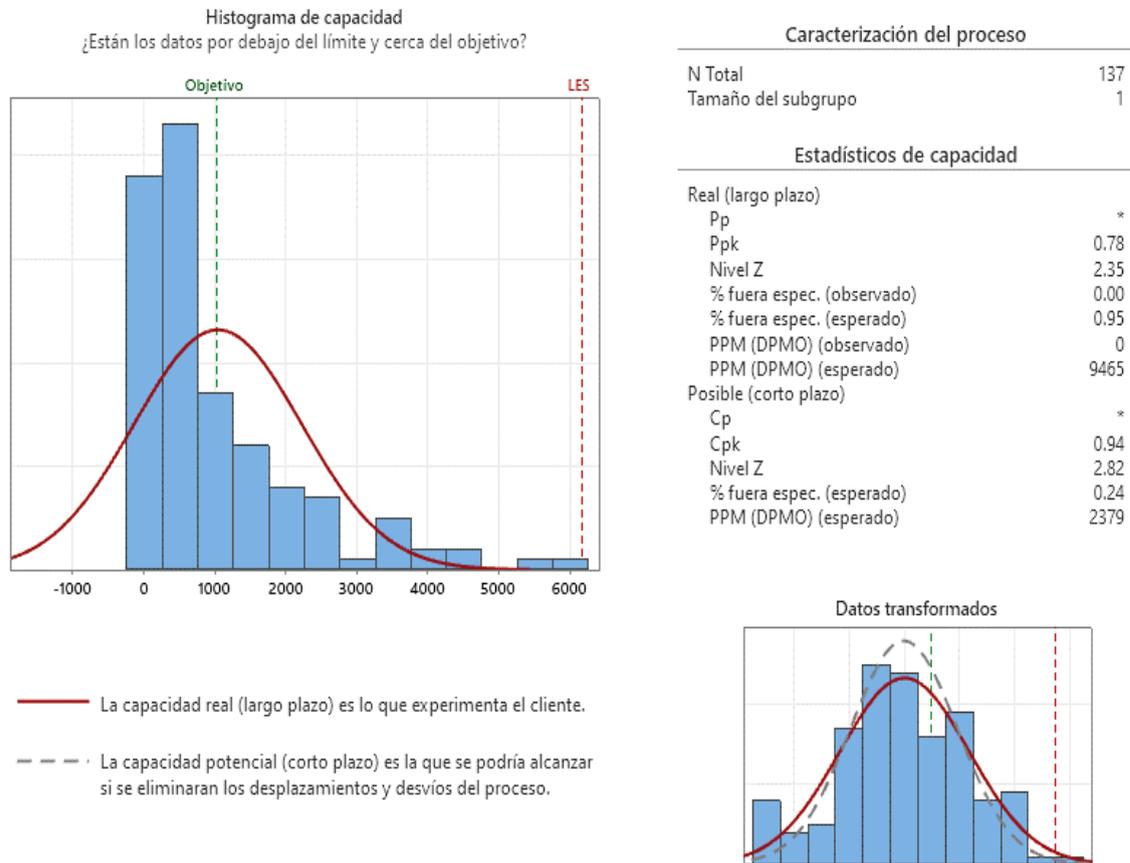


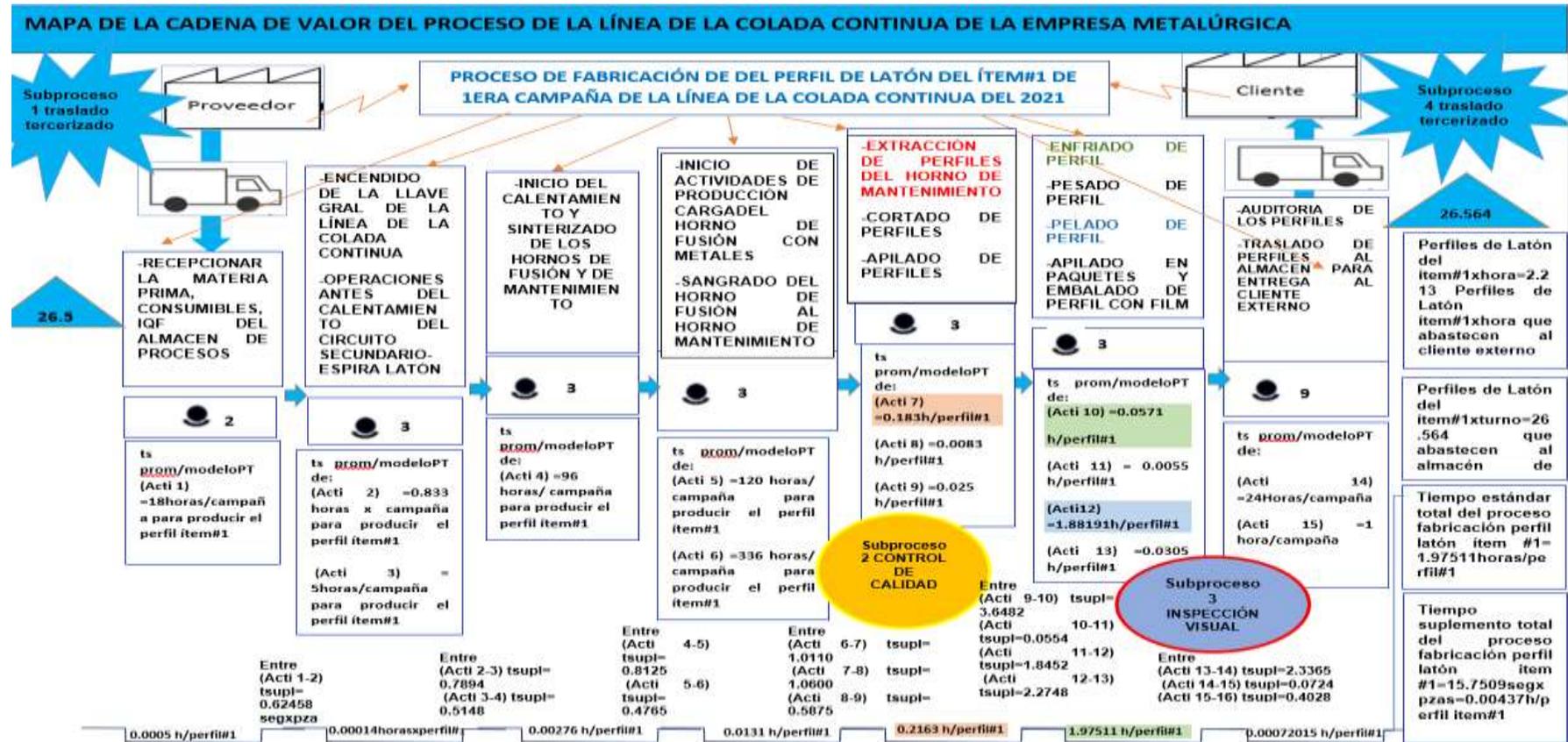
Figura 16
Informe de desempeño del proceso de análisis de capacidad para el tiempo



Nota : De la **Figura 16** se aprecia que se obtuvo una capacidad de proceso actual de $Cp=0.94$ a corto plazo. Como mi Cp del proceso de la línea de la colada continua $=0.94 < 1.33$, indica que el proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem #1 no es el adecuado y no tiene calidad Six Sigma, porque tiene un 24% fuera de las especificaciones del cliente externo (el cliente externo requiere que la empresa metalúrgica le suministre una cantidad de 19 perfiles de latón del ítem #1/hora)

7) Séptimo.- Se realizó el mapa de la cadena de valor VSM del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 del proceso de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica. Dicho VSM nos brindó una descripción más al detalle de todo el proceso mediante gráficas de flujos y bloques, aquella herramienta nos ayudó a identificar oportunidades y eliminar desperdicios. Tal como se aprecia en la **Figura 17 (Ver pag 88)**

Figura 17
Mapa de la cadena de valor VSM actual del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica



Nota : En dicho VSM nos apoyamos del SIPOC para comprender cual es la necesidad del cliente externo y mostrar actividades con sus respectivos tiempos estándares y tiempos suplementarios y cantidad de perfiles de latón del ítem #1 por hora y por turno.

En el VSM actual, se calculó la capacidad de producción del proceso por día que fue de: total de piezas/turno = 26,564 perfiles de Latón del ítem#1/turno, las cuales abastecen al almacén de productos terminados para su posterior distribución al cliente externo según solicitud de pedido de compra. Del cálculo anterior cabe señalar que están incluidos los tiempos de paradas no programadas (como ajustes, roturas, etc.). También se contabilizan los tiempos del proceso de cambiar una línea de producción de fabricar un perfil o varilla a otra (esto implica ajustar las máquinas, cambiar las herramientas y los materiales y además asegurar que la producción pueda comenzar nuevamente de manera eficiente y sin problemas). Sin embargo, no está incluido el tiempo de los reprocesos.

- 8) Octavo.-** Se llevaron a cabo la identificación de los tipos de fallas encontrados en el proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1, apoyándonos de las necesidades de mejora del VSM actual. De acuerdo con la información proporcionada en la **Tabla 16 (Ver pag 90)**

En aplicar herramientas Six Sigma: Se utilizó las herramientas Six Sigma como el Pareto, el diagrama de Ishikawa y cartas de control para identificar y abordar problemas específicos.

- 9) Noveno.-** Se usó la herramienta de mapa de procesos con variables, para medir el camino de las variables Xs. Se analizaron cada subproceso del proceso de fabricación de perfiles de latón de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica, con especial atención a los subprocesos de extracción de perfiles del horno de mantenimiento, enfriado de perfil, de pelado de perfil, utilizando el diagrama de espina de pescado, como se ilustra en la **Figura 18 (Ver pag 91)**

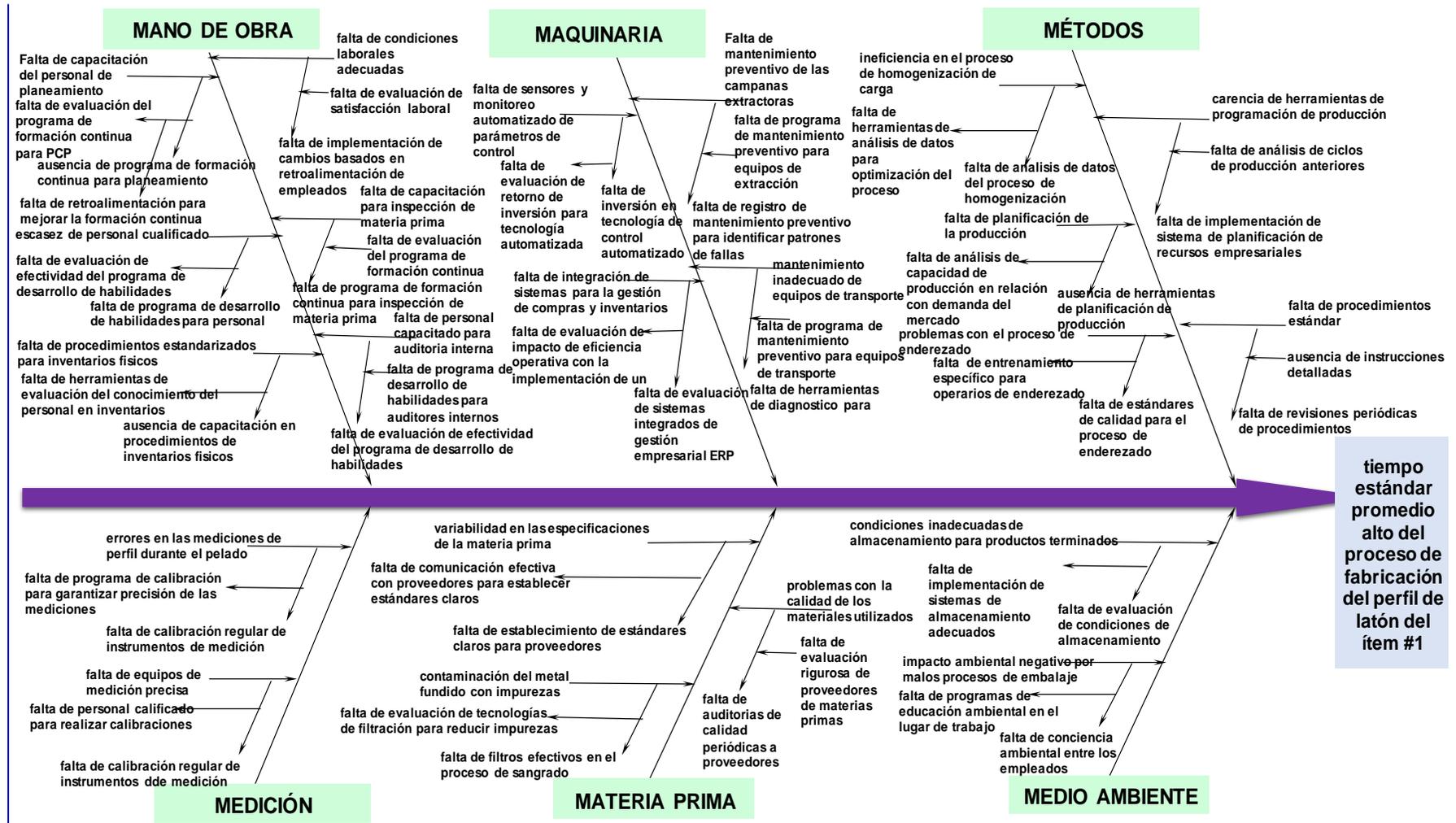
Tabla 16**Proceso de fabricación de perfiles de latón y sus fallas en la línea de la CC**

SUB PROCESO	TIPO DE FALLA
Extracción del perfil colado	Con superficie del metal con escorias o con restos de grafito.
	Con defectos de superficie, con oxidación exagerada y con depósitos de Zinc generados debido a la temperatura de salida muy alta.
	Con mala composición de reajuste en su aleación y con contaminación de material ferroso.
	Con una longitud de tiro de extracción menor a 6mm.
Corte de los perfiles colados	No recto, con malas condiciones de enfriamiento, en donde la velocidad de colada no se adaptó a la velocidad de solidificación.
	Mal cortado. Cortado fuera de medida solicitada por el cliente externo de $3\text{ m} \pm 0,01$
Escalpado o pelado de los perfiles cortados	Mal pelado debido al desgaste de las cuchillas.
	Con variaciones de tolerancias ± 3 décimas en las medidas peladas. Con ondulaciones.
Enderezado de perfiles pelados	No recto a la temperatura de enderezamiento de $(38^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C})$
	Mal enderezado.
Embalado de perfiles enderezados	Mal embalados en paquetes y mal apilados en parihuelas.
	Embalados sin aprobación por calidad.

Nota : Se observa de la **Tabla 16**, cada subproceso que compone toda la línea de la colada continua, con sus respectivas fallas más habituales, ocasionadas ya sea por error del personal de producción o por error de la máquina y/o dispositivo.

Figura 18

Diagrama de causa y efecto del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 en el proceso de la línea de la CC



10) Décimo.- Se encontró más variables X e Y, se detallan en la **Tabla 17** las variables Xs y en la **Tabla 18 (Ver pag 93)** para las Y.

Tabla 17
Problemas que afectan el plan de producción de la línea de la colada continua

X' s	Problemas directos o indirectos de producción en la línea de la CC
X1	Supervisor no pueden ingresar su producción diaria al SAP por falta de OT por parte de planeamiento. Contratiempos al hacer los inventarios físicos de existencias, el supervisor no ingresa la producción al cierre del turno y del día al SAP.
X2	Falta de personal capacitado para el turno de noche, uso de más personal para los reprocesos en una operación rutinaria.
X3	Uso incorrecto de la estructura de carga de fusión en el cambio de receta, los fundidores no verifican que los parámetros de control óptimo de trabajo están dentro del rango adecuado, no corrigen a tiempo la composición de la aleación según análisis químico.
X4	Malas prácticas en el control de las instalaciones, la manipulación y la preparación de los elementos que constituyen la operación unitaria.
X5	No se lleva un control mensual de las proyecciones de stock de los lingotes de Zinc y de plomo. Existencia de eventualidades en los cambios de turnos por contingencias presentadas en las condiciones fuera de rutina.
X6	Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad, para la adquisición de materia prima, insumos químicos fiscalizados, moldes de grafito, repuestos para el área de la CC.
X7	Demoras en la entrega de productos en proceso de una máquina a otra originando cuellos de botellas en otras máquinas.
X8	En el cambio de turno diario, los fundidores de las máquinas no realizan una inspección antes y después de usarlos.
X9	La ineficiente optimización de los tiempos de producción y la falta de una gestión precisa de los tiempos de producción afecta la capacidad de cumplir con los plazos y las demandas del mercado.
X10	Carencia de procedimientos documentados, instrucciones detalladas, registros y manuales de operación compone un escenario donde la ausencia de pautas claras dificulta la estandarización de los procesos y la identificación de posibles áreas de mejora.
X11	Incumplimiento cabal de las normas técnicas que rigen a los productos semielaborados de latón.
X12	No pueden liquidar quiebres de stock de los clientes y no pueden cumplir meta diaria del área producción.

Nota : En la **Tabla 17**, se usó las herramientas del SIPOC (ver **Figura 8 pag 78 y Figura 9 pag 79**) y VSM actual (**Ver Figura 17 pag 88**), para encontrar más variables que afectan ya sea directa o indirectamente el plan de producción de la línea de la colada continua, para el proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1

Tabla 18
Variables Ys son la voz del cliente externo VOC

variables Y' s	VOC con respecto a los problemas que afectan el proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem #1
Y1	Calidad
Y2	Rapidez de entrega
Y3	Costo unitario
Y4	Cantidad de reclamos atendidos sobre los perfiles

- 11) Onceavo.-** Se realizó una matriz XY utilizando las variables identificadas a través del SIPOC, el mapa de proceso, el VSM actual y el diagrama causa efecto. El objetivo era determinar el impacto de las Xs en cada Y, respondiendo a la función $Y = f(X)$. Esta matriz XY fue ponderada con base en la voz de los clientes para las variables X e Y. En la matriz, se evaluó cuál de estas variables podría tener un mayor impacto en el proyecto. La **Tabla 19 (Ver pag 94)** muestra la matriz XY resultante.
- 12) Doceavo.-** Se creó un diagrama de Pareto de Xs, utilizando la valoración total de importancia asignada a cada variable X en relación con las Y. La **Tabla 20 (Ver pag 95)** y **Tabla 21 (Ver pag 96)** muestran la ponderación de la matriz XY, destacando cuál de estas variables tiene mayor impacto en el proyecto. Además, se elaboró el diagrama de Pareto de Xs correspondiente, presentado en la **Figura 19 (Ver pag 97)**
- 13) Treceavo.-** Continuando con la caracterización de los procesos, se construyó la matriz FMEA de solución propuesta. Esta herramienta nos ayudó a determinar las variables X más importantes en el proceso de fabricación de los perfiles de latón del ítem#1. Utilizamos como punto de partida las variables de la **Tabla 22 (Ver pag 97)** y los pasos identificados del mapa de proceso con variables de la **Figura 10 (Ver pag 81)**, con el objetivo de realizar el análisis de los pasos críticos de dicha matriz.

Tabla 19
Matriz XY resultante del proceso de la línea de la colada continua

MATRIZ DE VALORACIÓN ASIGNADA A CADA X EN RELACIÓN CON LAS Y SEGÚN EL IMPACTO QUE TIENEN EN EL PROCESO						
VOC y la valoración de importancia	Calidad de PT	Rapidez de entrega de PT	Costo unitario del PT	Cantidad de reclamos atendidos	Total	Porcentaje Total
X' S	9	7	8	3		
X1	3	7	8	1	143	8%
X2	8	5	6	1	158	9%
X3	2	8	8	1	141	8%
X4	4	7	3	3	118	7%
X5	2	5	4	1	88	5%
X6	9	7	8	3	203	12%
X7	1	7	8	3	131	8%
X8	9	7	8	3	203	12%
X9	1	7	8	3	131	8%
X10	9	7	8	3	203	12%
X11	1	7	2	1	77	4%
X12	1	7	8	3	131	8%
					1727	

Nota : La **Tabla 19** muestra la matriz XY, la cual se ponderó en base a la VOC, viendo cuál de estas variables tiene mayor impacto sobre el proyecto.

Tabla 20**Datos recolectados ordenados de mayor a menor según frecuencia del problema**

Ranking	Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	ID en gráfico
5	Supervisor no pueden ingresar su producción diaria al SAP. Contratiempos al hacer los inventarios físicos de existencias	143	P1
4	Falta de personal capacitado para el turno de noche, uso de más personal para los reprocesos en una operación rutinaria.	158	P2
6	Uso incorrecto de la estructura de carga de fusión en el cambio de receta	141	P3
10	Malas prácticas en el control de las instalaciones y la preparación de los elementos que constituyen la operación unitaria.	118	P4
11	No se lleva un control mensual de las proyecciones de stock de los lingotes de Zinc y de plomo.	88	P5
1	Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad, para la adquisición de materia prima, IQF, moldes de grafito, repuestos para el área de la CC.	203	P6
7	Demoras en la entrega de productos en proceso de una máquina a otra originando cuellos de botellas en otras máquinas.	131	P7
2	En el cambio de turno diario, los fundidores de las máquinas HF, HM, equipos, herramientas e instrumentos, no realizan una inspección antes y después de usarlos.	203	P8
8	La ineficiente optimización de los tiempos de producción y la falta de una gestión precisa de los tiempos de producción	131	P9
3	Carencia de procedimientos documentados, instrucciones detalladas, registros y manuales de operación compone un escenario donde la ausencia de pautas claras dificulta la estandarización de los procesos y la identificación de posibles áreas de mejora.	203	P10
12	Incumplimiento cabal de las normas técnicas que rigen a los productos semielaborados de latón.	77	P11
9	No pueden liquidar quiebres de stock de los clientes y no pueden cumplir meta diaria del área producción.	131	P12

Nota : En la **Tabla 20**, el ranking es el número ordenado de mayor a menor según la frecuencia del problema.

Tabla 21

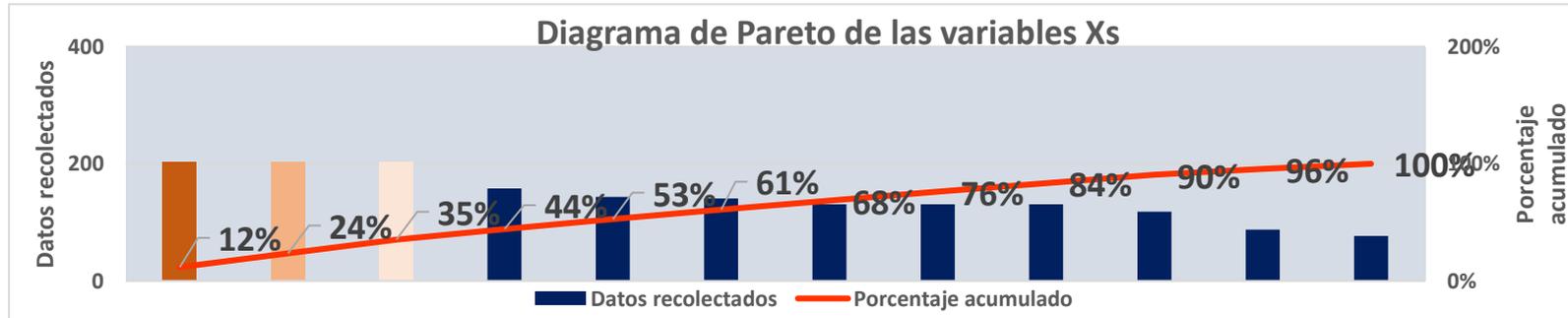
Tabla de la posición real de los datos recolectados según frecuencia del problema en porcentaje y porcentaje acumulado

	Posición real (Causas y datos ordenados)	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado	
1	Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad, para la adquisición de materia prima, IQF, moldes de grafito, repuestos para el área de la CC.	203	203	12%	12%
2	En el cambio de turno diario, los fundidores de las máquinas HF, HM, equipos, herramientas e instrumentos, no realizan una inspección antes y después de usarlos.	203	406	12%	24%
3	Carencia de procedimientos documentados, instrucciones detalladas, registros y manuales de operación compone un escenario donde la ausencia de pautas claras dificulta la estandarización de los procesos y la identificación de posibles áreas de mejora.	203	609	12%	35%
4	Falta de personal capacitado para el turno de noche, uso de más personal para los reprocesos en una operación rutinaria.	158	767	9%	44%
5	Supervisor no pueden ingresar su producción diaria al SAP. Contratiempos al hacer los inventarios físicos de existencias	143	910	8%	53%
6	Uso incorrecto de la estructura de carga de fusión en el cambio de receta	141	1 051	8%	61%
7	Demoras en la entrega de productos en proceso de una máquina a otra originando cuellos de botellas en otras máquinas.	131	1 182	8%	68%
8	La ineficiente optimización de los tiempos de producción y la falta de una gestión precisa de los tiempos de producción	131	1 313	8%	76%
9	No pueden liquidar quiebres de stock de los clientes y no pueden cumplir meta diaria del área producción.	131	1 444	8%	84%
10	Malas prácticas en el control de las instalaciones y la preparación de los elementos que constituyen la operación unitaria.	118	1 562	7%	90%
11	No se lleva un control mensual de las proyecciones de stock de los lingotes de Zinc y de plomo.	88	1 650	5%	96%
12	Incumplimiento cabal de las normas técnicas que rigen a los productos semielaborados de latón	77	1 727	4%	100%

Nota : En base a la información de la **Tabla 21** se procedió a elaborar el diagrama de Pareto de las variables Xs.

Figura 19

Diagrama de Pareto de las variables Xs que representan a los problemas a solucionar en el proceso de fabricación del perfil



Nota : En el diagrama de Pareto de Xs se identificaron las variables X más significativas, siendo X6, X8, X10 las más relevantes.

Estas variables representan los problemas más urgentes que requieren solución, porque afectan el proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem#1. Los detalles de estas variables, se presentan en la **Tabla 22**

Tabla 22

Variables Xs urgentes por solucionar en el proceso

variables X' s	Problemas más urgentes que solucionar porque afectan el proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem #1
X6	Falta de soporte de las áreas administrativas para la adquisición de MP, IQF, moldes de grafito, repuestos de las máquinas, etc.
X8	En el cambio de turno diario, los fundidores de las máquinas horno de fusión y horno de mantenimiento, equipos, herramientas e instrumentos, no realizan una inspección antes y después de usarlos.
X10	Carencia de procedimientos documentados, instrucciones detalladas, registros y manuales de operación compone un escenario donde la ausencia de pautas claras dificulta la estandarización de los procesos y la identificación de posibles áreas de mejora.

Nota : Se realizó una identificación de variables y pasos del proceso a partir del diagrama de Pareto de Xs

Se continuó con el treceavo paso matriz FMEA de solución propuesta, el proceso comenzó llenando el documento con información detallada. Se enumeraron los pasos del proceso, los posibles modos de falla, los efectos potenciales de falla indicando la gravedad de cada efecto, las posibles causas de falla indicando el nivel de ocurrencia para cada causa, y los controles de los procesos actuales para la detección del modo falla, indicando un nivel de detección. Se ordenaron los modos de falla utilizando los números de prioridad de riesgo (RPN). Luego se evaluó si los controles actuales abordaban la causa potencial del modo de falla, se verificó si el efecto potencial del modo de falla resolvía el modo de falla potencial de solución, y se analizó si el modo de falla potencial de la solución abordaba el paso del proceso. Se ponderó la severidad de cada solución propuesta para las variables X a resolver, y se continuó ponderando las ocurrencias de cada causa potencial de falla de la solución propuesta. Asimismo, se ponderaron las detecciones de cada uno de los controles actuales, todo esto con el fin de calcular el número de prioridad de riesgo RPN, analizar y abordar el modo de falla. La matriz FMEA resultante se presenta en la **Tabla 23 (Ver pag 100)**

En analizar, la matriz FMEA nos permitió aumentar y filtrar las Xs para encontrar las causas del modo falla de las Xs:

Para el problema de falta de soporte de áreas como compras, sistemas y contabilidad para adquisición de materia prima y repuestos: Causa del problema (comunicación insuficiente entre departamentos), efecto del problema (retrasos en adquisiciones, falta de MP y repuestos), gravedad (7), probabilidad de ocurrencia (6), facilidad de detección (5), índice de prioridad de riesgo (210)

Para el problema de falta de inspección y revisión de sistemas y herramientas: Causa del problema (falta de un programa de mantenimiento preventivo), efecto del problema (fallas inesperadas de equipos, tiempos de inactividad prolongados), gravedad (8), probabilidad de ocurrencia (4), facilidad de detección (6), índice de prioridad de riesgo (192)

Para el problema de ausencia de dispositivos adecuados y falta de stock de repuestos críticos: Causa del problema (falta de evaluación y gestión del inventario), efecto del problema (interrupciones en la producción, demoras en las reparaciones), gravedad (9), probabilidad de ocurrencia (5), facilidad de detección (7), índice de prioridad de riesgo (315)

Para el problema de ineficiente optimización de tiempos de producción: Causa del problema (falta de análisis detallado del flujo de trabajo), efecto del problema (tiempos de producción más largos, incumplimientos de plazos), gravedad (6), probabilidad de ocurrencia (7), facilidad de detección (5), índice de prioridad de riesgo (210)

Para el problema de carencia de procedimientos documentados dificulta estandarización de procesos: Causa del problema (falta de documentación y organización), efecto del problema (falta de estandarización, dificultades en la formación del personal), gravedad (7), probabilidad de ocurrencia (6), facilidad de detección (6), índice de prioridad de riesgo (252)

Incluso la matriz FMEA, nos permitió clasificar las Xs que generaban variabilidad en el proceso de fabricación, eliminando a su vez las variables de ruido, **Ver pag 101 Tabla 24**

- 14) Catorceavo.-** Se realizó un plan de colecta de datos, a partir de los reportes de producción descargados del SAP BO por artículo producido por la empresa metalúrgica ver anexo 11 y por artículo consumido por el cliente ver anexos 10, se validaron los datos de las Xs, se validaron las relaciones entre las Xs, se simplificaron las Xs con el objetivo de identificar las causas de Y, que corresponden a la variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 de la primera campaña del año 2021 de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica.

Tabla 23

FMEA de solución propuesta de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica

MATRIZ FMEA DE SOLUCIÓN PROPUESTA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES DE LATÓN #1									
Paso de solución propuesta	Modo de Falla Potencial	Efecto potencial de la falla	S	Total, de la severidad	Causa potencial de la falla	O	Controles actuales	Nivel NPR	Atributo de prioridad
Capacitar al personal administrativo de dichas áreas sobre los procedimientos, funciones en un plazo de 4 meses. Tener reuniones quincenales para hacer un monitoreo del proyecto	El personal administrativo no completo el tiempo necesario de capacitaciones para que logre solucionar con éxito los problemas del proceso de la línea de la colada continua	El área de CC aún continúa teniendo problemas	9		Asignación de nuevos proyectos, sobrecargas de funciones a dichos colaboradores, el personal no siente el liderazgo de su jefe superior por lo que el resultado del área no es uniforme y no alcanzan los objetivos de forma más rápida	10	Está en proceso el monitoreo más frecuente uno a uno con la gente para poner las acciones	7 630	Riesgo de Falla ALTA
		Ocasiona cuellos de botellas en el proceso de la CC, por ende, produce incumplimiento de la cuota mensual de producción al cliente externo	9						
El jefe de producción debe tener un plan de asignación de responsabilidades, el supervisor de producción tiene que inventariar el stock de repuestos de las máquinas y de herramientas e informar al área de compras, mediante una SOLPE vía SAP, para que cotice con anticipación, el jefe de producción debe solicitar al responsable del sistema de gestión de calidad levantar información para generar documentos y registros detallados de la línea de la colada continua.	Los canales de grafitos del horno de mantenimiento 75kW superaron su tiempo de vida dentro del equipo, los dispositivos usados para el proceso de extracción necesitan cambiarse en el área de la colada continua	Perfiles colados extraídos con mal acabado en su superficie, lo cual ocasiona que el inspector de calidad observe o bloquee el lote colado de Perfiles extraídos	8		La poca o casi nula asignación de recursos por parte de la alta gerencia al área de la línea de la colada continua, porque ellos sólo se empeñan en solucionar problemas de otras áreas donde no existe máquinas cuellos de botellas, en dar mayores presupuestos a las áreas administrativas (finanzas, legal, RRHH, marketing, etc.). A pesar que el área de operaciones quiera lograr el objetivo de la empresa con respecto al ahorro para cumplir el pedido de la empresa.	5	registro de un control periódico de cuanto llevamos acumulado	4 150	Riesgo de Falla MEDIO
		Al realizar la prueba de extracción del producto colado se evidencia, perfiles colados extraídos fuera de medida, debido a que las dimensiones del canal de grafito estaban demasiado desgastadas pasó de 200x260mm a 190x250 en el proceso de extracción.	7.5	7					

Nota : La matriz FMEA proporciona una representación detallada de los pasos de la solución propuesta, incluyendo el modo de falla, el efecto, y la causa de falla potencial. Esto permite visualizar los controles actuales que están presentes en el proceso de la línea de la CC. Además, se asigna un atributo de prioridad, ya sea alta, media o baja, a las variables que tienen un mayor impacto en el proyecto.

Tabla 24

Las Xs que generaban variabilidad en el proceso de fabricación de perfiles del ítem#1

Xs	Clasificación de los problemas identificados en variables de control, variables estándar y variables de ruido		
	variables de control	variables estándar	variables de ruido
1	Comunicación entre Departamentos		Las variables de ruido son las que generan variabilidad indeseada en el proceso y pueden
2	Programa de Mantenimiento Preventivo	Las variables estándar son las que se espera que se mantengan constantes en un proceso óptimo. En este caso, las soluciones propuestas, una vez implementadas, se convertirían en variables estándar.	afectar negativamente el resultado final. En el contexto de estas
3	Gestión del Inventario de Dispositivos y Repuestos		soluciones, las posibles interrupciones externas o cambios
4	Análisis Detallado del Flujo de Trabajo		impredecibles en el mercado, como fluctuaciones en los precios de los materiales, podrían considerarse variables de ruido, porque pueden impactar la estabilidad del proceso a pesar de la implementación de las soluciones propuestas.
5	Documentación de Procedimientos y Procesos		

Nota : En la **Tabla 24** se observa la forma como se clasificó los problemas identificados en el proceso de fabricación de perfiles de latón.

15) Quinceavo.- Se realizó un análisis de búsqueda, validación de causas raíces, se encontró relaciones entre las Xs, se procedió a simplificar las Xs, por medio de gráficas y herramientas estadísticas, y con las Xs resultantes se construyó una tabla de análisis causa – raíz, como se ve en las **Tablas 25 (Ver pag 102)** y **Tabla 26 (Ver pag 103)**

Tabla 25

Situación actual del proceso de fabricación de los perfiles de latón del ítem # 1

PROBLEMA ACTUAL	POSIBLES CAUSAS GENERALES DENTRO DE LA EMPRESA
Variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1.	<p>CAUSA DE RAIZ PRINCIPAL: Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad en la compra de la MP, insumos, repuestos para la línea de la CC. Mala planificación a nivel gerencial entre áreas de la empresa.</p> <p>CAUSA DE RAIZ SECUNDARIA 1: Falta de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo a las máquinas e instrumentos de la línea de la CC. No hay una programación y calibración de las máquinas extractoras, peladoras, enderezadoras, ni de los instrumentos del laboratorio químico, así como de los tableros eléctricos y equipos secundarios usados en el proceso de fabricación de los perfiles de latón del ítem #1.</p> <p>CAUSA DE RAIZ SECUNDARIA 2: Discontinuidad de los dientes de arrastre de la máquina extractora, cuchillas y rodillos , falta de dispositivos como los canales de grafito del HM y herramientas adecuadas para el área de la línea de la CC, además el área de mantenimiento no tiene stock de repuestos críticos como el anillo de latón de 75kW para el HM y el de 120kW para el HF, las camisas de agua de acero inoxidable de 75kW del HM y de 12Kw del HF, las bobinas de 75 kW para el HM .El área mantenimiento no cumple con sus funciones y estándares de calidad de servicios.</p>

Nota : En la **Tabla 25** se observó que el problema del proceso de fabricación de perfiles del ítem#1, tuvo como posibles causas generales a 1 causa de raíz principal y 2 causas de raíces secundarias y que se organizaron todas las variables Xs a medir posteriormente en la **Tabla 26 (Ver pag 103)**

Tabla 26

Tabla de análisis de causa-raíz de los subproblemas del proceso de fabricación de los perfiles #1

SUB PROBLEMAS DEL PROCESO	CAUSAS RAICES DE LAS Xs RESULTANTES DE LA SIMPLIFICACIÓN
<p>SUBPROBLEMA 1: Ocasiona retrasos en adquisiciones, esperas por falta de material (MP, IQF, PP) y no cumplimiento del objetivo del plan de producción. El área de la línea de la colada continua depende de la ordenes de compras generadas, del almacén de procesos y éste a su vez depende mucho de la codificación de los SKUs y componentes para armar algún tipo de modelo de perfil o varilla, dicha codificación los genera el área planeamiento, pero con autorización del área de contabilidad y éste a su vez depende del área de sistemas, el cual ésta controlado por gerencia de finanzas y por el CEO.</p>	<p>Comunicación insuficiente entre departamentos dentro de la empresa metalúrgica.</p>
<p>SUBPROBLEMA 2: Fallas inesperadas de equipos, máquinas y herramientas, ocasiona tiempos de inactividad prolongados, sobre procesamiento de varias sub actividades no programadas, porque el área de la línea de la colada continua debe seguir produciendo ,avanzan a pesar que se malograron las máquinas ,las herramientas o algún dispositivos que requieran .Esto a la larga conlleva en forma indirecta a un sobre procesamiento de algunos subprocesos que no han sido programados en el mes y genera un exceso de producción no programada en un turno de una campaña de producción de perfiles del ítem #1.</p>	<p>Falta de mantenimiento preventivo a las máquinas e instrumentos del área de la línea de la colada continua de la empresa metalúrgica.</p>
<p>SUBPROBLEMA 3: Interrupciones en la producción, demoras en las reparaciones, ocasiona defectos a los perfiles del ítem #1 colados, cortados, pelados, embalados, generando producto terminado con observaciones o rechazos por parte del área de calidad. Esto a su vez deja a la empresa metalúrgica como un cliente interno que no cumple con sus estándares de calidad del cliente externo.</p>	<p>Falta de evaluación y gestión de inventario de las máquinas extractoras, cortadoras, peladoras, el área de mantenimiento no tiene stock de los repuestos críticos de dichas máquinas.</p>

Nota : En la **Tabla 26**, se observó que el subproblema 1, según la matriz XY, tenía un NPR= 630 con una prioridad de riesgo de falla alta. Dicho subproblema 1 fue el que generó más variabilidad en los tiempos estándares del proceso de fabricación del perfil del ítem#1 de la 1era campaña de la línea de la colada continua del 2021. Más específicamente, en los subprocesos de extracción de perfiles del HM con 0.183 h/perfil, enfriado de perfil con 0.0571h/perfil, y en el pelado de perfil con 1.88191h/perfil, según el VSM. Esto se relacionó con retrasos en adquisiciones, falta de materia prima y repuestos. Además, el subproblema 2 y el subproblema 3, según la matriz XY, tenían un NPR= 150 con una prioridad de riesgo de falla media. Dichos subproblemas 2 y 3 no generaron demasiada variabilidad en los tiempos estándares del proceso de fabricación del perfil del ítem#1, pero se analizaron de igual manera.

c) **De la etapa 3, se obtuvo los siguientes resultados descriptivos, para la optimización del proceso de perfiles de latón:**

- 1) **De la mejora del proceso.-** Se exploraron las interacciones y regresiones entre las variables clave del proceso, identificando posibles relaciones y patrones. Se propusieron diversas soluciones para abordar las áreas de mejora identificadas, buscando optimizar el rendimiento del proceso. Se realizó un análisis de benchmarking para comparar las practicas actuales con las mejores prácticas industriales y así identificar oportunidades de mejora. Se evaluaron los riesgos asociados a cada solución propuesta y se consideraron alternativas para mitigar posibles inconvenientes. Se eligieron las soluciones más viables y efectivas en base a criterios predefinidos, considerando el impacto en el proceso. Se revisó y actualizó la matriz para reflejar los cambios propuestos y evaluar la efectividad de las soluciones seleccionadas. Se compartieron las soluciones propuestas con los interesados relevantes, recopilando comentarios y asegurando su aprobación. Se diseñaron planes detallados para la implementación de las soluciones, definiendo roles, responsabilidades y plazos. Se implementó una estrategia efectiva para influir en la adopción exitosa de las soluciones por parte del equipo y los interesados. Se verificó la aprobación de los interesados antes de proceder con la implementación.
- **Primero**, se propusieron soluciones con tareas específicas para cada causa raíz verificada que ocasionó la Y, para las Xs del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1. Este proceso se llevó a cabo apoyándonos en la matriz FMEA, de lluvia de ideas, del impacto de los mejoramientos sobre el problema Y, del riesgo potencial de implementar la mejora, del costo de implementación del mejoramiento, de las causas raíces encontradas durante la etapa de análisis y de la solución más barata posible. Se construyó una matriz de soluciones para controlar el subproblema 1, relacionado con el área administrativa de la empresa metalúrgica, como se muestra en la **Tabla 27 (Ver pag 106)** Además, se llevó a cabo otra matriz de soluciones para controlar los subproblemas 2

y 3, los cuales están vinculados al área de mantenimiento de la empresa metalúrgica, según se presenta en la **Tabla 28 (Ver pag 108)**

- **Segundo**, se controlaron las Xs utilizando la prueba de error, sistemas de gestión, las cartas de control y aplicando los 3 filtros: deseabilidad, factibilidad y viabilidad. Se analizó la Xs con estos pasos, se obtuvo la data, se convirtió en información, se clasificó la información valiosa y se tomó la decisión correcta.
- 2) Del control de proceso:** Se inició la implementación de las soluciones aprobadas según los planes desarrollados. Se estableció un sistema de control del proceso para monitorear continuamente el rendimiento y asegurar la sostenibilidad de las mejoras. Se transfirió la responsabilidad del proyecto al propietario del proceso, garantizando una gestión efectiva a largo plazo. Se documentaron los aprendizajes y oportunidades identificadas durante el proceso de optimización, compartiéndolos para futuros proyectos similares. Se monitoreó la implementación y el sistema de control del proceso para realizar ajustes según sea necesario. Se ratificaron los resultados obtenidos, asegurando que las mejoras fueran consistentes con los objetivos establecidos. Se actualizó el conocimiento compartido en la organización para incorporar las practicas mejoradas. Se celebraron las mejoras logradas y se reconoció al equipo por su contribución al éxito del proyecto.

Tabla 27

Matriz de selección de soluciones para controlar el subproblema1 generado por el área administrativa

SELECCIÓN DE SOLUCIONES para el área administrativa										
Y=Variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 en la línea de la CC de la campaña 1 de la empresa metalúrgica			Puntaje de significancia soluciones propuestas al área de la línea de la CC		Tareas o Acciones más específicas al área de la línea de la CC	ptje de impacto global	ptje de costos asociados a la solución	ptje de riesgo asociados a la solución (tecnologías, plazos, restricciones)	puntaje global	acción recomendada de implementación
Mapa de la cadena de valor del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica			Causas verificadas del proceso de fabricación de perfiles del ítem#1 del área en cuestión	raíces del problema		0 a 7	0 a 7	0 a 7	TOTAL	SI-NO
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del horno de mantenimiento (0.183h/perfil#1)	actividad 10: enfriado de perfil del ítem #1 extraído y cortado (0.0571 h/perfil#1)	actividad 12: pelado de perfil del ítem #1 extraído y cortado (=1.8819 1h/perfil#1)	Problemas de documentación y organización, Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad de MP, insumos, repuestos para el área de la línea de la CC. Mala planificación a nivel gerencial entre áreas de la empresa.	de capacitación: Falta de documentación y organización, Falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad de MP, repuestos para el área de la línea de la CC. Mala planificación a nivel gerencial entre áreas de la empresa.	Generar un instructivo de soporte y un procedimiento de las áreas administrativas hacia al área de la línea de la CC. Documentar todos los procedimientos y procesos estándar de la línea de la CC de manera clara y accesible.	5	6	4	120	NO
				Capacitar al personal administrativo de dichas áreas sobre los procedimientos, funciones que tienen en la empresa. Implementar un sistema de gestión de documentos para organizar, almacenar y acceder fácilmente a los procedimientos documentados.	Levantar información de todos los problemas que afecten al área de la línea de la CC, para que el SIG genere, apruebe y capacite sobre el instructivo o en todo caso si se recurre a la ayuda de los consultores, primero hay que ver el costo-beneficio. Implementar un aplicativo web que permita agilizar y mejorar la gestión de atención a los problemas del área.	6	6	4	144	SI
				Mantener reuniones quincenales con el equipo para hacer un monitoreo del proyecto propuesto.	Establecer lazos de control uno a uno con los colaboradores de la empresa para poner en marcha las acciones anteriormente mencionadas.	7	7	4	196	SI

Nota : En la **Tabla 27**, de la matriz de selección de soluciones para el área administrativa, no se implementó la primera solución debido a que no pasó los 3 filtros: es deseable sí, pero no es factible porque requería una inversión grande y, por lo tanto, no era viable dicha solución. Se analizaron las Xs con estos pasos, se obtuvo la data, se convirtió en información, se clasificó la información valiosa y se tomó la decisión correcta. En esta figura se han incluido los puntajes de impacto global, los costos asociados a la solución, los puntajes de riesgo asociados a la solución y el puntaje global (que es la multiplicación de los puntajes de impacto global, costos y riesgo). Además, se indicó si se recomendaba la implementación de cada solución (SI) o (NO) en función del puntaje global obtenido.

En el control de las Xs se llevaron a cabo las siguientes pruebas en el Minitab: Prueba de error: Se utilizaron pruebas de normalidad como la prueba de Anderson-Darling para verificar si el conjunto de datos seguía una distribución normal. Cartas de control para datos variables: Se implementaron la carta de media X-barra, carta de rango R, carta de desviación estándar S y la carta individual/MR media y rango individual. Estas cartas se utilizaron para supervisar la calidad de las Xs, controlar los procesos, identificar desviaciones y tomar medidas correctivas. Análisis de la capacidad del proceso: Se llevó a cabo un análisis para producir los perfiles de latón del ítem # 1 que cumplieran con las especificaciones del cliente externo. Esto incluyó el cálculo de índices como Cp (índice de capacidad del proceso), Cpk (índice de capacidad del proceso corregido), Pp (índice de capacidad del proceso basado en la población) y Ppk (índice de la capacidad del proceso corregido basado en la población). Estos índices ayudaron a determinar si el proceso estaba dentro de los límites especificados por el cliente, siendo un valor de $Cpk > 1$ indicativo de la capacidad del proceso para producir perfiles del #1 dentro de las especificaciones del cliente". Análisis gráfico multivariado: Se realizó un análisis que permitió evaluar la estabilidad del proceso continuo e identificar ruidos de proceso y de producto. Esto incluyó la variabilidad dentro de los perfiles #1, entre lotes, entre turnos día y noche.

Tabla 28

Matriz de selección de soluciones para controlar el subproblema 2 y subproblema 3 generados por el área de mantenimiento

SELECCIÓN DE SOLUCIONES para el área de mantenimiento										
mapa de la cadena de valor del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica.				causas raíces verificadas del proceso de fabricación de perfiles.	y=variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 en la línea de la CC de la campaña 1 de la empresa metalúrgica	ptje de impacto global	ptje de costos asociados a la solución	ptje de riesgo asociados a la solución	ptje global	acción recomendada
				puntaje de significancia			0 a 7	0 a 7	total	si-no
				soluciones propuestas al área de la línea de la CC.	tareas o acciones más específicas al área de la línea de la CC.					
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del horno de mantenimiento (0.183h/perfil#1)	actividad 10: de perfil del ítem #1 y extraído cortado (0.0571h/perfil#1)	actividad 12: de pelado del ítem #1 y extraído cortado (=1.88191h/perfil#1)	actividad 12: de pelado del ítem #1 y extraído cortado (=1.88191h/perfil#1)	Falta de un programa de mantenimiento o preventivo.	El supervisor de producción tiene que inventariar el stock de repuestos e informar al área de compras, mediante una SOLPE vía SAP	7	6	3	126	SI
					El jefe de planta debe solicitar al jefe de mantenimiento implementar un programa regular de mantenimiento preventivo con horarios y actividades definidas.	5	5	3	75	NO
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del horno de mantenimiento (0.183h/perfil#1)	actividad 10: de perfil del ítem #1 y extraído cortado (0.0571h/perfil#1)	actividad 12: de pelado del ítem #1 y extraído cortado (=1.88191h/perfil#1)	actividad 12: de pelado del ítem #1 y extraído cortado (=1.88191h/perfil#1)	Falta de evaluación y gestión de inventario de las máquinas, equipos e instrumentos de la CC.	Realizar un proceso de monitoreo más frecuente a cada subproceso y establecer lazos de control uno a uno con los colaboradores de producción y mantenimiento.	7	7	4	196	SI
					Solicitar presupuesto a alta gerencia, para el área de la CC, asignar recursos necesarios para solucionar el problema de las máquinas, los equipos e instrumentos e instalar un sistema de control.	6	2	5	60	SI

Nota : La Tabla 28, de la matriz de selección de soluciones construida, se apoyó en la experiencia de los operadores de la línea de la colada continua, del personal administrativo y de mantenimiento de la empresa metalúrgica. La matriz de selección de soluciones nos proporcionó toda la información necesaria para resolver el problema, porque trató de resolver las causas raíces para estandarizar el proceso de fabricación de los perfiles de latón del ítem#1 de la primera campaña del año 2021 de la línea de la CC de la empresa metalúrgica.

d) Del rediseño del proceso:

- 1) Primero.-** Se desarrolló la matriz de selección de mejoras partiendo de la mejora de la matriz de selección de soluciones, se llevó a cabo un análisis de la variable Y, con cada una de las variables X a solucionar (X6, X8, X10), teniendo en cuenta los valores de los números de prioridad de riesgo (NPR) asociados.
- 2) Segundo.-** Se procedió a construir la matriz de selección de mejoras para el área administrativa de la empresa metalúrgica. Se analizó el problema Y, la variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem # 1 El enfoque se centró en abordar la falta de soporte de las áreas administrativas para la adquisición de materias primas y repuestos, priorizando la solución del problema más urgente. Se identificó la variable X6, relacionada con los problemas de capacitación del personal administrativo que tenía un NPR de 630. La matriz de mejora correspondiente se presenta en la **Tabla 29 (Ver pag 110) y Tabla 30 (Ver pag 111)**
- 3) Tercero.-** Se procedió a construir una matriz de selección de mejoras para el área de mantenimiento. Se analizó el problema Y, la variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 destacando la falta de inspección de sistemas, la revisión inadecuada de herramientas, la ausencia de dispositivos adecuados, la carencia de stock de repuestos críticos, la ineficiente optimización de tiempos de producción y la carencia de procedimientos documentados que dificultaban la estandarización de procesos. Con respecto al problema más urgente a solucionar, las variables X8 y X10, que representan los problemas de capacitación del personal administrativo, tuvieron un NPR=630. La matriz de mejora correspondiente se aprecia en la **Tabla 31 (Ver pag 112) y Tabla 32 (Ver pag 114)**

Tabla 29

Matriz de selección de mejoras para el área administrativa

ANÁLISIS DE LA VARIABLE Y CON LAS VARIABLES Xs A SOLUCIONAR		Causas raíces verificadas de la Y en el área administrativa de la CC	
mapa de la cadena de valor del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica			
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del HM (0.183h/perfil#1)	actividad 10 : enfriado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (0,0571 h/perfil # 1)	actividad 12 : pelado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (=1,88191h/ perfil # 1)	Problemas de capacitación: Falta de documentación y organización, falta de soporte de las áreas de compras, sistemas, contabilidad para la adquisición de MP, IQF, consumibles, repuestos para el área de la CC. Mala planificación a nivel gerencial entre las áreas administrativas de la empresa metalúrgica.

Nota : La **tabla 29** se elaboró en función al subproblema 1 (ocasiona retrasos en adquisiciones, esperas por falta de material MP, IQF, PP y no cumplimiento del objetivo del plan de producción). El área de la línea de la CC depende de la ordenes de compras generadas, del almacén de procesos y éste a su vez depende mucho de la codificación de los SKUs y componentes para armar algún tipo de modelo de perfil o varilla, dicha codificación los genera el área planeamiento, pero con autorización del área de contabilidad y éste a su vez depende del área de sistemas, el cual ésta controlado por gerencia de finanzas y por el CEO.

- 4) **Cuarto.-** En base a las matrices de selección de soluciones, matrices de selección de mejoras y usando la tabla de atributos de prioridad para matrices (**Ver Tabla 33 pag 115**), se procedió a construir una matriz FMEA de solución propuesta tanto para el área administrativa (**Ver Tabla 34 pag 116**) como para el área de mantenimiento (**Ver Tabla 35 pag 117**)
- 5) **Quinto.-** En base a las **Tablas 34 (Ver pag 116)** y **Tabla 35 (Ver pag 117)**, se procedió a construir una matriz FMEA de solución completa (**Ver Tablas 36 pag 118 y Tabla 37 pag 119**) La solución completa es igual a la solución propuesta más la acción recomendada.

Tabla 30

Matriz de selección de mejoras para controlar el subproblema1 generado por el área administrativa de la empresa metalúrgica

SELECCIÓN DE MEJORAS para el área administrativa										
		variables significativas								
		cant de cursos y charlas por trabajadores de mayor experiencia y conocimientos	de cantidad de quejas o problemas resueltos del área de la línea de la CC	de cant de exámenes y test de conocimientos aprobados por parte del personal de soporte administrativo al área de la línea de la CC	Impacto sobre la métrica primaria	Ptje de Costos asociados a la solución	Ptje de Riesgo asociados a la solución (tecnologías, plazos, restricciones)	Ptje Global	Acción Recomendada	
Puntaje de significancia		4	3	2						
Mejoras propuestas a la X6 que causa la Y	acciones más específicas de cada solución al problema Y del área de la CC.	ptje de impacto	ptje de impacto	de ptje de impacto	0 a 7	0 a 7	0 a 7	TOTAL	SI	NO
Generar instructivos y procedimientos de soporte de las áreas administrativas para adquirir la MP y repuestos del área de la CC. Documentar de manera clara y accesible y compartirlo a las áreas administrativas.	Levantar información de todos los problemas que afecten al área de la línea de la CC, para que el SIG genere, apruebe y capacite sobre el instructivo o en todo caso si se recurre a la ayuda de los consultores, primero hay que ver el costo-beneficio. Implementar un aplicativo web que permita agilizar y mejorar la gestión de atención a los problemas del área.	3	1	2	5	6	4	120	NO	
Capacitar al personal administrativo de dichas áreas sobre los procedimientos, funciones que tienen en la empresa. Implementar un sistema de gestión de documentos para organizar, almacenar y acceder fácilmente a los procedimientos documentados.	Capacitar al personal administrativo bajo la modalidad "in house "en coordinación con RRHH y con todas las jefaturas involucradas, para aumentar la eficacia del desempeño laboral de los trabajadores y la eficiencia de los trabajadores, usando métodos adecuados para lograr resultados en función a los objetivos de la empresa que es cantidad de ahorro anual.	4	3	2	6	6	4	144	SI	
Mantener reuniones quincenales o periódicas con las áreas administrativas, para revisar las necesidades de materia prima, repuestos y para hacer un monitoreo del proyecto propuesto.	Implementar un sistema de seguimiento compartido para las OC, permitiendo a todas las áreas acceder al estado de las compras en tiempo real y Establecer lazos de control uno a uno con los colaboradores de la empresa para poner en marcha las acciones anteriormente mencionadas.	3	3	1	7	7	4	196	SI	

Nota : La variable X6 fue el subproblema 1, relacionado con los retrasos en adquisiciones, esperas por falta de material y no cumplimiento del objetivo del plan de producción. En esta matriz se han añadido 3 nuevos criterios: plazo de implementación, recursos necesarios y beneficios esperados, cada uno calificado del 0 al 7. El puntaje total se calculó sumando los puntajes de impacto global, costos, riesgos, plazo de implementación, recursos necesarios y beneficios esperados. Cuanto mayor fuera el puntaje total, más viable y beneficiosa se consideraba la solución.

Tabla 31
Matriz de selección de mejoras para el área de mantenimiento

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES Ys CON RESPECTO A LAS VARIABLES Xs A SOLUCIONAR			
mapa de la cadena de valor del proceso de la línea de la CC de la empresa metalúrgica		causas raíces verificadas de la Y en el área de mantenimiento de la línea de la CC	
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del HM (0.183h/perfil#1)	actividad 10 : enfriado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (0,0571 h/perfil#1)	actividad 12 : pelado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (= 1,88191 h/perfil # 1)	Falta de un programa de mantenimiento preventivo a las máquinas, equipos e instrumentos de la línea de la CC.
actividad 7: extracción de perfiles del ítem #1 del HM (0.183h/perfil#1)	actividad 10 : enfriado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (0,0571 h/perfil # 1)	actividad 12 : pelado de perfil del ítem # 1 extraído y cortado (= 1,88191h/perfil # 1)	Falta de evaluación y gestión de inventario, el área de mantenimiento no se fijó adecuadamente los tiempos de vida útil de las máquinas, equipos e instrumentos de la línea de la CC, falta de análisis detallado del flujo de trabajo, falta de documentación y organización.

Nota : La **Tabla 31** se elaboró en función al subproblema 2 (fallas inesperadas de equipos, máquinas y herramientas, ocasiona tiempos de inactividad prolongados, sobre procesamiento de varias sub actividades no programadas), porque el área de la CC debe seguir produciendo, a pesar que se malograron las máquinas, las herramientas o algún dispositivo que requieran. Esto a la larga conlleva en forma indirecta a un sobre procesamiento de algunos subprocesos que no han sido programados en el mes y genera un exceso de producción no programada en un turno de una campaña de producción de perfiles del ítem #1 y al subproblema 3 (interrupciones en la producción, demoras en las reparaciones, ocasiona defectos a los perfiles del ítem #1 colados, cortados, pelados, embalados), generando producto terminado con observaciones o rechazos por parte del área de calidad. esto a su vez deja a la empresa metalúrgica como un cliente interno que no cumple con sus estándares de calidad hacia el cliente externo.

- 6) **Sexto.**- Se proporcionó capacitación a los empleados para mejorar sus habilidades y conocimientos, lo que llevó a una mayor eficiencia en el trabajo.
- 7) **Séptimo.**- Se definieron indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar la efectividad de las mejoras implementadas. Los KPIs incluyeron la tasa de defectos, el tiempo de ciclo del proceso y los costos operativos.
- 8) **Octavo.**- Se estableció un sistema de seguimiento continuo para monitorear los KPIs y asegurarse que el proceso se mantuviera en un estado optimizado.
- 9) **Noveno.**- Se calculó el impacto financiero de las mejoras implementadas, incluyendo ahorros en costos operativos, reducción de desperdicios y aumento de la eficiencia. Esto ayudó a justificar la inversión en el proyecto Six Sigma.
- 10) **Décimo.**- Se obtuvo un feedback de los clientes sobre la calidad del producto y la satisfacción del cliente después de realizar las mejoras. Esto proporcionó información valiosa sobre la eficacia de las mejoras implementadas.

I

Tabla 32

Matriz de selección de mejoras para controlar el subproblema 2 y subproblema 3 generados por el área de mantenimiento

SELECCIÓN DE MEJORAS para el área de mantenimiento									
Y=Variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de Latón del ítem#1 en la CC por falta de inspección de sistemas, revisión de herramientas, por ausencia de dispositivos adecuados, por falta de stock de repuestos críticos, por ineficiente optimización de tiempos de producción y por carencia de procedimientos documentados que dificulta la estandarización de procesos.		tiempos de respuesta para solucionar dichos impases	tiempos de parada de máquinas o estándares de producción	Cant perfiles defectuosos	impacto sobre la métrica primaria	costos asociados a la solución	riesgos asociados a la solución	ptje global	acción recomendada
puntaje de significancia		ptje impacto	ptje impacto	ptje impac		0 a 7	0 a 7	total	SI-NO
Mejoras propuestas a las X8, X10 que causan la Y.	acciones más específicas de cada solución al problema Y del área de la línea de la colada continua.	5	4	3					
El supervisor de mantenimiento del área de la CC tiene que inventariar el stock de repuestos de las máquinas, equipos e instrumentos e informar al área de compras, mediante una solicitud de pedido vía SAP	Proactividad del supervisor de producción a los problemas de repuestos de las máquinas, equipos e instrumentos, para que el área de mantenimiento tome decisiones rápidas frente al problema.				7	6	3	126	SI
Implementar un programa regular de mantenimiento preventivo para todas las máquinas, equipos e instrumentos, con horarios y actividades definidas.	Capacitar al personal de mantenimiento, el jefe de mantenimiento debe tener un plan de mantenimiento actualizado en tiempo real, para garantizar la fluidez del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1.	5	4	1		5	3	75	NO
Realizar un proceso de monitoreo más frecuente a cada subproceso y establecer lazos de control uno a uno con los colaboradores de producción y mantenimiento.	Tener un control periódico de cuantas máquinas disponibles y repuestos de las mismas existe en stock. Estar siempre atentos al aporte de los colaboradores para buscar ahorros. Realizar evaluaciones regulares de las necesidades de dispositivos y repuestos. Mantener un inventariado adecuado y actualizado periódicamente.	5	4	2		7	4	196	SI
Solicitar presupuesto a alta gerencia, para el área de la CC, asignar recursos necesarios para solucionar el problema de las máquinas, los equipos e instrumentos e instalar un sistema de control.	Establecer acuerdos con proveedores para garantizar un suministro constante y rápido de dispositivos y repuestos cuando sea necesario.	5	1	2		6	5	60	NO

Nota : La variable X8, es el subproblema 2, relacionado con las fallas inesperadas de equipos, máquinas y herramientas, que ocasionan tiempos de inactividad prolongados y sobre procesamiento de varias sub actividades no programadas. Por otro lado, la variable X10 corresponde al subproblema 3, vinculado a las interrupciones en la producción y las demoras en las reparaciones, lo que resulta en defectos en los perfiles del ítem #1, tanto colados como cortados, pelados y embalados.

Tabla 33

Tabla de atributos del nivel de prioridad de riesgos para matrices

ATRIBUTO DE PRIORIDAD	NIVEL NPR	CÓDIGO DEL MAPA DE CALOR
Riesgo de falla ALTO	500 – 1 000	
Riesgo de falla MEDIO	125 – 499	
Riesgo de falla BAJO	1 – 124	
No existe riesgo de falla	0	

Nota : Se observa que la **Tabla 33** clasifica al riesgo de falla de las acciones recomendadas, como alto, medio bajo y no existe.

11) Onceavo.- Se documentó todo el proceso, desde la definición del problema hasta la implementación de soluciones y los resultados obtenidos. Estos resultados se compartieron con los empleados y otras partes interesadas, fomentando una cultura de mejora continua en la empresa metalúrgica.

Al seguir estos pasos y utilizar las herramientas y técnicas de Six Sigma de manera efectiva, la empresa metalúrgica en Lima optimizó su proceso de fabricación de perfiles de latón, mejoró la productividad y aumentó la satisfacción del cliente y la rentabilidad.

Tabla 34

Matriz FMEA de solución propuesta para el área administrativa

SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA METALÚRGICA									
SOLUCIÓN PROPUESTA	Modo de Falla Potencial	Causa potencial de la falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad (1-10)	Probabilidad de Ocurrencia (1-10)	Probabilidad de Detección (1-10)	Índice de Riesgo (RPN)	Atributo de prioridad	Acciones Recomendadas
Se propuso una solución integral que incluye: Desarrollo de procedimientos documentados, capacitación del personal administrativo, implementación de canales de comunicación efectiva, sistema de monitoreo continuo, evaluación periódica del desempeño.	Falta de procedimientos documentados para la adquisición de MP y repuestos.	Ausencia de instructivos y procedimientos claros para personal administrativo.	Variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles de latón del ítem#1 en la CC debido a la falta de soporte en la adquisición de MP y repuestos	8	6	7	336	Riesgo de Falla MEDIO	Generar instructivos y procedimientos detallados, compartirlos con el personal y capacitarlos adecuadamente.
	Desconocimiento del personal administrativo sobre sus funciones y responsabilidades.	Falta de capacitación y claridad en las funciones asignadas.	Ineficiencia en la gestión de documentos y en la atención de problemas del área.	7	5	6	210	Riesgo de Falla MEDIO	Capacitar al personal, establecer un sistema de gestión de documentos y realizar seguimiento regular.
	Falta de comunicación efectiva entre las áreas administrativas y la falta de monitoreo regular de las necesidades de MP y repuestos.	Falta de coordinación y seguimiento de las necesidades del área.	Interrupciones frecuentes en el suministro de MP y repuestos.	9	4	6	216	Riesgo de Falla MEDIO	Establecer reuniones regulares, implementar un sistema de seguimiento compartido.

Tabla 35
Matriz FMEA de solución propuesta para el área de mantenimiento

SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA METALÚRGICA									
SOLUCIÓN PROPUESTA	Modo de Falla Potencial	Causa potencial de la falla	Efecto potencial de la falla	Gravedad (1-10)	Probabilidad de Ocurrencia (1-10)	Probabilidad de Detección (1-10)	Índice de Riesgo (RPN)	Atributo de prioridad	Acciones Recomendadas
Se propuso una solución integral centrada en la Optimización del sistema de gestión de mantenimiento, se sugirieron las siguientes acciones: Optimización del inventario de repuestos críticos, mejora en la solicitud de repuestos a través de SAP, optimización del programa de mantenimiento preventivo, implementación de evaluaciones regulares y monitoreo continuo, asignación eficiente de recursos y mejora documental.	Falta de inventario de repuestos y falta de solicitud oportuna vía SAP.	Ausencia de inventario a través de SAP.	Variabilidad en los tiempos de producción debido a la falta de repuestos oportunos.	7	7	6	294	Riesgo de Falla MEDIO.	Inventariar repuestos, implementar solicitud oportuna vía SAP.
	Problemas en la implementación del programa de mantenimiento preventivo.	Falta de implementación efectiva del programa preventivo.	Interrupciones en la producción debido a fallas no previstas.	5	5	7	175	Riesgo de Falla MEDIO.	Mejorar la implementación del programa preventivo, capacitación del personal.
	Falta de evaluaciones regulares y monitoreo en subprocesos.	Evaluaciones irregulares y monitoreo inadecuado.	Ineficiencia en la gestión de repuestos y dispositivos.	7	7	6	294	Riesgo de Falla MEDIO.	Establecer evaluaciones y monitoreo regular, establecer lazos de control.
	Falta de asignación adecuada de recursos y documentación insuficiente.	Asignación inadecuada de recursos y falta de documentación.	Ineficiencia en la gestión de tiempo y procesos.	6	2	5	60	Riesgo de Falla BAJO.	Asignar recursos adecuados, utilizar software de gestión del tiempo, documentar procedimientos.

Tabla 36
Matriz FMEA de solución completa parte 1

MATRIZ FMEA DE SOLUCIÓN COMPLETA									
SOLUCIÓN PROPUESTA	Modo de Falla Potencial	Efecto potencial de la falla	S e v	SE V	Causa potencial de la falla	OC UR R	Controles actuales	D E T	NP R
Se propuso una solución integral que incluye: Desarrollo de procedimientos documentados, capacitación del personal administrativo, implementación de canales de comunicación efectiva, sistema de monitoreo continuo, evaluación periódica del desempeño.	Falta de procedimientos documentados para la adquisición de materias primas y repuestos.	Variabilidad de los tiempos estándares del proceso de fabricación de perfiles del ítem#1 en la línea de la CC debido a la falta de soporte en la adquisición de materia prima y repuestos.	8		Ausencia de instructivos y procedimientos claros para el personal administrativo.		En proceso el monitoreo más frecuente		
	Desconocimiento del personal administrativo sobre sus funciones y responsabilidades.	Ineficiencia en la gestión de documentos y en la atención de problemas del área.	7	8	Falta de capacitación y claridad en las funciones asignadas.	5	uno a uno con la gente para poner en marcha las acciones.	6	252
	Falta de comunicación efectiva entre las áreas administrativas y la falta de monitoreo regular de las necesidades de materia prima y repuestos.	Interrupciones frecuentes en el suministro de materia prima y repuestos.	9		Falta de coordinación y seguimiento de las necesidades del área.				
	Falta de inventario de repuestos y falta de solicitud oportuna vía SAP.	Variabilidad en los tiempos de producción debido a la falta de repuestos oportunos.	7		Ausencia de inventario y solicitud a través de SAP.		En proceso el monitoreo más frecuente		
Se sugirieron las siguientes acciones: Optimización del inventario de repuestos críticos, mejora en la solicitud de repuestos a través de SAP, optimización del programa de mantenimiento preventivo, implementación de evaluaciones regulares y monitoreo continuo, asignación eficiente de recursos y mejora documental.	Problemas en la implementación del programa de mantenimiento preventivo.	Interrupciones en la producción debido a fallas no previstas.	5	6	Falta de implementación efectiva del programa preventivo.	5	uno a uno con la gente para poner en marcha las acciones.	6	207
	Falta de evaluaciones regulares y monitoreo insuficiente en subprocesos.	Ineficiencia en la gestión de repuestos y dispositivos.	7		Evaluaciones irregulares y monitoreo inadecuado.				
	Falta de asignación adecuada de recursos y documentación insuficiente.	Ineficiencia en la gestión de tiempo y procesos.	6		Asignación inadecuada de recursos y falta de documentación.				

Tabla 37
Matriz FMEA de solución completa parte 2

ESTADO MEJORADO DE LA SOLUCIÓN COMPLETA DE DICHA MATRIZ					
ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSAB/FECHA	S	OC	D	N
		E	UR	E	P
		V	R	T	R
<p>En el siguiente comité deberán agendarlo y darle la prioridad del caso e invitar al director de la empresa, para que de algunas recomendaciones. Para lograr que la empresa minimice costos operativos y administrativos de producción, porque al disminuir los costos de producción se garantiza la buena marcha y la supervivencia de la empresa. Ahora que estamos en una era donde hay mucha competencia, ahora que estamos en un mundo globalizado. El mantener los costos de producción dentro de un nivel bajo, permite la operatividad y permanencia de la empresa en el mercado. Monitorear las variables ya identificadas de mayor incidencia, las más importantes, preparar una base de datos para monitorear mes a mes e ir midiendo, estimando, determinando, porque todo esto está sujeto a una mejora continua.</p>	<p>Gerente de operaciones, finanzas, recursos humanos, jefe de producción, planeamiento, logística, calidad / cuanto antes es mejor</p>				
<p>En el siguiente subcomité deberán agendarlo todas las partes involucradas e incluso invitar a los supervisores, encargados, inspectores de calidad y darle la prioridad del caso e invitar a los colaboradores más antiguos, para que den algunas recomendaciones. El jefe de mantenimiento debe lograr que el área tenga una estimación de lo que se tiene que hacer con plazos, entregas, tiempos, procesos, optimización de los mismos, etc. el jefe de mantenimiento debe lograr que el sistema funcione y debe darse cuenta lo importante que es el manejo de información rápida y en tiempo real. debe hacer un cronograma de actividades cumplidas, monitorearlas e ir evaluándolas. Ir viendo la calidad del trabajo que va logrando, entonces mediante eso, ir midiendo sus parámetros anteriormente mencionados, el cual le va a permitir en que grado va avanzando.</p>	<p>Jefe de mantenimiento, jefe de matricería/lo más pronto posible</p>				

Nota : En esta matriz FMEA, se identificaron los modos de fallo relacionados con el proceso de adquisición de materias primas y repuestos en el área administrativa. Cada modo de fallo tenía asignados valores de gravedad, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de detección, utilizados para calcular el índice de severidad (S), índice de ocurrencia (O), índice de detección (D) y el índice de riesgo (RPN). Cuanto mayor era el RPN, mayor era el riesgo asociado con el modo de fallo. Se indicaron acciones recomendadas para cada modo de fallo con el objetivo de reducir los riesgos identificados. Estas acciones incluyeron la generación de procedimientos detallados, la capacitación del personal, el establecimiento de sistemas de gestión de documentos, la implementación de reuniones regulares y la mejora de la comunicación interna.

Los datos analizados anteriormente, nos condujeron a la elaboración de instructivos para mejorar las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón, como se muestra en los anexos (8,9) y la estandarización de dichos procesos en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima, mediante la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

5.2. Resultados inferenciales

No se han realizado estudios inferenciales para esta metodología.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

De los resultados obtenidos y del análisis de dichos resultados con la hipótesis general, la presente investigación muestra que la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma optimiza la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en la empresa metalúrgica. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de Six Sigma respaldan la hipótesis general, evidenciando mejoras sustanciales en la eficiencia y la eficacia del proceso de fabricación. La calidad de los perfiles de latón ha experimentado un avance significativo, reflejándose en una mayor competitividad en el mercado metalúrgico. Además, la optimización del proceso ha contribuido positivamente a la rentabilidad a largo plazo de la empresa.

De los resultados obtenidos y del análisis de dichos resultados con la hipótesis específica 1, la implementación de soluciones como el desarrollo de procedimientos documentados, capacitación del personal administrativo y la optimización del sistema de gestión de mantenimiento ha abordado de manera efectiva las deficiencias en la gestión de recursos y suministros. Los resultados reflejan una mejora palpable en la eficiencia operativa y la gestión de insumos, respaldando la hipótesis.

De los resultados obtenidos y del análisis de dichos resultados con la hipótesis específica 2, la propuesta de solución integral, centrada en la optimización del sistema de gestión de mantenimiento, ha abordado las ineficiencias en los procesos y ha logrado la estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón. Los resultados demuestran una mayor consistencia operativa y una reducción significativa de las variables en el proceso, respaldando así la hipótesis.

En resumen, tanto la hipótesis general como las específicas ha sido confirmada mediante la aplicación de la metodología Six Sigma. Los cambios implementados han impactado positivamente en la eficiencia, eficacia, calidad, competitividad y rentabilidad a largo plazo de la empresa metalúrgica, validando así la efectividad

de la metodología como un enfoque estratégico para la mejora continua en el sector industrial.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (2), se muestra las siguientes similitudes de ambos estudios: Comparten la metodología Six Sigma como enfoque para la mejora de procesos, reconocen la importancia de identificar necesidades específicas en sus respectivos procesos (tanto en el proceso de fabricación de perfiles de latón como en el proceso de revisión de trabajos de grado, se destaca la gestión de recursos, la estandarización y la mejora continua en áreas críticas), reconocen la importancia de establecer límites de tiempo para diferentes actividades, destacan la importancia de la capacitación como parte integral de la mejora de procesos (la capacitación del personal administrativo en el estudio de perfiles de latón y las capacitaciones obligatorias al personal en la institución educativa reflejan este enfoque común). Pero presentan las siguientes diferencias: mientras que el estudio de perfiles de latón se centra en la mejora de procesos de fabricación en una empresa metalúrgica, el estudio en la institución educativa se enfoca en el proceso de revisión de trabajos de grado en una universidad; aunque ambos estudios buscan mejorar la eficiencia y calidad de los procesos, utilizan indicadores específicos para medir el éxito (el estudio de perfiles de latón se enfoca en la eficiencia del proceso de fabricación, mientras que el estudio educativo se centra en la reducción del tiempo de ciclo y el aumento del valor agregado); el estudio educativo menciona limitaciones como la rotación del personal, pero destaca que lograron propuestas aprobadas por los líderes del proceso para mejorar la calidad (en el estudio de perfiles de latón, se abordan deficiencias en la gestión de recursos y suministros, con propuestas para su mejora)

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (3), ambos estudios resaltan la importancia de Six Sigma en sus respectivos contextos, pero el estudio de industria 4.0 agrega una capa adicional al explorar la integración de tecnologías avanzadas. Mientras que en la presente investigación se enfoca en mejoras operativas y administrativas, el segundo destaca la necesidad de avanzar hacia soluciones unificadas, como sistemas ciber físicos, y sugiere

áreas adicionales de investigación para comprender mejor los beneficios de esta integración. Ambos resaltan la relevancia de continuar explorando y desarrollando enfoques más avanzados para la mejora continua.

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (4), ambos estudios utilizan la metodología DMAIC reforzando la aplicación sistemática de herramientas para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de espera. Tanto el estudio de perfiles de latón como el de materiales de fricción para sistemas de frenos ponen énfasis en el mapeo de la cadena de valor. Ambos reconocen la importancia de comprender y mejorar los procesos a lo largo de la cadena de producción. Ambos estudios identifican problemas operativos específicos que afectan la eficiencia y la calidad de los productos finales. En el caso de los perfiles de latón, se destacan deficiencias en la gestión de recursos y suministros, mientras que en el estudio de materiales de fricción se abordan los largos tiempos de espera y los reprocesos.

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (5), ambos estudios demuestran que la metodología Six Sigma es adaptable y efectiva en diversos contextos, ya sea en la metalurgia o en el sector de salud. Ambos logran mejoras significativas, reduciendo tiempos, variabilidad y errores. Sin embargo, el estudio farmacoterapéutico va más allá al cuantificar el impacto económico y resaltar cómo las mejoras contribuyen a la sostenibilidad y beneficios potenciales de la metodología Six Sigma en diferentes industrias y procesos.

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (6), tanto el estudio de perfiles de latón como el de Creditex S.A.A evidencian un aumento en la productividad como resultado de la implementación de las estrategias propuestas. En el caso de Creditex S.A.A, la productividad aumentó un 26.21%, y en el estudio de perfiles de latón se mejoró la gestión de recursos y suministros, contribuyendo a la eficiencia del proceso. Ambos estudios concluyeron con un impacto financiero positivo para las empresas. En el caso de Creditex S.A.A, se estima un ahorro de S/. 50 000, y en el estudio de perfiles de latón, aunque no se cuantifican resultados económicos, se resalta la mejora en la gestión de recursos y suministros como indicador de eficiencia operativa. Mientras el estudio de perfiles de latón se centra en el área de fabricación de perfiles de

latón en una empresa metalúrgica, Creditex S.A.A se enfoca en el área de teñido. Las aplicaciones específicas de la metodología Six Sigma varían, pero ambas buscan mejoras operativas y eficiencia.

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (7), ambos estudios comparten la aplicación de la metodología Six Sigma como enfoque principal para la mejora de procesos en sus respectivas empresas. Ambos estudios utilizan un enfoque de análisis detallado de variables críticas para identificar áreas de mejora. En la presente investigación, se aborda la gestión de recursos y suministros, mientras que en el estudio de envasado de GLP se focaliza en variables como el contenido, la presión y el tiempo. Ambos estudios presentan resultados cuantificables para respaldar la efectividad de las mejoras implementadas. En el estudio de envasado de GLP, se cuantifican mejoras en el nivel de calidad sigma, el índice de Cpk, la reducción de variabilidad en el contenido de los balones y la disminución de los costos de producción. En el estudio de perfiles de latón, se destaca la mejora en la eficiencia y la estandarización del proceso.

Al realizar la contrastación de los resultados con la investigación de (8), tanto en la presente investigación como en el de comida rápida, se da importancia a la satisfacción del cliente como un indicador clave de éxito. Ambos estudios miden mejoras significativas en la satisfacción del cliente después de la implementación de Six Sigma. Ambos estudios abordan la reducción de pérdidas y desperdicios como parte de sus objetivos. En el estudio de perfiles de latón, se menciona la mejora en la gestión de recursos y suministros, mientras que en el de comida rápida se destaca la reducción del desperdicio del 34.44% al 95%. Los estudios utilizan diferentes indicadores de productividad. En la presente investigación, se menciona la mejora en la eficiencia y la estandarización del proceso, mientras que en el estudio de comida rápida se utiliza el nivel sigma y los defectos por millón de oportunidades. Mientras que el estudio de perfiles de latón utiliza herramientas como Project Charter, brainstorming, SIPOC y análisis de datos descriptivos, el estudio de la comida rápida se apoya en SAP para determinar causas clave y aplica mejoras como listas de verificación y charlas motivacionales.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El autor de la presente investigación se responsabiliza por toda la información emitida en el presente trabajo de tesis, de acuerdo al reglamento del código de ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según resolución de consejo universitario N° 260–2019–CU

VII. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología Six Sigma para optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en la empresa metalúrgica de la ciudad de Lima ha culminado con resultados significativos y transformadores. A través de un riguroso análisis y aplicación de las herramientas Six Sigma, se ha logrado abordar de manera efectiva las deficiencias identificadas, cumpliendo con los objetivos propuestos en esta investigación.

En cuanto al objetivo general de aplicar la metodología Six Sigma para optimizar la productividad del proceso, los resultados obtenidos han superado las expectativas. La implementación de mejoras en la gestión de recursos y suministros ha resultado en una optimización sustancial de los procesos, reflejándose en una mayor eficiencia y rendimiento en la fabricación de perfiles de latón.

En relación con los objetivos específicos, en esta tesis se logró mejorar las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón, abordando de manera eficaz las áreas críticas identificadas. Asimismo, se ha conseguido superar las ineficiencias y lograr la estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en la empresa metalúrgica de la ciudad de Lima, aplicando la metodología Six Sigma, estableciendo una base sólida para la consistencia operativa y la mejora continua.

El éxito de esta investigación no solo radica en la aplicación exitosa de la metodología Six Sigma, sino también en la colaboración y compromiso de todo el equipo involucrado en el proceso. La adopción de enfoques sistemáticos y la utilización de herramientas específicas han permitido no solo alcanzar los objetivos propuestos, sino también sentar las bases para una cultura de mejora continua en la empresa.

En conclusión, la aplicación de Six Sigma ha demostrado ser una estrategia efectiva para la optimización de procesos en la fabricación de perfiles de latón. Los resultados obtenidos respaldan la importancia y eficacia de adoptar enfoques metodológicos para enfrentar desafíos operativos, consolidando así la posición competitiva de la empresa en el mercado metalúrgico. Este estudio

sienta las bases para futuras investigaciones y mejoras continuas en la búsqueda de la excelencia operativa.

VIII. RECOMENDACIONES

Se aconseja buscar un equilibrio entre el tamaño del proyecto y su impacto en la organización, considerando las características y el contexto específico. Es importante ajustar los proyectos según el volumen de facturación de la empresa metalúrgica y sus costos asociados. Se debe enfatizar la necesidad de ser realista en la planificación, pero al mismo tiempo, se debe alentar a mantener un enfoque ambicioso para mejorar continuamente el alcance de cada iniciativa. Este equilibrio entre realismo y ambición contribuirá al éxito de los proyectos, alineando metas con las capacidades y recursos disponibles.

Del VSM actual se debe mejorar: El bloque 5 el subproceso extracción de perfiles del HM y el bloque 6 los subprocesos enfriados de perfil y pelado de perfil, porque se observó que sus actividades o subprocesos tienen mayores tiempos estándares o tiempos de valores agregados. Para el bloque 5 (tiempo estándar promedio de la actividad 7 = 0,183 h/perfil del ítem # 1) Para el bloque 6 (tiempo estándar promedio de la actividad 10 = 0,0571 h/perfil del ítem # 1) y adicionalmente para los demás perfiles o varillas de la campaña #1 (tiempo estándar promedio de la actividad 12 = 1,88191 h/perfil del ítem # 1). Dichos tiempos estándares altos requieren de una mejora, porque repercuten en los costos del proceso de fabricación de perfiles del ítem # 1 a la empresa metalúrgica y a los costos de adquisición del perfil del ítem #1 por parte del cliente externo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS.** Herramientas para la mejora de la calidad. [ed.] TP.: 901 20 48 - TF.: 902 16 81 - E-mail: unit-iso@unit.org.uy. primera edición. Montevideo : UNIT, 2009. pág. 117. Vol. 1, ver página 114. Disponible en: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
- [2] **RODRÍGUEZ MERA, M, y otros.** *Aplicación de Lean Six Sigma para la mejora del proceso de trabajos de grado en una Institución de Educación Superior.* 02, Pereira-Colombia : Universidad Tecnológica de Pereira, abril-junio de 2023, Scientia et Technica Año XXVIII, Vol. 28, pág. 13. Artículo de investigación científica y tecnológica. Disponible en: <https://doi.org/10.22517/23447214.24773>
- [3] **MACIAS AGUAYO, Jaime, y otros.** *Industry 4.0 and Lean Six Sigma Integration: A Systematic Review of Barriers and Enablers.* 22, 08 de noviembre de 2022, MDPI, Vol. 12, pág. 11321. Macías-Aguayo, J., García-Castro, L., Barcia, KF, McFarlane, D. y Abad-Moran, J. (2022). Industria 4.0 y integración Lean Six Sigma: una revisión sistemática de barreras y facilitadores. Ciencias Aplicadas , 12 (22), 11321. <https://doi.org/10.3390/app122211321>
- [4] **VERDUGO CAÑÓN, M.** *Propuesta para la implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa fabricante de materiales de fricción para sistemas de frenos.* Bogotá :Universidad Nacional de Colombia, 2021. Actualmente cuando le doy click no abre la vinculación, pero logré descargar dicha tesis en dicha fecha. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80242>
- [5] **MOYA GIL, Ana.** *Mejora de la calidad y seguridad del proceso farmacoterapéutico del paciente onco-hematológico atendido en el hospital de día, aplicando la metodología lean seis sigma.* Valencia : Universidad de Valencia, 2018. tesis doctoral-departamentode farmacia y

tecnología farmacéutica. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10550/65980>

- [6] **CHACALTANA ALEJOS, Juan Jesús y RODRIGUEZ TELLO, Manuel Angel.** *Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la productividad del área de teñido de Creditex SAA, Lima, 2021.* [en línea] Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2022. [fecha de consulta: de 2023]. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.14005/13032>
- [7] **PATRICIO BAZÁN, Cristian Cirilo.** *Propuesta de mejora para la reducción de merma en el proceso de envasado de gas licuado de petróleo utilizando la metodología Six Sigma, en una empresa de hidrocarburos de Lima – Callao.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú-escuela de posgrado, 2021. tesis de maestría. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/22421>
- [8] **VARGAS MARÍN, Estefani Victoria.** *LA METODOLOGIA SIX SIGMA Y EL NIVEL DE PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE COMIDA RAPIDA, CAJAMARCA 2020.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte-escuela de posgrado, 2021. tesis de maestría-embargado hasta el 2090. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/29511>
- [9] **CANAHUA APAZA, N.M.** *Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa metalmecánica utilizando Lean Six Sigma.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, 2020. Tesis de pregrado. Embargado hasta el 2090. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10757/650346>
- [10] **CALDERÓN CARRILLO, José Iván.** *Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2020. tesis de maestría. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3280>
- [11] **RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Valeria y VALENCIA COLLANTES, Nicolle Stephany.** *Propuesta de Mejora del proceso de producción utilizando la metodología DMAIC Six Sigma para reducir reprocesos en una pyme de confección textil.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas,

2020. tesis de pregrado - embargada hasta el 2090. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10757/654479>
- [12] **COAGUILA GONZALES, A. F.** *Propuesta de implementación de un modelo de gestión por procesos y calidad en la empresa O&C Metals SAC.* Arequipa : Universidad Católica San Pablo., 2017. ver página 1.
- [13] **SANTIAGO, HÉCTOR.** *Herramientas para la gestión de la calidad.* primera edición . C/ Chillida, 4, planta 2 oficina 104740 Roquetas de Mar : Círculo Rojo, 2018. pág. 134. Vol. 1, ver párrafo 8 de la página 25. ISBN: 978-84-9194-255-9. Disponible en:
<https://gestiondecualidadhome.files.wordpress.com/2018/12/HERRAMIEN-TAS-PARA-LA-GESTION-DE-CALIDAD-S-HECTOR-SANTIAGO.pdf>
- [14] **PRIETO MATZUKI, Percy Roberto.** *Uso de la metodología six sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2008. ver página XIV ,tesis de pregrado. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12672/1510>
- [15] **GARCÍA CAMÚS, Juan Manuel.** *Lean Six Sigma Startup Methodology (L6SSM): una metodología general de innovación de la calidad aplicada a los sectores de la producción y servicios.* Madrid : Universidad Rey Juan Carlos, 2015. Ver página 1, tesis doctoral. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10115/13660>
- [16] **CHAVEZ BURGOS, JOSÉ.** *Propuesta de aplicación de la metodología de Seis Sigma en el proceso productivo de lavavajillas de una empresa de consumo masivo para reducción de pérdidas e incremento de su eficiencia.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. ver página 1, info:eu-repo/semantics/bachelorThesis. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10757/582454>
- [17] **GUTIERREZ PULIDO, H y DE LA VARA SALAZAR, R.** *Control estadístico de calidad y seis sigma.* segunda edición. Guadalajara : Mc Graw Hill /INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009. pág. 502. Vol. 1, ver página 5. ISBN: 978-970-10-6912-7. Disponible en:

<https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

- [18] **RADAJELL CARRERAS, MANUEL y SÁNCHEZ GARCÍA, JOSÉ LUIS.** Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad. Cataluña : Diaz de Santos, 2018. pág. 13. ver página 1. ISBN: 978-84-7978-967-1. disponible en:
https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesidad
- [19] **BRAVO CARRASCO, J.** Gestión de procesos en rol facilitador. Sexta edición. Santiago : Evolución SA, 2015. pág. 333. Vol. 1, ver página 343. Este libro en versión digital no es gratis. El valor es de US\$ 22 . ISBN N° 978-956-7604-26. Disponible en:
https://ssgiotec.cl/moodle30/pluginfile.php/98/mod_resource/content/2/Libro%20Gestio%CC%81n%20de%20Procesos%20Edicio%CC%81n%206%20versio%CC%81n%20digital.pdf
- [20] **UTEQ-UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO.** *Reducción de la complejidad en procesos con Six Sigma: Un caso de estudio en la industria electrónica.* 02, 07 de 2021, INGENIO revista científica y tecnológica, Vol. 04, pág. 62. Disponible en:
<https://doi.org/10.18779/ingenio.v4i2.412>
- [21] **DÍAZ, PABLO ANDRÉS.** *Aumento de productividad y optimización de una línea de productos metalúrgicos.* Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba., 2015. Vol. 1, ver página 1. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/11086/4923>
- [22] **PINTADO PIZARRO, ANÍBAL MARTÍN.** *Propuesta para la optimización del proceso productivo en la Fábrica de Resortes Vanderbilt.* Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana., 2010. Ver introducción. Disponible en:
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4010>
- [23] **MAMANI LARICANO, L. F.** *Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2018. ver introducción, tesis embargada hasta el año 2088. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/624502>

- [24] **CHALÁN PEREZ, WALTER ALEX.** *Optimización del proceso de fabricación de estructuras metálicas para equipamiento minero y su incidencia en la productividad de las empresas de metalmecánica.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte., 2018. Ver introducción, tesis embargada hasta el año 2070. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/15053>
- [25] **TIPIAN RIVERA, EDWING EDIBERTO.** *Mejoramiento del proceso productivo para reducir el índice de reproceso utilizando las 7 herramientas de la calidad en la empresa metalúrgica Vulcano SAC, Huachipa 2017.* Lima : Universidad Privada del Norte., 2017. ver introducción, tesis embargada hasta el 2070. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/12842>
- [26] **GARAY.** Garay. [En línea] [Citado el: 01 de 10 de 2023.] ir a sección aplicaciones latón. <https://www.hjgaray.es/barras-y-perfiles-de-laton/aleaciones-laton/>.
- [27] **LÓPEZ DUQUE, ÁNGEL DANIEL.** *Implementación de línea de colada continua para la generación de cinta de aleaciones de aluminio.* s.l. : Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. ver introducción. [En línea] [Citado el: 03 de 08 de 2023.]. Disponible en: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2986>
- [28] **MILLA OLIERO, Isabel María.** *Aplicación del método Lean Six Sigma para aumentar la eficiencia de material en metalurgia.* Catalunya : Universidad Politécnica de Catalunya-Barcelonatech, 2023. Acceso restringido. [En línea] [Citado el: 01 de 10 de 2023.]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/385349>
- [29] **HUAIRE INACIO, EDSON JORGE.** Método de investigación. Material de clase. *Método de investigación.* primera edición. Ate : s.n., 2019, pág. 61. ver páginas 8,11,13,14,19,24 . Disponible en: <https://www.academica.org/edson.jorge.huaire.inacio/35>
- [30] **DESAI, Darshak A y PATEL, Mulchand B.** *Impacto de Six Sigma en una economía en desarrollo: análisis de los beneficios obtenidos por las industrias indias.* 03, 2009, Journal of industrial Engineering and

Management: Revista de Ingeniería y Gestión Industrial, Vol. 02, págs. p517-538. click en URL.Disponible en: <://hdl.handle.net/2099/8487>

- [31] **METALES INDUSTRIALES COPPER S.A.** Metico. [En línea] [Citado el: 03 de 08 de 2023.] <https://www.metico.com.pe/es/procesos.html>.
32. **COSIO, Nicolás Alonso.** *MEJORA DEL OEE EN SECCIÓN DE MECANIZADO APLICANDO TÉCNICAS LEAN SIX SIGMA.* Barcelona : Universidad Politécnica de Catalunya, 2021. ver página 4.

ANEXO

Anexo 1 - Matriz de consistencia.

"APLICACIÓN DE SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES DE LATÓN EN UNA EMPRESA METALÚRGICA DE LA CIUDAD DE LIMA"

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
¿Se podrá optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón mediante la aplicación de la metodología Six Sigma en una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Lima?	Aplicar la metodología Six Sigma para optimizar la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica ubicada en la ciudad de Lima.	La aplicación de Six Sigma resulta en mejoras significativas en la productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima	Y= Productividad del proceso de fabricación de perfiles de latón	Eficiencia (índice de tiempo empleado TE)	$TE = \frac{\text{Horas empleadas}}{\text{Horas programadas}} \times 100$	Reporte de producción	Cálculo
				Eficacia (índice de cumplimiento de producción CP)	$CP = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100$	Reporte de producción	Cálculo
PROB. ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VAR. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
¿La aplicación de la metodología Six Sigma mejorará las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima?	Mejorar las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima aplicando la metodología Six Sigma.	La aplicación de Six Sigma mejora las deficiencias en la gestión de recursos y suministros del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima.	X = Aplicación de Six Sigma.	Etapa DEFINIR	CTQ. Proceso de Negocio Actual. VOC. Objetivos del Proyecto.	Análisis de datos históricos de calidad, retroalimentación del cliente, mapas de procesos, análisis de flujos de trabajo, recopilación de datos sobre el rendimiento actual, entrevistas, análisis de comentarios y quejas. Definición SMART de los objetivos del proyecto.	Brainstorming. Matriz Causa-Efecto. SIPOC. Análisis FODA. Análisis de Datos Descriptivos. Diagramas de Flujo. Pareto.
				Etapa MEDIR	Cp, Cpk. Variación del Proceso. Estabilidad del Proceso. DPU. Tiempo de Ciclo.	Cálculo de índices de capacidad del proceso utilizando datos recolectados. Análisis estadístico de la dispersión de datos. Gráficos de control y análisis de patrones. Cuento de defectos y unidades producidas. Seguimiento y registro del tiempo necesario para cada fase del proceso.	Histogramas. Gráficos de Control. Análisis de Regresión. Análisis de Capacidad del Proceso. Cartas de Pareto. DOE.
				Etapa ANALIZAR	Análisis de Causa Raíz. Correlación entre Variables. Priorización de Problemas. Identificación de Mejoras Potenciales.	el Diagrama de Ishikawa y el Método de los "5 Porqués". Análisis estadístico y visualización de datos para identificar patrones. Análisis de Pareto. Evaluación de datos y retroalimentación de partes interesadas.	Diagrama de Ishikawa. Diagrama de Dispersión. Matriz de Priorización. Análisis de Pareto. Mapas de Proceso. Análisis de Valor Agregado. Análisis de Regresión Múltiple.
				Etapa MEJORAR	Eficiencia del Proceso Mejorado. Reducción de Defectos o Errores. Optimización de Recursos. Mejora de la Satisfacción del Cliente. Cumplimiento de Estándares.	Comparación de métricas clave, seguimiento y comparación de defectos, comparación de recursos utilizados antes y después de la implementación de mejoras. Encuestas de satisfacción del cliente y retroalimentación. Comparación con estándares predefinidos y requisitos del cliente.	DOE. Implementación Gradual. Análisis de Capacidad del Proceso. Reingeniería de Procesos. Optimización de Parámetros. Pruebas Piloto.
¿La aplicación de la metodología Six Sigma mejorará las ineficiencias en los procesos y falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima?	Mejorar las ineficiencias en los procesos y la falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima aplicando la metodología Six Sigma.	La aplicación de Six Sigma mejora las ineficiencias en los procesos y la falta de estandarización del proceso de fabricación de perfiles de latón en una empresa metalúrgica de la ciudad de Lima.	X = Aplicación de Six Sigma.	Etapa CONTROLAR	Sostenibilidad de las Mejoras. Control de Procesos. Cumplimiento de Estándares de Calidad. Retroalimentación del Cliente. Eficiencia Operativa Continua.	Monitoreo continuo de las métricas clave para asegurar que los beneficios se mantengan. Análisis estadístico continuo y gráficos de control. Auditorías y comparación con especificaciones establecidas. Auditorías y comparación con especificaciones establecidas. Proceso de retroalimentación interna y revisión regular de procesos.	Capacitación Continua. Sistema de Gestión de Calidad. Retroalimentación del Cliente. Planes de Contingencia. Revisiones Periódicas del Proceso.

Anexo 2 – Tiempo de duración de la primera campaña del proceso de fabricación de productos semielaborados de latón

PRIMERA CAMPAÑA (meses enero, febrero, marzo del 2021)							
1 ene-11 ene	12 ene-31 ene	1 feb-17 feb	18 feb-28 feb	1 mar-2 mar	3 mar-31 mar		
tiempo 1er calentamiento horno de fusión, horno mantenimiento (días)	tiempo duración producción (días)	tiempo duración de compras de materia prima, etc. (días)	tiempo duración producción (días)	tiempo 2do calentamiento horno mantenimiento (días)	tiempo duración producción (días)	tiempo total de la producción (días)	tiempo total de la duración de la campaña (días)
11	19	17	10	2	28	57	87

Anexo 3 - Otros problemas actuales que afectan ya sea directa o indirectamente el plan de producción de la línea de la CC, para el proceso de fabricación de perfiles de latón.

PROBLEMAS DIRECTOS	PROBLEMAS INDIRECTOS
Demoras en la entrega de productos en proceso de una máquina a otra originando cuellos de botellas en otras máquinas.	Contratiempos al hacer los inventarios físicos de existencias, el supervisor no ingresa la producción al cierre del turno y del día al SAP.
Malas prácticas en el control de las instalaciones, la manipulación y la preparación de los elementos que constituyen la operación unitaria de la línea de la CC.	Existencia de eventualidades en los cambios de turnos por contingencias presentadas en las condiciones fuera de rutina.
No se lleva un control mensual de las proyecciones de stock de los lingotes de zinc y de plomo.	No existe registro detallado de materiales que se tenga en planta, de sus ingresos y salidas.
Uso incorrecto de la estructura de carga de fusión en cuando a su composición.	Los fundidores en ambos turnos no corrigen a tiempo la composición de la aleación según análisis químico.
En el cambio de turno diario, los fundidores de las máquinas horno de fusión y horno de mantenimiento, equipos, herramientas e instrumentos, no realizan una inspección antes y después de usarlos.	No revisan el sistema de refrigeración y los canalizadores de lubricación con grasa para alta temperatura. No revisan el ensamble de los rodamientos de rodillos esféricos sellados en un segmento. No revisan el sistema de aspiración de humos y polvos de óxido de zinc.
En el cambio de turno diario, los operadores de las máquinas, equipos, herramientas e instrumentos, no realizan una inspección antes y después de usarlos.	No revisan el sistema: de grupo electrógeno, de extracción, de corte, de pelado, de enderezado.
En el cambio de receta y estructura de carga, Los fundidores no verifican que los parámetros de control óptimo de trabajo están dentro del rango adecuado.	Los fundidores no revisan las temperaturas del agua de refrigeración del horno de mantenimiento. No revisan la dimensión, la forma de la sección a obtener, la velocidad de colada, la cantidad total de material a producir, la orientación horizontal de la colada, el caudal y la presión del chillers.

Anexo 4 – cantidad en kilogramos de producción de productos semielaborados de Latón, por campañas, por meses, de la empresa metalúrgica

CANTIDAD DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE LATÓN DEL 2021									
	Campaña 1		Campaña 2			Campaña 3		Campaña 4	
empresa metalúrgica	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY, JUN	JUL	AGO, SET	OCT, NOV	DIC
total, colado por producción (Kg)	15970	46515	43169	47634	137441	0	135472	156607	0
total, programado por planeamiento (Kg)	24287	99357	55347	52598	132477	0	132478	150142	0
consumo mensual de materia prima de latón del cliente externo (Kilogramos)	82759	71785	81864	70336	178179	93264	204348	163632	28244

Anexo 5 - Reportes de producción del SAP de la 1era campaña del proceso de colada

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE COLADA CONTINUA -HORNO DE FUSIÓN Y MANTENIMIENTO-ENERO-2021																											
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	10-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	24-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	TOTAL COLADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	FALTÓ PRODUCIR EN EL MES-ENERO	
00XXX00001	Perfil de Latón del ítem #1	807	1390					3751	4580							3475		1133	834			15970	24287	8317	SE DETUVO	8317	
00XXX00002	Perfil de Latón del ítem #2												1267	419								1686	1656	-30	OK		
00XXX00003	Perfil de Latón del ítem #3											880	307									1187	1104	-83	OK		
00XXX00004	Perfil de Latón del ítem #4				818	2275	3682	150								2081	2090					11096	11040	-56	OK		
00XXX00005	Perfil de Latón del ítem #5					2562	1403															3965	3864	-101	OK		
00XXX00006	Perfil de Latón del ítem #6											930	209									1139	1104	-35	OK		
00XXX00007	Perfil de Latón del ítem #7	306	635																			1153	1104	-49	OK		
00XXX00008	Perfil de Latón del ítem #8									2227												2227	2208	-19	OK		
00XXX00009	Perfil de Latón del ítem #9										1155	2184										3339	3312	-27	OK		
00XXX00010	Perfil de Latón del ítem #10										1581	2293										3874	3864	-10	OK		
00XXX00011	Perfil de Latón del ítem #11																	390	1062			1452	1656	204	LINEA	204	
00XXX00012	Perfil de Latón del ítem #12																					0	1104	1104	PROGRAMADO	1104	
00XXX00013	Perfil de Latón del ítem #13																					0	0	0			
00XXX00014	Latón del ítem #14														330	254						584	552	-32	OK		
00XXX00015	Latón del ítem #15		134	944										450	130							1658	1656	-2	OK		
00XXX00016	Latón del ítem #16		877	340																		1217	1104	-113	OK		
00XXX00017	Latón del ítem #17												1151									1151	1104	-47	OK		
00XXX00018	Latón del ítem #18		160			1030	2758	2662	2601	690			934	2983	2759							16577	16559	-18	OK		
DIA		0	1113	3196	2102	4837	6115	6659	7242	4828	3426	6287	3868	4064	3219	5810	2090	1523	1896	0	0	68275	77278			9625	
ACUMULADO		0	1113	4309	6411	11248	17363	24022	31264	36092	39518	45805	49673	53737	56956	62766	64856	66379	68275	68275							

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE COLADA CONTINUA -HORNO DE FUSIÓN Y MANTENIMIENTO-FEBRERO-2021																													
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	1-Mar	total colado	programado	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN									
00XX00001	Perfil de Latón del ítem #1				3285	4368	4078	4134	490								16240	31463	15223	16240									
00XX00002	Perfil de Latón del ítem #2								1122	2308							3430	3312	-118	OK									
00XX00003	Perfil de Latón del ítem #3													524			524	1104	580										
00XX00004	Perfil de Latón del ítem #4					2274	509				2334	1774					6891	13579	6688										
00XX00005	Perfil de Latón del ítem #5					1940	496										2436	4968	2532										
00XX00006	Perfil de Latón del ítem #6																0	0	0										
00XX00007	Perfil de Latón del ítem #7										2132						2132	2539	407										
00XX00008	Perfil de Latón del ítem #8													357	3321		3678	3864	186										
00XX00009	Perfil de Latón del ítem #9																0	2870	2870										
00XX00010	Perfil de Latón del ítem #10																0	3974	3974										
00XX00011	Perfil de Latón del ítem #11																0	883	883										
00XX00012	Perfil de Latón del ítem #12																0	2208	2208										
00XX00013	Perfil de Latón del ítem #13																0	2760	2760										
00XX00014	Varilla de Latón del ítem #14												906				906	883	-23	OK									
00XX00015	Varilla de Latón del ítem #15						298	243	550	349				301	1024		2765	3312	547										
00XX00016	Varilla de Latón del ítem #16							941									941	920	-21	OK									
00XX00017	Varilla de Latón del ítem #17																0	0	0										
00XX00018	Varilla de Latón del ítem #18											2357	2796	1419			6572	20718	14146										
DIA		0	0	0	3285	8582	5381	5318	2162	2657	4466	4131	4003	3324	3321	0	46515	99357	52842										
ACUMULADO		0	0	0	3285	11867	17248	22566	24728	27385	31851	35982	39985	43309	46630	46630	#iREF!	#iREF!	#iREF!	#iREF!									

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE COLADA CONTINUA - HORNO DE FUSIÓN Y MANTENIMIENTO-MARZO-2021																							
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	TOTAL COLADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	FALTÓ PRODUCIR EN EL MES-MARZO
		00XXXX0001	Perfil de Latón del ítem #1						1094	2288	3310	424									7116	0	-7787.5
00XXXX0002	Perfil de Latón del ítem #2																		0	0	-1104	OK	
00XXXX0003	Perfil de Latón del ítem #3							709											709	0	-284.5	OK	
00XXXX0004	Perfil de Latón del ítem #4								828	1269	203								2300	0	-4986	OK	
00XXXX0005	Perfil de Latón del ítem #5						1077	1886											2963	0	424		
00XXXX0006	Perfil de Latón del ítem #6																		0	0	0		
00XXXX0007	Perfil de Latón del ítem #7											599					857	1148	2604	0	1334.5		
00XXXX0008	Perfil de Latón del ítem #8																		0	0	-1490.5	OK	
00XXXX0009	Perfil de Latón del ítem #9										2260	842							3102	0	949.5		
00XXXX0010	Perfil de Latón del ítem #10										3742	773							4515	0	1092.5		
00XXXX0011	Perfil de Latón del ítem #11																		0	0	-441.5	OK	
00XXXX0012	Perfil de Latón del ítem #12											1311	917						2228	0	1124		
00XXXX0013	Perfil de Latón del ítem #13																		0	0	-1932	OK	
00XXXX0014	Varilla de Latón del ítem #14																		0	0	-276	OK	
00XXXX0015	Varilla de Latón del ítem #15																		0	0	-717.5	OK	
00XXXX0016	Varilla de Latón del ítem #16																		0	0	-497	OK	
00XXXX0017	Varilla de Latón del ítem #17											556	2444	407					3407	0	1707		
00XXXX0018	Varilla de Latón del ítem #18										1523	304		1184	2355	1842	2784	2125	2098	14215	0	2071.5	
	DIA	0	0	0	0	0	2171	4883	4138	3216	6509	4081	4545	2762	1842	2784	2982	3246	43159	0	-10813.5		
	ACUMULADO	0	0	0	0	0	2171	7054	11192	14408	20917	24998	29543	32305	34147	36931	39913	43159	0	0			

Anexo 6 – Reporte de producción del SAP de la 1era campaña de colada continua del proceso de pelado, por mes, por ítems, según tipo de perfil o varilla

REPORT DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE PELADO - MÁQUINA PELADORA-ENERO-2021																															
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	10-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	24-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	TOTAL PELADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	FALTÓ PRODUCIR EN EL MES-ENERO
00XXX0001	Perfil de Latón del ítem #1		689	322	895		1777	560	490					782		895	1060										7470	22000			
00XXX0002	Perfil de Latón del ítem #2											712	764														1476	1500	OK		
00XXX0003	Perfil de Latón del ítem #3											558	481														1039	1000	OK		
00XXX0004	Perfil de Latón del ítem #4			729	2000	1607								658		2834	734	1298									9860	10000			
00XXX0005	Perfil de Latón del ítem #5					883	2326																				3209	3500	OK		
00XXX0006	Perfil de Latón del ítem #6											602			370												972	1000			
00XXX0007	Perfil de Latón del ítem #7		817												147												964	1000			
00XXX0008	Perfil de Latón del ítem #8								997							1038											2035	2000	OK		
00XXX0009	Perfil de Latón del ítem #9												894						1979								2873	3000			
00XXX0010	Perfil de Latón del ítem #10										667	808	664					1473									3612	3500	OK		
00XXX0011	Perfil de Latón del ítem #11																		1330								1330	1500			
00XXX0012	Perfil de Latón del ítem #12																										0	1000			
00XXX0013	Perfil de Latón del ítem #13																										0	0			
00XXX0014	Varilla de Latón del ítem #14																										0	1500			
00XXX0015	Varilla de Latón del ítem #15				436			147										216	266								1065	1000			
00XXX0016	Varilla de Latón del ítem #16			299	438	251																					988	1000	OK		
00XXX0017	Varilla de Latón del ítem #17												1071														1071	15000			
00XXX0018	Varilla de Latón del ítem #18			139			471	3175	2038	1820	1569			3124	2067	1128											15531				
DIA		0	0	1944	1925	4029	4404	4952	2745	3307	2236	808	4501	5027	2849	1645	4767	3483	4873	0	0	0	0	0	0	0	53495	69500		0	0
ACUMULADO		0	0	1944	3869	7898	12302	17254	19999	23306	25542	26350	30851	35878	38727	40372	45139	48622	53495	53495	53495	53495	53495	53495	53495	53495	# REF!	# REF!	# REF!	# REF!	# REF!

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE PELADO -MÁQUINA PELADORA-FEBRERO-2021																				
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMELABORADO DE LATÓN	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	1-Mar	TOTAL PELADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
00XX00001	Perfil de Latón del ítem #1				2386	938	3226	3103		1185		1404	780	-166			12856	28500	15644	
00XX00002	Perfil de Latón del ítem #2								698	1233	976						2907	3000	93	
00XX00003	Perfil de Latón del ítem #3																0	1000	1000	
00XX00004	Perfil de Latón del ítem #4					1164	1321				1269	1193	754				5701	12300	6599	
00XX00005	Perfil de Latón del ítem #5				766	1206											1972	4500	2528	1543.3
00XX00006	Perfil de Latón del ítem #6																0	0	0	
00XX00007	Perfil de Latón del ítem #7										1747	120					1867	2300	433	
00XX00008	Perfil de Latón del ítem #8																0	3500	3500	
00XX00009	Perfil de Latón del ítem #9																0	2600	2600	
00XX00010	Perfil de Latón del ítem #10																0	3600	3600	
00XX00011	Perfil de Latón del ítem #11																0	800	800	
00XX00012	Perfil de Latón del ítem #12																0	2000	2000	
00XX00013	Perfil de Latón del ítem #13																0	2500	2500	
00XX00014	Varilla de Latón del ítem #14													728			728	800	72	
00XX00015	Varilla de Latón del ítem #15						234		442								676	3000	2324	
00XX00016	Varilla de Latón del ítem #16						300		519								819	833	14	
00XX00017	Varilla de Latón del ítem #17																0	0	0	
00XX00018	Varilla de Latón del ítem #18											1782	2045	1508			5335	18767	13432	
	DIA	0	0	0	3152	3308	5081	3103	1659	2418	3992	4499	3579	2070	0	0	32861	90000	57139	
	ACUMULADO	0	0	0	3152	6460	11541	14644	16303	18721	22713	27212	30791	32861	32861	32861	#!REF!	#!REF!	#!REF!	#!REF!

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE PELADO - MÁQUINA PELADORA-MARZO-2021																						
CÓDIGOS AP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	TOTAL PELADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
		00XXX00001	Perfil de Latón del ítem #1							1942	1886	2269									6097	13500
00XXX00002	Perfil de Latón del ítem #2																		0	1000	-1000	OK
00XXX00003	Perfil de Latón del ítem #3							246	365										611	900	-289	OK
00XXX00004	Perfil de Latón del ítem #4								645	1051	340	68							2104	6600	-4496	OK
00XXX00005	Perfil de Latón del ítem #5							2388											2388	2050	338	
00XXX00006	Perfil de Latón del ítem #6																		0	0	0	
00XXX00007	Perfil de Latón del ítem #7											529						429	958	1150	-192	OK
00XXX00008	Perfil de Latón del ítem #8																		0	1350	-1350	OK
00XXX00009	Perfil de Latón del ítem #9									1232	821	763							2816	1950	866	
00XXX00010	Perfil de Latón del ítem #10									1852	1606				713				4171	3100	1071	
00XXX00011	Perfil de Latón del ítem #11																		0	400	-400	OK
00XXX00012	Perfil de Latón del ítem #12											647	1408						2055	1000	1055	
00XXX00013	Perfil de Latón del ítem #13																		0	1750	-1750	OK
00XXX00014	Varilla de Latón del ítem #14																		0	250	-250	OK
00XXX00015	Varilla de Latón del ítem #15																		0	650	-650	OK
00XXX00016	Varilla de Latón del ítem #16																		0	450	-450	OK
00XXX00017	Varilla de Latón del ítem #17											196	2541	463					3200	1600	1600	
00XXX00018	Varilla de Latón del ítem #18									1102	563		821	1923	2119	1030	1534	1935	11027	11000	27	
	DIA	0	0	0	0	0	0	4576	2896	7506	3330	2203	4770	3099	2119	1030	1534	2364	35427	48700	-13273	
	ACUMULADO	0	0	0	0	0	0	4576	7472	14978	18308	20511	25281	28380	30499	31529	33063	35427				

Anexo 7 - Reporte de producción del SAP de la 1era campaña de colada continua del proceso de despacho, por mes, por ítems, según tipo de perfil o varilla

REPORT DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE DESPACHADO -MÁQUINA EMPALETIZADORA-ENERO-2021																															
CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	10-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	24-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	30-Ene	31-Ene	TOTAL DESPACHADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN					
00XXX00 001	Perfil de Latón del ítem #1			375	636	304	591	660		1117			1050		782		491		661					6667	22000						
00XXX00 002	Perfil de Latón del ítem #2													1109				366						1475	1500	OK					
00XXX00 003	Perfil de Latón del ítem #3													1039										1039	1000	OK					
00XXX00 004	Perfil de Latón del ítem #4					729	2000	1606							659			2527	2333					9854	10000	-1	RE				
00XXX00 005	Perfil de Latón del ítem #5					157	726	2326																3209	3500	OK					
00XXX00 006	Perfil de Latón del ítem #6													600				370						970	1000						
00XXX00 007	Perfil de Latón del ítem #7			262	533													169						964	1000	-22	RE				
00XXX00 008	Perfil de Latón del ítem #8										997													2035	2000						
00XXX00 009	Perfil de Latón del ítem #9												894											2872	3000						
00XXX00 010	Perfil de Latón del ítem #10											667	1472											3612	3500						
00XXX00 011	Perfil de Latón del ítem #11																							0	1500						
00XXX00 012	Perfil de Latón del ítem #12																							0	1000						
00XXX00 013	Perfil de Latón del ítem #13																							0	0						
00XXX00 014	Varilla de Latón del ítem #14																							0	1500						
00XXX00 015	Varilla de Latón del ítem #15					436							146				147		109					838	1000						
00XXX00 016	Varilla de Latón del ítem #16			299			740																	1039	1000	51	OK				
00XXX00 017	Varilla de Latón del ítem #17																			313				313	15000						
00XXX00 018	Varilla de Latón del ítem #18			139			470		3475	1122	1800			648		1772	2102	274						11802			1				
DIA		0	0	1075	1169	1626	4057	5062	0	4592	2119	2467	3416	2894	2089	0	2949	6033	7141	0	0	0	0	46689	69500						
ACUMULADO		0	0	1075	2244	3870	7927	12989	12989	17581	19700	22167	25583	28477	30566	30566	33515	39548	46689	46689	46689	46689	46689								

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE DESPACHADO -MÁQUINA EMPALETIZADORA-FEBRERO-2021

CÓDIGO SAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb	28-Feb	1-Mar	TOTAL DESPACHADO POR PRODUCCIÓN	TOTAL PROGRAMADO POR PCP	diferencia	OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
00XXX00001	Perfil de Latón del ítem #1				1039	1348	1810		4315	1343	2329				672		12856			
00XXX00002	Perfil de Latón del ítem #2										2209						2209			
00XXX00003	Perfil de Latón del ítem #3																0			
00XXX00004	Perfil de Latón del ítem #4					336	1239		910			2100		1597			6182	HAY	SIST	
00XXX00005	Perfil de Latón del ítem #5				161	605	806										1543.2	28.8	1572.0	
00XXX00006	Perfil de Latón del ítem #6																0			
00XXX00007	Perfil de Latón del ítem #7										328	1419		120			1867			
00XXX00008	Perfil de Latón del ítem #8																0			
00XXX00009	Perfil de Latón del ítem #9																0			
00XXX00010	Perfil de Latón del ítem #10																0			
00XXX00011	Perfil de Latón del ítem #11																0			
00XXX00012	Perfil de Latón del ítem #12																0			
00XXX00013	Perfil de Latón del ítem #13																0			
00XXX00014	Varilla de Latón del ítem #14																0			
00XXX00015	Varilla de Latón del ítem #15								234	237	199						670			
00XXX00016	Varilla de Latón del ítem #16								299	509							808			
00XXX00017	Varilla de Latón del ítem #17																0			
00XXX00018	Varilla de Latón del ítem #18														368		368			
	DIA	0	0	0	1200	2289	3855	0	5758	2089	5065	3519	0	2757	0	0	26503.2			
	ACUMULADO	0	0	0	1200	3489	7344	7344	13102	15191	20256	23775	23775	26532	26532	26532	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!

REPORTE DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE DESPACHADO - MÁQUINA EMPALETIZADORA-MARZO-2021

CÓDIGOSAP BO	FORMATO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO DE LATÓN	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar	TOTAL DESPACHADO POR PRODUCCIÓN
00XX00001	Perfil de Latón del ítem #1								1970	2621	1534								13002
00XX00002	Perfil de Latón del ítem #2																		1934
00XX00003	Perfil de Latón del ítem #3								613										1042
00XX00004	Perfil de Latón del ítem #4								356	405	926	417							8961
00XX00005	Perfil de Latón del ítem #5								2388										4140
00XX00006	Perfil de Latón del ítem #6																		0
00XX00007	Perfil de Latón del ítem #7												529						2298
00XX00008	Perfil de Latón del ítem #8																		0
00XX00009	Perfil de Latón del ítem #9											2081	763						2844
00XX00010	Perfil de Latón del ítem #10											2922	536	713					4171
00XX00011	Perfil de Latón del ítem #11																		895
00XX00012	Perfil de Latón del ítem #12												1209	846					2055
00XX00013	Perfil de Latón del ítem #13																		2443
00XX00014	Varilla de Latón del ítem #14																		294
00XX00015	Varilla de Latón del ítem #15																		571
00XX00016	Varilla de Latón del ítem #16																		868
00XX00017	Varilla de Latón del ítem #17												528	1299		1373			3200
00XX00018	Varilla de Latón del ítem #18								608				563	426		4437			10420
DIA		0	0	0	0	0	0	0	5935	3026	2460	5420	4128	3284	0	5810	0	0	59138
ACUMULADO		0	0	0	0	0	0	0	5935	8961	11421	16841	20969	24253	24253	30063	30063	30063	

Anexo 8 – Desarrollo de actividades de la línea de la colada continua, para el proceso de fabricación de perfiles de latón en la empresa metalúrgica.

Calentamiento del circuito secundario del sinterizado-espira de latón del horno de fusión: Taponear las salidas del horno con el cono de fibra cerámica y el tapón de barra de hierro. Verificar la temperatura de operación, encender la llave general 1250 A, 440V y la bomba de agua, ajustando la presión (2.1-3.25) atm y la temperatura del agua de refrigeración debe de estar en el rango de (36-38) °C. Además que el nivel del agua en el tanque del chillers no sea menor de la mitad de su capacidad, ver la boya. Probar la línea de recirculación de agua de la bobina secundaria.

Inicio del calentamiento y sinterizado de los hornos: Se conecta la recirculación de agua y se compacta al máximo el material refractario seco. Para alcanzar la temperatura óptima, se aumenta gradualmente el voltaje y se agrega carbón en intervalos (de a 20 kg cada 4 a 6 horas, subir voltaje a 120 V a partir de las 48 a 60 horas, agregar carbón de a 10 kg cada 3 horas no permitir que se agote, agregar carbón de a 10 kg, subir a 150 V hasta que funda la espira), verificando la fusión con una varilla. Al llegar al nivel de carga de 2000 – 2200 Kg, se eleva el voltaje a 240V-300V, ajustando según sea necesario. En caso contrario, se baja el voltaje de forma inversa.

Inicio de actividades de producción de los perfiles de latón: Generar la solicitud de materia prima al almacén general, indicar la cantidad de viruta, rechazos y retacería de latón y la cantidad de zinc. Al recepcionar los materiales, se verifica la cantidad, porcentaje de humedad y pesos indicados en la guía de remisión del almacén. Transportar cantidad suficiente de materiales a la plataforma de trabajo del HF.

Carga del horno de fusión con metales para producción: Antes de cargar el horno de fusión con metales, se asegura el correcto cierre del canal de trasvase y se enciende el equipo de filtro de mangas. La carga se realiza en orden según la receta: cobre alambre, retacería de latón, viruta de latón, lingotes de zinc y plomo al 2% (Cargar el material hasta la capacidad del HF=2200Kg aproximadamente, el

cual corresponde a 30cm medidos de arriba hacia abajo). Durante la operación, se controla la potencia del horno 400V, 1TAB y se utiliza un apisonador hidráulico para homogenizar la carga (el líquido fundido con el removedor de escoria, agitación constante por 10 minutos, añadir a la solución homogenizada 2Kg de afinador para líquido fundido, seguir homogenizando la solución fundida hasta llegar al punto de separación entre la escoria y el líquido fundido, agitación constante por 5 minutos). Se escoria al finalizar la carga y se toma muestra para análisis químico. Posteriormente, se procede al sangrado del horno de fusión al horno de mantenimiento ($T_{\text{sangrado máx}} = 1\ 060^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{sangrado mín}} = 1\ 040^{\circ}\text{C}$), garantizando condiciones limpias (cero escorias, restos de grafito, etc.) y temperaturas específicas. La temperatura de operación oscila entre $1\ 020^{\circ}\text{C}$ y $1\ 080^{\circ}\text{C}$, y el sangrado se realiza bajo campana extractora con el sistema de filtros de mangas en funcionamiento.

Sangrado del horno del horno de fusión al horno de mantenimiento: Abrir la boca de sangría retirando el tapón correspondiente. Vigilar que la transferencia del metal al HM sea la necesaria para cumplir la producción, de manera que corresponda a lo que se necesita para alcanzar el nivel necesario según lo requerido a producir.

Secuencias de tareas a realizar en la extracción del lado 1 y 2 del HM: Montaje del conjunto molde-grafito según el perfil a producir. Preparación del molde de grafito de acuerdo con el programa de producción. Colocación firme de sellos de cordón de fibra cerámica en el molde de grafito. Envoltura de fibra cerámica alrededor de la boquilla con una vuelta. Ajuste manual de ambas superficies en contacto, enfriador y molde de grafito. Introducción y apriete del grafito en el cono de acero, con un ángulo de $+10^{\circ}$ - -10° . Instalación y montaje del conjunto boquilla y enfriador en la boca del horno, asegurando las bridas.

Operaciones previas antes de la extracción de la colada continua: Se instala la boquilla de grafito y se sella la boca del horno. Se ajustan las bridas, se verifica la composición y temperatura del metal 1020°C - 1060°C , y se confirma la laucha adecuada según el perfil a colar. Se comprueba el nivel del metal, la temperatura

de operación 1040 °C y el TAB del horno 240 V. Se habilita la velocidad del extractor y se verifica el funcionamiento de la maquina sierra, enfriadores, posicionar lauchas aproximadamente 5-8cm hacia adentro del grafito, de modo tal que se enganche la laucha con el líquido saliente y la libre circulación de la laucha por la máquina y el canal de guía.

Inicio de la extracción continua de los perfiles de latón: Se llena la exclusiva de grafito con metal líquido y se activa el trinquete. Se ajusta la alimentación del conjunto molde- grafito con rodillos alimentadores. Se regula la velocidad de la colada para mantener la temperatura del perfil dentro de los límites. Se controla que la salida sea regular y no muy caliente. Se ajusta el régimen estacionario considerando la temperatura del horno, del agua, del enfriador secundario y la posición del variador de frecuencia.

Corte al largo de los perfiles de latón: Encender manualmente las máquinas sierra N°1 y N°2, así como la cortadora. Realizar un primer avance manual para extraer la guía y un segundo avance automático. Medir la longitud del perfil cortado con una wincha métrica calibrada, siguiendo las especificaciones y utilizando planos para perfiles con sobremedida de colada.

Escalado o pelado de los perfiles colados: Se reciben barras y varillas, excluyendo el perfil#1 destinado al área de forjado, con sobre medida para el pelado. Se pesa antes del pelado para determinar el % de viruta. Se elije molde, guías y cuchillas según el modelo. El montaje del molde se realiza con precisión. Después de la alimentación manual, se inicia la máquina peladora, ajustando y lubricando adecuadamente. El pelado se realiza presionando el pedal eléctrico hasta que el carro regrese al punto de partida (fijándose que dicho material sobre salga unos 10 a 15 cm por uno extremos para su agarre con el diente de la mordaza) y se proceda a enganchar el producto a ser pelado y se repiten los pasos hasta completar el programa de producción. Se verifica la calidad y medidas de los perfiles pelados según el plano aprobado por calidad, y se inspecciona visualmente la superficie para garantizar la rectitud y ausencia de ondulaciones.

Enderezado de perfiles: Se reciben las barras y varillas en la mesa de acopio,

excluyendo el perfil#1 que va directo al área de forjado. Se prepara la máquina enderezadora ajustando la porta cuchillas y el tubo transportador. Después de presionar la varilla con el rodillo de presión, se enciende la máquina y se regula a 20 vueltas para evitar dobleces innecesarios. Se palpa la temperatura del latón (38-40) °C y se endereza lentamente con los rodillos hasta alcanzar la rectitud requerida. La alimentación manual se realiza a través del canal de alimentación, y la máquina se enciende y regula para completar el enderezado de barras y varillas según la producción planificada. El proceso se finaliza pulsando el botón de color rojo para detener el giro de los rodillos.

Embalado de los perfiles de latón: Se realiza una inspección visual para garantizar la calidad superficial (sin ondulaciones, rectos) y dimensiones según el plano aprobado. Se registran las piezas conformes y no conformes en un reporte diario. El peso se registra usando balanza electrónica (<90Kg) o tecla eléctrico(>100Kg) según sea necesario. Los productos terminados se embalan con film en paquetes de 550 y se etiquetan con información detallada, incluyendo fecha, turno, peso de lote, código del ensayo, descripción, nombre del inspector de calidad y observaciones, se despachan al almacén general de materiales y, tras la aprobación del supervisor de producción, se envían al cliente externo junto con la guía de remisión y la ficha técnica del producto.

Operación de apagado de los hornos por fin de programa del mes: En el cierre mensual de la producción de colada y apagado de hornos, se sigue un protocolo específico que incluye vaciar el horno, realizar un corte desfasado y obstruir exclusas de grafito. El metal restante se lingotea y cubre con carbón vegetal (10-15) Kg para su ignición. Tras 2 minutos, se corta la tensión a la bobina primaria, permitiendo que el horno se enfríe hasta la temperatura ambiente, manteniendo la continuidad en la espira secundaria. Al reiniciar, se debe respetar la secuencia y tiempo programado. Al planificar el apagado, es esencial tener a disposición los elementos necesarios para reiniciar las operaciones.

Anexo 9 – Guías de usuario de las máquinas de la línea de la colada continua, de la empresa metalúrgica.

Máquinas y equipos de la línea de la colada continua

- Compresora GA15
- Puentes grúas de 3 y 5 toneladas
- Equipos de enfriamiento
- Equipo de filtro de mangas
- Grupo electrógeno RDS 300
- Horno de fusión
- Pisonador hidráulico
- Torno paralelo TOS
- Espectrofotómetro de emisión óptica Q4 Tasman Bruker
- Horno de mantenimiento
- Máquinas extractoras 1 y 2, sierras 1 y 2, peladora y enderezadoras

Guía de usuario de instrucción de operación y mantenimiento del alimentador hidráulico pequeño.

- n) Conexión de alimentación: la línea de alimentación de entrada no puede ser inferior a 6mm². El cortocircuito no puede ser inferior a 32A. Entrada: línea trifásica 4 (380V + línea nula), agregue aceite hidráulico #68.
- o) Preste atención a que la presión de ajuste de la dirección de rotación del motor no puede ser demasiado grande(50Kg-60Kg).
- p) Al operar, tenga cuidado de no poner demasiado material en el horno a la vez. Coloque el material varias veces y empújelo hacia arriba y hacia abajo manualmente varias veces antes de activar la función automática de arriba y abajo.

Panel de control y la máquina del alimentador hidráulico



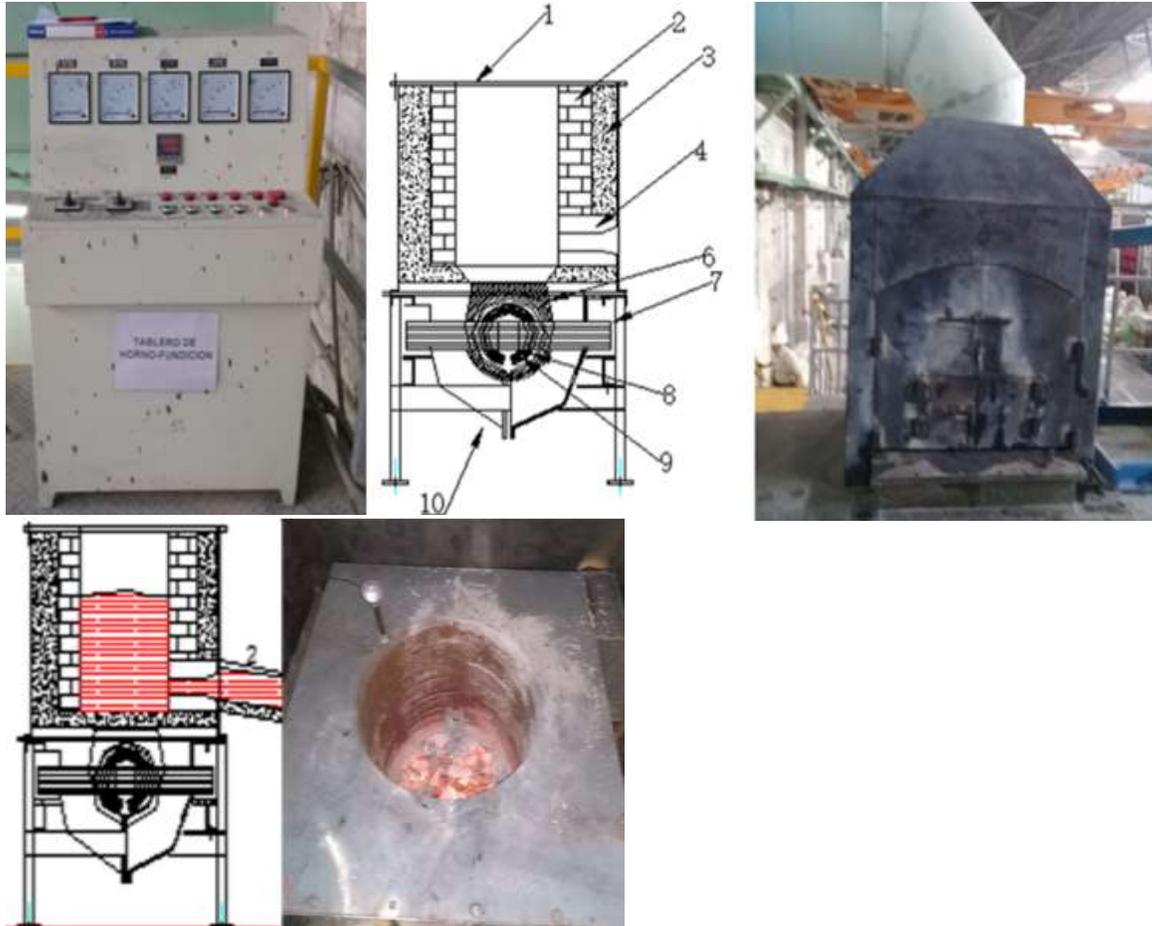
Nota : La figura muestra el panel de control y la máquina del alimentador hidráulico con las siguientes características: motor de 2.2 KW 4P, 1 bomba de aceite, válvula selenoide, doble refrigeración por aire, válvula reguladora de presión, cilindro de aceite principal 80x600, Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Guía de usuario de instrucción de operación del horno de fusión por inducción de frecuencia industrial con núcleo GYT-500 para fundir cobre, bronce, latón, etc.

Parámetros técnicos: potencia nominal 120kW, voltaje del horno con tensión nominal 440V, amperímetro de fase, frecuencia 60Hz, factor de potencia 0.95 después de la compensación, temperatura máxima de fusión 1280°C, tasa de fusión 500Kg, consumo de energía (250-300) kWh/tonelada, número de zanjas fundidas 1, método de enfriamiento refrigeración por agua o por aire, presión del agua de

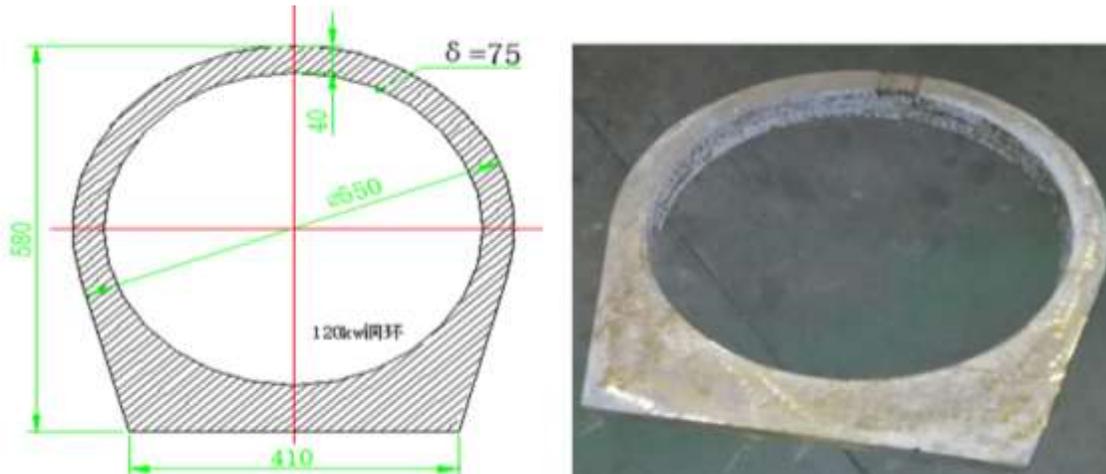
refrigeración (0.25-0.3) MPa, flujo de agua de refrigeración 142 L/h, peso 2500 kilogramos.

Panel de control y el horno de fundición 120k W



Nota: La figura muestra el panel de control y el cuerpo del horno de fusión, con las siguientes características: 1-tapa del horno,2- 18 ladrillos curvados o refractarios,3- masa de cuarzo,4-ladrillo refractario,5-pedestal de grafito,6- bucle de Latón,7-paquete de laminación,8-chaqueta de agua,9-bobina. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

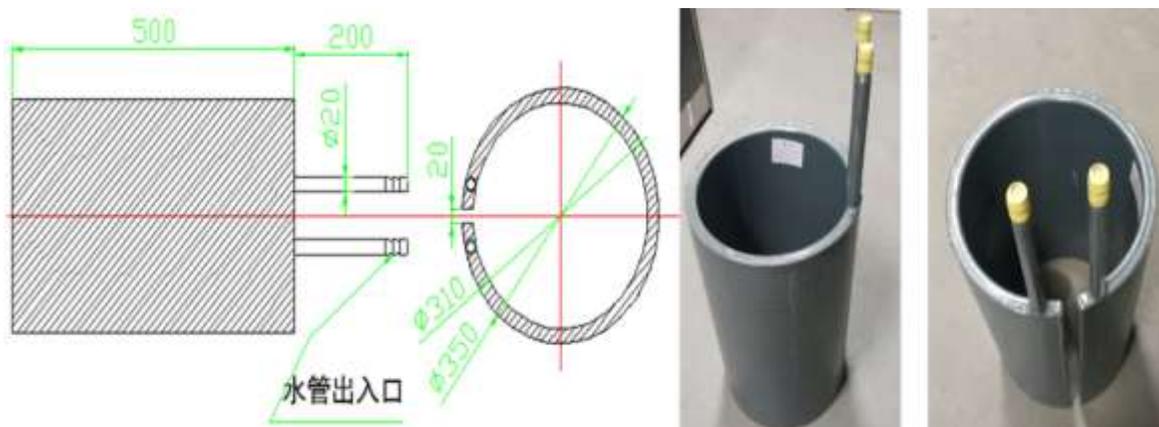
Imagen y dimensiones del anillo de latón de 120kW del horno de fundición



Nota: La figura muestra las dimensiones del anillo de latón de 120kW del horno de fundición.

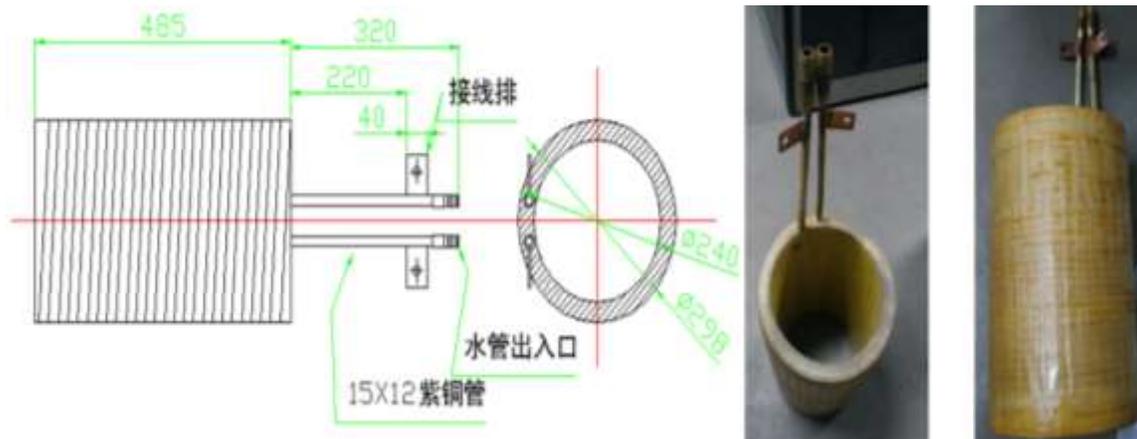
Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Imagen y dimensiones de la camisa de agua de acero inoxidable de 120kW del horno de fundición



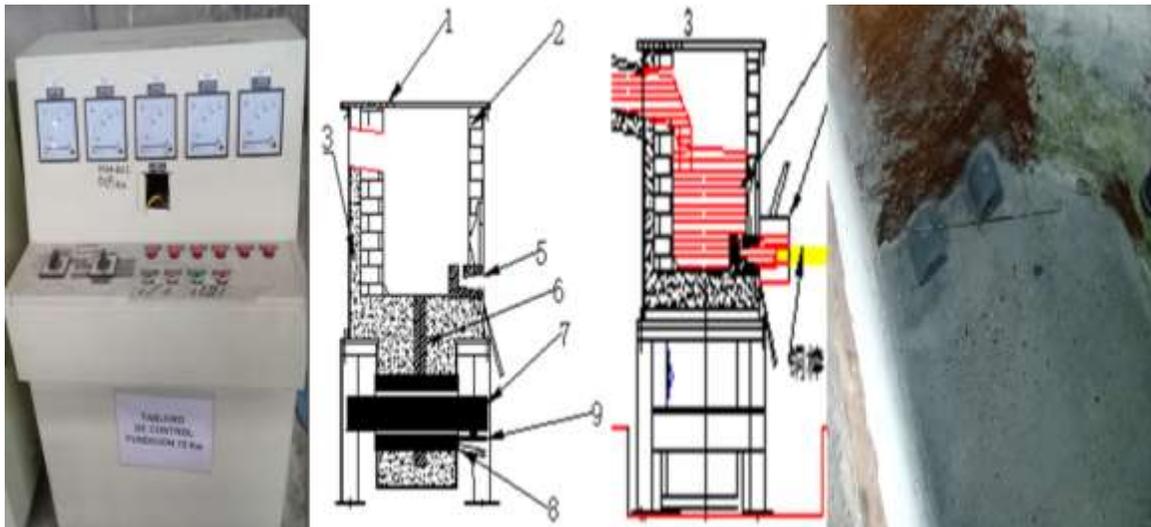
Nota: La figura muestra las dimensiones de la camisa de agua de acero inoxidable de 120kW del horno de fundición. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Imagen y dimensiones de la bobina de 120kW del horno de fundición



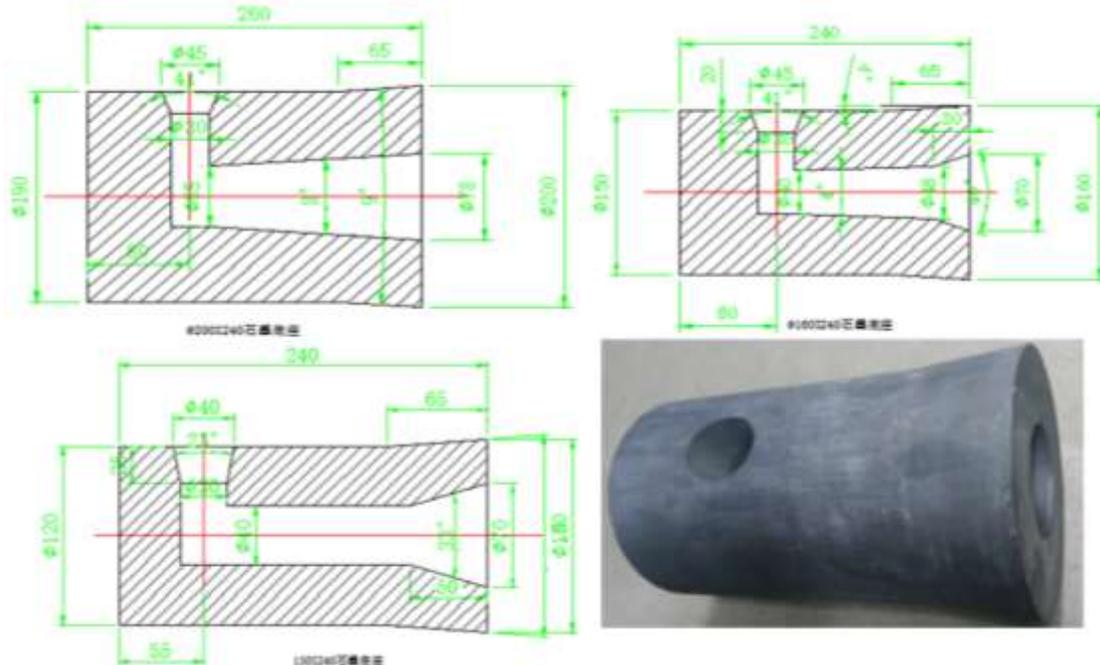
Nota: La figura muestra las dimensiones de la bobina de 120kW del horno de fundición. El número de bobinas es de 50 vueltas=120KW Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Panel de control y el horno de mantenimiento 75kW



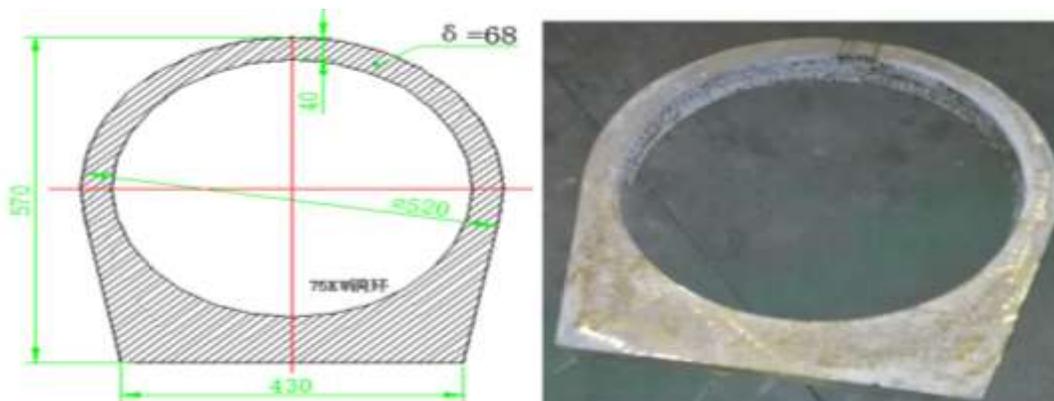
Nota: La figura muestra el panel de control y el cuerpo del horno de mantenimiento, con las siguientes características:1- tapa del horno,2- 18 ladrillos curvados o refractarios,3- masa de cuarzo,4- ladrillo refractario,5- pedestal de grafito,6- bucle de Latón,7- paquete de laminación,8- chaqueta de agua. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

El canal de grafito del horno de mantenimiento 75kW, tiene 3 tamaños 200x260,160x40,130mmx240mm



Nota: La figura muestra las 3 dimensiones del canal de grafito del horno de mantenimiento 75kW, se muestra los 3 tamaños 200x260,160x240,130mmx240mm. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Imagen y dimensiones del anillo de latón de 75 kW del horno de mantenimiento



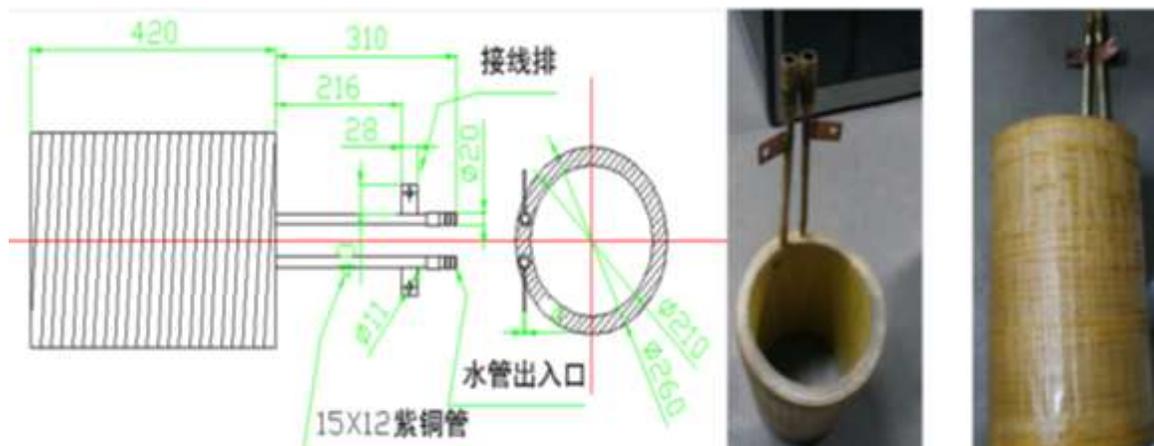
Nota: La figura muestra las dimensiones del anillo de latón de 75 kW del horno de mantenimiento. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Imagen y dimensiones de la camisa de agua de acero inoxidable de 75 kW del horno de mantenimiento



Nota: La figura muestra las dimensiones de la camisa de agua de acero inoxidable de 75 kW del horno de mantenimiento. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Imagen y dimensiones de la bobina de 75 kW del horno de mantenimiento



Nota: La figura muestra las dimensiones de la bobina de 75 kW del horno de mantenimiento. El número de bobinas es de 60 vueltas=75KW. 58 vueltas=85kW, 56 vueltas=95kW, 54 vueltas=105kW, 52 vueltas=115kW, 50 vueltas=125kW. Fuente: Empresa metalúrgica de la ciudad de Lima (2021).

Anexo 10 - Reporte de producción del SAP por artículo consumido del perfil de latón del ítem #1 de la primera campaña del proceso de la línea continua de la empresa metalúrgica.

Reporte de producción por artículo consumido del perfil de Latón del ítem #1 de la primera campaña del 2021 del proceso de la línea continua de la empresa metalúrgica

Fecha inicio	Descripción	Cantidad perfiles de Latón ítem#1	Total Consumo (Kg)	Costo Unitario (soles)	Tiempo (h)	Recha zo2	cant_r echz	Fecha fin	Peso Planta (Kg)
7/01/2021	le Latón del í	254.01	3921.50	15.44	462	0	0	31/01/2021	258945
7/01/2021	le Latón del í	858.34	13251.58	15.44	1556	0	0	31/01/2021	258696
7/01/2021	le Latón del í	1118.05	17261.20	15.44	2028	0	0	31/01/2021	258691
8/01/2021	le Latón del í	644.29	9946.94	15.44	1168	0	0	31/01/2021	259171
8/01/2021	le Latón del í	165.67	2557.79	15.44	302	0	0	31/01/2021	259120
9/01/2021	le Latón del í	364.60	5601.29	15.36	662	0	0	31/01/2021	259467
9/01/2021	le Latón del í	126.15	1947.53	15.44	230	0	0	31/01/2021	259349
11/01/2021	le Latón del í	339.97	5222.90	15.36	802	0	0	31/01/2021	259736
11/01/2021	le Latón del í	461.92	7096.43	15.36	838	0	0	31/01/2021	259735
12/01/2021	le Latón del í	818.81	12616.30	15.41	1634	0	0	31/01/2021	260053
12/01/2021	le Latón del í	216.19	3321.31	15.36	392	0	0	31/01/2021	259890
13/01/2021	le Latón del í	291.11	4454.91	15.30	528	0	0	31/01/2021	260286
15/01/2021	le Latón del í	594.13	9074.09	15.27	1140	0	0	31/01/2021	260779
16/01/2021	le Latón del í	227.07	3468.65	15.28	450	0	0	31/01/2021	260982
18/01/2021	le Latón del í	589.20	9002.15	15.28	1168	0	0	31/01/2021	261256
18/01/2021	le Latón del í	274.05	4187.10	15.28	544	0	0	31/01/2021	261199
18/01/2021	le Latón del í	465.89	7116.72	15.28	924	25	25	31/01/2021	261111
20/01/2021	le Latón del í	458.05	6999.46	15.28	908	0	0	31/01/2021	261578
21/01/2021	le Latón del í	501.38	8652.72	17.26	994	0	0	31/01/2021	261869
22/01/2021	le Latón del í	227.85	3932.19	17.26	452	0	0	31/01/2021	262119
25/01/2021	le Latón del í	134.80	2343.66	17.39	268	0	0	31/01/2021	262789
25/01/2021	le Latón del í	866.52	15022.25	17.34	1718	0	0	31/01/2021	262642
26/01/2021	le Latón del í	326.38	5681.33	17.41	648	0	0	31/01/2021	262956
27/01/2021	le Latón del í	739.19	12871.45	17.41	1340	0	0	31/01/2021	263118
28/01/2021	le Latón del í	310.39	5327.89	17.17	616	0	0	31/01/2021	263414
29/01/2021	le Latón del í	419.54	7201.41	17.17	762	0	0	31/01/2021	263678
30/01/2021	le Latón del í	540.41	8687.33	16.08	1434	0	0	31/01/2021	264005
30/01/2021	le Latón del í	122.01	1961.40	16.08	242	0	0	31/01/2021	264003
3/02/2021	le Latón del í	122.45	2017.78	16.48	262	0	0	27/02/2021	264634
3/02/2021	le Latón del í	278.27	4585.36	16.48	506	0	0	27/02/2021	264627
4/02/2021	le Latón del í	79.72	1313.66	16.48	158	81	81	27/02/2021	264748
4/02/2021	le Latón del í	1432.56	23606.30	16.48	1350	0	0	27/02/2021	264745
6/02/2021	le Latón del í	1212.95	19987.48	16.48	2200	0	0	27/02/2021	265130
10/02/2021	le Latón del í	211.99	3493.26	16.48	416	0	0	27/02/2021	265846
10/02/2021	le Latón del í	132.00	2175.15	16.48	260	0	0	27/02/2021	265816
10/02/2021	le Latón del í	16.50	271.89	16.48	34	0	0	27/02/2021	265757
10/02/2021	le Latón del í	53.33	878.76	16.48	106	0	0	27/02/2021	265750
10/02/2021	le Latón del í	567.60	9353.14	16.48	1114	0	0	27/02/2021	265700
11/02/2021	le Latón del í	514.80	8483.08	16.48	1010	0	0	27/02/2021	266205
11/02/2021	le Latón del í	590.96	9738.08	16.48	1158	0	0	27/02/2021	266089
12/02/2021	le Latón del í	303.60	5002.84	16.48	596	0	0	27/02/2021	266312
13/02/2021	le Latón del í	549.73	9058.61	16.48	1346	0	0	27/02/2021	266669
13/02/2021	le Latón del í	633.60	10440.71	16.48	1242	0	0	27/02/2021	266572
17/02/2021	le Latón del í	248.06	4087.63	16.48	518	0	0	27/02/2021	267464
17/02/2021	le Latón del í	288.94	4761.27	16.48	568	0	0	27/02/2021	267458

Continuación del reporte de producción del perfil de latón del ítem#1

19/02/2021	le Latón del í	287.10	4671.17	16.27	564	0	0	27/02/2021	267903
20/02/2021	le Latón del í	844.80	13745.06	16.27	1656	0	0	27/02/2021	268037
22/02/2021	le Latón del í	425.04	6857.17	16.13	834	0	0	27/02/2021	268261
23/02/2021	le Latón del í	626.45	10106.57	16.13	1136	0	0	27/02/2021	268538
24/02/2021	le Latón del í	528.00	8439.13	15.98	1036	0	0	27/02/2021	268793
25/02/2021	le Latón del í	435.60	6919.99	15.89	854	0	0	27/02/2021	269258
25/02/2021	le Latón del í	514.80	8195.46	15.92	1010	0	0	27/02/2021	268990
26/02/2021	le Latón del í	485.18	7681.32	15.83	880	0	0	27/02/2021	269489
26/02/2021	le Latón del í	73.63	1165.75	15.83	134	0	0	27/02/2021	269453
3/03/2021	le Latón del í	606.48	9948.13	16.40	264	0	0	31/03/2021	269986
3/03/2021	le Latón del í	576.40	9454.80	16.40	272	0	0	31/03/2021	269856
5/03/2021	le Latón del í	627.88	10298.68	16.40	272	0	0	31/03/2021	270298
5/03/2021	le Latón del í	138.28	2268.05	16.40	60	0	0	31/03/2021	270146
5/03/2021	le Latón del í	1170.14	19192.99	16.40	506	0	0	31/03/2021	270143
6/03/2021	le Latón del í	156.97	2574.67	16.40	68	0	0	31/03/2021	270317
8/03/2021	le Latón del í	713.50	11703.04	16.40	310	0	0	31/03/2021	270418
9/03/2021	le Latón del í	583.64	9573.09	16.40	254	0	0	31/03/2021	270663
9/03/2021	le Latón del í	581.36	9535.64	16.40	252	0	0	31/03/2021	270613
10/03/2021	le Latón del í	60.08	985.40	16.40	26	28	28	31/03/2021	270704
12/03/2021	le Latón del í	93.47	1533.10	16.40	42	0	0	31/03/2021	271185
12/03/2021	le Latón del í	620.32	10174.62	16.40	266	45	45	31/03/2021	271183
12/03/2021	le Latón del í	544.40	8929.42	16.40	236	0	0	31/03/2021	271178
12/03/2021	le Latón del í	800.12	13123.79	16.40	346	0	0	31/03/2021	271176
13/03/2021	le Latón del í	155.11	2544.24	16.40	68	0	0	31/03/2021	271288
15/03/2021	le Latón del í	667.27	10944.68	16.40	290	0	0	31/03/2021	271540
16/03/2021	le Latón del í	578.08	9481.80	16.40	250	0	0	31/03/2021	271888
17/03/2021	le Latón del í	560.81	9198.59	16.40	244	0	0	31/03/2021	272184
18/03/2021	le Latón del í	913.10	14976.87	16.40	482	0	0	31/03/2021	272715
24/03/2021	le Latón del í	571.37	11807.78	20.67	248	0	0	31/03/2021	273759
24/03/2021	le Latón del í	630.31	13025.71	20.67	274	0	0	31/03/2021	273750
25/03/2021	le Latón del í	33.42	704.07	21.07	402	0	0	31/03/2021	274020
25/03/2021	le Latón del í	734.91	15483.20	21.07	318	0	0	31/03/2021	274006
26/03/2021	le Latón del í	95.18	2005.30	21.07	42	0	0	31/03/2021	274313
30/03/2021	le Latón del í	442.37	9319.98	21.07	192	0	0	31/03/2021	275063
30/03/2021	le Latón del í	557.24	11740.17	21.07	242	0	0	31/03/2021	275060
30/03/2021	le Latón del í	622.46	13114.12	21.07	270	0	0	31/03/2021	275057

Anexo 11 - Reporte de producción del SAP por artículo consumido de todos los productos semielaborados de latón de la 1era campaña del proceso de la línea continua de la empresa metalúrgica.

Fecha Beas	Descripción	Cantidad perfiles o varilla de Latón	Total, Consumo (Kg)	Costo Unitario (soles)	Tiempo (h)	perfiles/h	Fecha Cierre	Peso Planta (Kg)
22/01/2021	Perfil de Latón del ítem #6	602	9695.69	16.11	174	3.5	30/01/2021	306725
25/01/2021	Perfil de Latón del ítem #6	370	5959.15	16.11	108	3.4	30/01/2021	307213
12/01/2021	Perfil de Latón del ítem #7	262	4196.82	16.02	316	0.8	30/01/2021	303842
13/01/2021	Perfil de Latón del ítem #7	555	8742.92	15.75	666	0.8	30/01/2021	304108
25/01/2021	Perfil de Latón del ítem #7	169	2681.05	15.86	204	0.8	30/01/2021	307211
24/02/2021	Perfil de Latón del ítem #7	328	5236.39	15.96	394	0.8	27/02/2021	315712
25/02/2021	Perfil de Latón del ítem #7	4	63.86	15.97	6	0.7	27/02/2021	316093
25/02/2021	Perfil de Latón del ítem #7	1391	22206.76	15.96	1670	0.8	27/02/2021	315966
26/02/2021	Perfil de Latón del ítem #7	120	1915.76	15.96	144	0.8	27/02/2021	316284
26/03/2021	Perfil de Latón del ítem #7	529	11495.28	21.73	636	0.8	31/03/2021	323751
19/01/2021	Perfil de Latón del ítem #8	997	16091.18	16.14	1870	0.5	30/01/2021	305741
25/01/2021	Perfil de Latón del ítem #8	1038	19084.05	18.39	1948	0.5	30/01/2021	307560
3/03/2021	Perfil de Latón del ítem #8	3292	56125.31	17.05	6174	0.5	31/03/2021	317262
21/01/2021	Perfil de Latón del ítem #9	894	16751.59	18.74	1850	0.5	30/01/2021	306381
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #9	1978	37063.37	18.74	4094	0.5	30/01/2021	308125
4/03/2021	Perfil de Latón del ítem #9	978	17496.22	17.89	2024	0.5	31/03/2021	317279
25/03/2021	Perfil de Latón del ítem #9	821	18627.67	22.69	1700	0.5	31/03/2021	323598
25/03/2021	Perfil de Latón del ítem #9	1230	27907.47	22.69	2546	0.5	31/03/2021	323209
26/03/2021	Perfil de Latón del ítem #9	763	17318.57	22.70	1580	0.5	31/03/2021	323757
20/01/2021	Perfil de Latón del ítem #10	667	11228.61	16.83	1540	0.4	30/01/2021	305831
21/01/2021	Perfil de Latón del ítem #10	1472	28209.70	19.16	3398	0.4	30/01/2021	306364
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #10	2	33.68	16.84	6	0.3	30/01/2021	307918
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #10	1471	28190.54	19.16	3396	0.4	30/01/2021	307897
25/03/2021	Perfil de Latón del ítem #10	1072	24361.09	22.72	2474	0.4	31/03/2021	323604
25/03/2021	Perfil de Latón del ítem #10	1852	42086.51	22.72	4274	0.4	31/03/2021	323213
26/03/2021	Perfil de Latón del ítem #10	534	12139.90	22.73	1234	0.4	31/03/2021	323816
27/03/2021	Perfil de Latón del ítem #10	713	16210.06	22.74	1646	0.4	31/03/2021	324186
28/01/2021	Perfil de Latón del ítem #11	1330	21461.68	16.14	2576	0.5	30/01/2021	308199
26/03/2021	Perfil de Latón del ítem #12	562	12251.71	21.80	164	3.4	31/03/2021	323955
26/03/2021	Perfil de Latón del ítem #12	647	14098.39	21.79	188	3.4	31/03/2021	323748
27/03/2021	Perfil de Latón del ítem #12	846	18443.05	21.80	246	3.4	31/03/2021	324182
22/01/2021	Perfil de Latón del ítem #2	399	6373.39	15.97	420	1.0	30/01/2021	306718
22/01/2021	Perfil de Latón del ítem #2	712	11373.06	15.97	750	0.9	30/01/2021	306591
23/01/2021	Perfil de Latón del ítem #2	365	5750.68	15.76	386	0.9	30/01/2021	307140
23/02/2021	Perfil de Latón del ítem #2	698	11065.88	15.85	736	0.9	27/02/2021	315107
24/02/2021	Perfil de Latón del ítem #2	2209	35021.04	15.85	2326	0.9	27/02/2021	315714
22/01/2021	Perfil de Latón del ítem #3	481	7615.53	15.83	140	3.4	30/01/2021	306786
22/01/2021	Perfil de Latón del ítem #3	558	8834.65	15.83	162	3.4	30/01/2021	306723
3/03/2021	Perfil de Latón del ítem #3	457	6931.55	15.17	132	3.5	31/03/2021	317260
22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #3	365	6497.95	17.80	106	3.4	31/03/2021	322424
22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #3	2	35.61	17.81	2	1.0	31/03/2021	322117

22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #3	246	4379.44	17.80	72	3.4	31/03/2021	322014
14/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	2	29.62	14.81	4	0.5	30/01/2021	304429
14/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	727	10768.69	14.81	840	0.9	30/01/2021	304409
15/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	1	14.83	14.83	2	0.5	30/01/2021	304730
15/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	1999	29658.96	14.84	2308	0.9	30/01/2021	304705
16/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	1607	23847.88	14.84	1856	0.9	30/01/2021	304956
23/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	658	11114.28	16.89	760	0.9	30/01/2021	307092
26/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	2834	43711.33	15.42	3270	0.9	30/01/2021	307698
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	1298	19781.13	15.24	1498	0.9	30/01/2021	308123
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #4	734	11321.00	15.42	848	0.9	30/01/2021	307914
19/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	3	44.75	14.92	4	0.8	27/02/2021	314433
19/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	333	4967.23	14.92	386	0.9	27/02/2021	314421
22/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	910	13651.00	15.00	1050	0.9	27/02/2021	314946
25/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	831	12480.37	15.02	960	0.9	27/02/2021	316076
25/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	1269	19058.48	15.02	1466	0.9	27/02/2021	315968
26/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	843	12660.68	15.02	974	0.9	27/02/2021	316338
27/02/2021	Perfil de Latón del ítem #4	754	11324.02	15.02	870	0.9	27/02/2021	316973
Continuación del reporte de producción del SAP								
22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #4	356	6557.06	18.42	412	0.9	31/03/2021	322434
23/03/2021	Perfil de Latón del ítem #4	405	8647.92	21.35	468	0.9	31/03/2021	322611
24/03/2021	Perfil de Latón del ítem #4	935	19964.96	21.35	1080	0.9	31/03/2021	322858
25/03/2021	Perfil de Latón del ítem #4	417	8660.05	20.77	482	0.9	31/03/2021	323595
15/01/2021	Perfil de Latón del ítem #5	700	10184.51	14.55	712	1.0	30/01/2021	304924
15/01/2021	Perfil de Latón del ítem #5	500	7273.65	14.55	510	1.0	30/01/2021	304777
15/01/2021	Perfil de Latón del ítem #5	883	12845.27	14.55	898	1.0	30/01/2021	304700
16/01/2021	Perfil de Latón del ítem #5	1131	16455.26	14.55	1152	1.0	30/01/2021	304948
18/02/2021	Perfil de Latón del ítem #5	161	2515.27	15.62	164	1.0	27/02/2021	314122
19/02/2021	Perfil de Latón del ítem #5	605	9240.53	15.27	616	1.0	27/02/2021	314193
3/03/2021	Perfil de Latón del ítem #5	399	6179.55	15.49	406	1.0	31/03/2021	317265
22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #5	2388	43831.50	18.35	2430	1.0	31/03/2021	322007
12/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	375	5815.05	15.51	322	1.2	30/01/2021	303918
13/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	636	9693.53	15.24	546	1.2	30/01/2021	304113
18/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	2337	35709.13	15.28	2004	1.2	30/01/2021	305316
19/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	490	7493.82	15.29	420	1.2	30/01/2021	305547
23/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	782	13643.71	17.45	672	1.2	30/01/2021	307087
25/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	835	14568.41	17.45	716	1.2	30/01/2021	307417
27/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	397	6926.54	17.45	342	1.2	30/01/2021	307902
28/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	552	8598.61	15.58	474	1.2	30/01/2021	308313
28/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1396	24356.43	17.45	1198	1.2	30/01/2021	308267
30/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	61	934.36	15.32	54	1.1	30/01/2021	309133
30/01/2021	Perfil de Latón del ítem #1	4574	70082.37	15.32	3922	1.2	30/01/2021	309022
18/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	3	48.92	16.31	4	0.8	27/02/2021	314125
18/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	373	6081.99	16.31	320	1.2	27/02/2021	314118
18/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	300	4891.68	16.31	258	1.2	27/02/2021	314111
18/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	359	5829.33	16.24	308	1.2	27/02/2021	313984
19/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1350	21951.68	16.26	1158	1.2	27/02/2021	314200
22/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	4317	69533.49	16.11	3702	1.2	27/02/2021	314832
24/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1185	18338.11	15.48	1016	1.2	27/02/2021	315721
25/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	732	11327.92	15.48	628	1.2	27/02/2021	316213

26/02/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1404	21726.06	15.47	10	140.4	27/02/2021	316290
4/03/2021	Perfil de Latón del ítem #1	48	779.46	16.24	42	1.1	31/03/2021	317284
22/03/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1970	37321.65	18.95	1690	1.2	31/03/2021	322004
23/03/2021	Perfil de Latón del ítem #1	736	16161.53	21.96	632	1.2	31/03/2021	322708
24/03/2021	Perfil de Latón del ítem #1	1533	33662.53	21.96	1314	1.2	31/03/2021	322856
14/01/2021	Varilla de Latón del ítem #15	436	6256.77	14.35	410	1.1	30/01/2021	304420
27/01/2021	Varilla de Latón del ítem #15	107	1618.93	15.13	102	1.0	30/01/2021	308108
27/01/2021	Varilla de Latón del ítem #15	109	1649.17	15.13	104	1.0	30/01/2021	307912
28/01/2021	Varilla de Latón del ítem #15	266	4024.58	15.13	250	1.1	30/01/2021	308275
30/01/2021	Varilla de Latón del ítem #15	243	3676.59	15.13	228	1.1	30/01/2021	309141
22/02/2021	Varilla de Latón del ítem #15	234	3402.90	14.54	220	1.1	27/02/2021	314848
3/03/2021	Varilla de Latón del ítem #15	446	6791.47	15.23	420	1.1	31/03/2021	317071
4/03/2021	Varilla de Latón del ítem #15	211	3226.46	15.29	198	1.1	31/03/2021	317297
5/03/2021	Varilla de Latón del ítem #15	290	4268.31	14.72	272	1.1	31/03/2021	320163
11/03/2021	Varilla de Latón del ítem #15	658	9719.45	14.77	618	1.1	31/03/2021	318472
30/01/2021	Varilla de Latón del ítem #14	467	6659.19	14.26	136	3.4	30/01/2021	309219
5/03/2021	Varilla de Latón del ítem #14	231	3494.57	15.13	68	3.4	31/03/2021	318468
6/03/2021	Varilla de Latón del ítem #14	53	770.28	14.53	16	3.3	31/03/2021	321293
13/01/2021	Varilla de Latón del ítem #16	299	4354.22	14.56	296	1.0	30/01/2021	304137
14/01/2021	Varilla de Latón del ítem #16	438	6378.42	14.56	432	1.0	30/01/2021	304431
15/01/2021	Varilla de Latón del ítem #16	251	3655.26	14.56	248	1.0	30/01/2021	304715
23/02/2021	Varilla de Latón del ítem #16	519	7657.59	14.75	512	1.0	27/02/2021	315118
13/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	139	2023.12	14.55	158	0.9	30/01/2021	304116
16/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	1	14.58	14.58	2	0.5	30/01/2021	304959
16/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	471	6868.12	14.58	534	0.9	30/01/2021	304943
18/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	4741	69179.72	14.59	5368	0.9	30/01/2021	305311
19/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	1820	26637.88	14.64	2062	0.9	30/01/2021	305651
23/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	2466	37184.81	15.08	2792	0.9	30/01/2021	307203
23/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	658	10954.06	16.65	746	0.9	30/01/2021	307094
28/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	2067	30235.87	14.63	2342	0.9	30/01/2021	308254
29/01/2021	Barra de Latón del ítem #18	1284	18781.07	14.63	1454	0.9	30/01/2021	308536
26/02/2021	Barra de Latón del ítem #18	1782	26300.54	14.76	2018	0.9	27/02/2021	316340
3/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	368	5679.60	15.43	418	0.9	31/03/2021	317269
4/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	3185	49421.65	15.52	3606	0.9	31/03/2021	317287
24/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	2	42.08	21.04	4	0.5	31/03/2021	322859
24/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	1102	23181.89	21.04	1248	0.9	31/03/2021	322854
26/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	563	11544.20	20.50	638	0.9	31/03/2021	323713
27/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	426	8741.61	20.52	484	0.9	31/03/2021	324191
29/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	90	1846.82	20.52	102	0.9	31/03/2021	324424
Continuación del reporte de producción del SAP								
29/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	457	9377.73	20.52	518	0.9	31/03/2021	324412
29/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	3890	79823.58	20.52	4404	0.9	31/03/2021	324403
30/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	1534	31539.19	20.56	1738	0.9	31/03/2021	325173
30/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	1030	21135.81	20.52	1168	0.9	31/03/2021	325032
31/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	60	1233.61	20.56	68	0.9	31/03/2021	325347
31/03/2021	Barra de Latón del ítem #18	426	8758.65	20.56	484	0.9	31/03/2021	325233
27/02/2021	Varilla de Latón del ítem #17	1409.2	231.11	0.16	1538	0.9	27/02/2021	316977
26/03/2021	Varilla de Latón del ítem #17	1	20.57	20.57	2	0.5	31/03/2021	323922
29/03/2021	Varilla de Latón del ítem #17	387	7959.85	20.57	424	0.9	31/03/2021	324417

