

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Escuela de Posgrado



GESTIÓN BASADA EN LA FILOSOFÍA LEAN SIX SIGMA Y LA PRODUCTIVIDAD EN UNA COMPAÑÍA MINERA 2021

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Maestro en
Regulación, Gestión y Economía Minera que presenta:

Javier Edison Romero Cenzano

Asesor:

*Rafael Jesús **Galván Landavere***

Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, **Galván Landavere Rafael Jesús**, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de el trabajo de investigación titulada(o) *Gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en una compañía minera 2021*, de el autor **Javier Edison Romero Cenzano**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 25/06/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 3 de Julio de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Galván Landavere, Rafael Jesús	
DNI: 07849446	Firma
ORCID: 0000-0003-3197-0846	

DEDICATORIA

A Dios, quien ilumina y guía mi camino, bendiciéndome y dándome las oportunidades para continuar.

A mi familia, por brindarme las fuerzas y el impulso para superarme constantemente y ser partícipes en mi formación profesional.

A mis mentores, asesores, colegas y amigos por compartir sus conocimientos, experiencias y motivaciones, en aportar con la mejor calidad al desarrollo de las nuevas generaciones en el sector minero.

Javier Romero

ABSTRACT

En la actualidad diversas compañías mineras buscan una mejora continua constante y sostenible en el tiempo, teniendo el propósito de lograr optimizar los procesos de la organización, por ende, mejorar sus indicadores de productividad y también buscar estrategias en asegurar la sostenibilidad, esto implica en adaptar el sistema de gestión adoptando una metodología; de las diversas metodologías que se encuentran en estudio para su implementación. Así también se toma en cuenta la gestión hacia los trabajadores; que son los que han de poner sus conocimientos y esfuerzos en cada proceso de la organización, considerando a los trabajadores un punto importante en el mejoramiento continuo y sostenible de la organización, por lo que toda interacción del personal involucra directamente en la mejora y sostenibilidad del proceso.

Por lo tanto, la investigación se orientó a dos aspectos considerados de alto impacto en el desarrollo competitivo para la compañía minera, y que se adapta a la perspectiva del mejoramiento continuo y de sostenibilidad, estos son; la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y la productividad. La aplicabilidad de la filosofía Lean Six Sigma se fundamenta en optimizar en su máximo exponencial los procesos, estos procesos elegidos son estratégicos y de mayor impacto para la organización, y que generan resultados excelentes en cuanto a la flexibilidad, tiempo, valor, seguridad, producción y calidad del producto esperado, optimizando la utilización de los recursos como los espacios físicos, inventarios, recursos humanos o herramientas; la aplicación de esta filosofía es dinámica, se realiza en base al conocimiento de los procesos de la organización buscando eliminar los desperdicios de manera permanente, generando valor y orientado a la organización y el personal.

Es este estudio explicativo de tipo aplicado, bajo el diseño correlacional-causal; la filosofía Lean Six Sigma aplicada se basa en el análisis y conocimiento de los procesos de la organización, así también en la implementación y diseño de las herramientas de control que se usan en cada proceso, con esto se realiza una evaluación adicional respecto a la productividad a partir de los cambios generados con la implementación de la filosofía Lean Six Sigma. Por el cual en este sentido la investigación se desarrolla con el propósito de determinar, si la implementación de la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona

de la provincia de Lima durante los años 2021 y 2022. Para ello se evaluó las variables a partir del levantamiento de información, reuniones de coordinación, toma de datos, generación de indicadores críticos, implementación de tableros de control, seguimiento, análisis y capacitación. Los resultados mostraron que entre la gestión de la filosofía Lean Six Sigma y los indicadores críticos de productividad existe una relación alta de 92.63%; asimismo, la implementación de la filosofía Lean Six Sigma en este periodo de análisis mejoró en un 27.2% la productividad. Por lo tanto se concluye que la filosofía Lean Six Sigma, como alternativa usada en esta investigación, se adaptó fácilmente a las metas planteadas por la compañía minera; esta filosofía está enfocada en la optimización del proceso, el liderazgo al personal y la calidad del producto; por lo tanto, se ha logrado optimizar el proceso productivo del área de mina; éste se realizó paso a paso con lo que se logró mejorar los resultados, basándose en el conocimiento profundo de cada proceso, asimismo, fue óptima la participación y buen desempeño de todos los colaboradores que fueron adaptándose a los nuevos cambios de manera efectiva. En este sentido, comprobamos que la filosofía Lean Six Sigma, es aplicable en el sector minero, y que su ejecución brinda perspectivas efectivas, además se adapta satisfactoriamente a las metas propuestas.

Palabras clave: Filosofía Lean Six Sigma y productividad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE	15
1.1. Estado de la cuestión	15
1.1.1. Productividad	15
1.1.2. La filosofía Lean Six Sigma	17
1.2. Marco teórico	23
1.2.1. La productividad	23
1.2.2. La productividad en minería	24
1.2.3. Metodologías de gestión en la industria minera	26
1.2.4. Implicancia de la implementación de la filosofía Lean al sector minero	28
1.2.5. Filosofía Lean	29
1.2.6. Filosofía Six Sigma	29
1.2.7. Filosofía Lean Six Sigma	30
1.2.8. Principios de la filosofía Lean Six Sigma	32
1.3. Marco conceptual	34
CAPÍTULO II: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	35
2.1. Descripción de la compañía	35
2.2. Situación problemática	36
2.3. Relevancia de la investigación	40
2.4. Enfoque empresarial	41
2.5. Delimitación de la investigación	41
2.6. Metodología y plan de trabajo de ejecución de la filosofía Lean Six Sigma	41

2.7. Ejecución de la filosofía Lean Six Sigma	52
2.7.1. Fase definir	53
2.7.2. Fase medir	56
2.7.3. Fase analizar	61
2.7.4. Fase mejorar	65
2.7.5. Fase controlar	67
2.7.6. Evaluación de la ejecución de la filosofía Lean Six Sigma	71
2.7.7. Evaluación del desarrollo de la productividad	74
2.7.8. Evaluación de la relación entre la filosofía Lean Six Sigma y la productividad	77
2.8. Propuesta de desarrollo de la filosofía Lean Six Sigma	78
2.8.1. Gestión del plan	79
2.8.2. Fase: Definición	83
2.8.3. Fase: Medición	86
2.8.4. Fase: Análisis	88
2.8.5. Fase: Implementación	90
2.8.6. Fase: Control	91
CAPÍTULO III: DISCUSIÓN	93
3.1. Evaluación de la hipótesis	95
3.1.1. Evaluación del efecto de la productividad a partir de ejecutar el Lean Six Sigma	95
3.1.2. Discusión de los resultados de la hipótesis	96
3.1.3. Discusión sobre el desarrollo de la implementación	99
CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contingencia	77
Tabla 2: Medidas simétricas	77
Tabla 3: Tabla de Interpretación de Correlación	78
Tabla 4: Medidas simétricas	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Actividades para implementar el plan.....	42
Figura 2: Implicados en la ejecución del método Lean Six Sigma.....	45
Figura 3: Niveles del estándar de discernimiento de Lean Six Sigma.....	48
Figura 4: Flujo del desarrollo en el Nivel Inicial.....	49
Figura 5: Flujo del desarrollo en el nivel en definición.....	50
Figura 6: Flujo del desarrollo en el Nivel en Gestión.....	50
Figura 7: Flujo del desarrollo en el Nivel Liderado.....	51
Figura 8: Flujo del desarrollo en el Nivel óptimo.....	52
Figura 9: Ejecución del método Lean Six Sigma.....	71
Figura 10: Definición del problema.....	72
Figura 11: Medición del funcionamiento.....	72
Figura 12: Análisis de las causas del problema.....	73
Figura 13: Determinación de mejoras.....	73
Figura 14: Control de mejoras continuas.....	74
Figura 15: Desarrollo general de la productividad.....	74
Figura 16: Evaluación de la productividad por metro avanzado.....	75
Figura 17: Evaluación de las toneladas preparadas.....	76
Figura 18: Evaluación de los metros de avance.....	76
Figura 19: Fases de gestión para Lean Six Sigma.....	79
Figura 20: Desarrollo de la gestión para Lean Six Sigma.....	79
Figura 21: Obligaciones de los responsables del proyecto.....	80
Figura 22: Desarrollo del proyecto según el código EDT.....	81
Figura 23: Desglose de trabajo EDT para Lean Six Sigma.....	82
Figura 24: Técnicas e instrumentos para la fase de definición.....	83
Figura 25: Técnicas e instrumentos para la fase de medición.....	87
Figura 26: Técnicas e instrumentos para la fase de análisis.....	88
Figura 27: Matriz esfuerzo- beneficio.....	89
Figura 28: Técnicas e instrumentos para la fase implementación.....	90
Figura 29: Técnicas e instrumentos para la fase control.....	92

INTRODUCCIÓN

La actividad minera es uno de los sectores industriales que alberga en su gestión características de competitividad, por la cual constantemente se enfrenta a diversos desafíos sean estos por factores externos o factores internos a su alcance; como la alta variabilidad y riesgo en el precio de los metales, nivel de regulación del país, niveles de conflictividad social, entre otros; o a su vez manejar presupuestos reajustados, la variabilidad del costo por tonelada extraída, proveedores de productos o servicios con precios elevados o entregas alargadas, tecnologías desfasadas, bajo rendimiento hombre – máquina, alta rotación de personal laboral, índices de accidentabilidad elevados, trabajadores desmotivados, entre otros. Entre estos aspectos importantes el problema interno más relevante es la baja productividad ante los resultados esperados o la alta variabilidad de resultados obtenidos. Generando estas, retrasos en las entregas de proyectos o procesos, generando riesgos de accidentabilidad, productos entregados de mala calidad en el proceso, entre otros. Generando así pérdidas considerables a la empresa minera, siendo preocupante también a la gestión de una unidad minera el no poder mantener una productividad sostenible en resultados y constante en el transcurso del tiempo. La gestión adecuada en productividad permitirá; poder tener un adecuado desenvolvimiento ante los escenarios de los presupuestos asignados, un mejor manejo de la gestión de costos del proceso, proveedores de servicios con precios competitivos y entregas a tiempo, un mejor rendimiento hombre – máquina, trabajadores enfocados con mayor compromiso al proceso, mejor control ante los índices de accidentabilidad, personal más motivado, mejora en los indicadores económicos de la empresa minera, entre otros. Estas premisas en gestionar la productividad permitirán asegurar el crecimiento y la sostenibilidad de la unidad minera durante los años próximos.

Estas características del sector hacen tener la necesidad de enfocar y viabilizar objetivos claros con parámetros estratégicos que generen valor a la unidad minera, siendo estos con enfoque en la excelencia operativa y calidad del producto, buscando incansablemente la adecuada gobernanza para mantener la sostenibilidad de estos resultados óptimos. El cambio constante y acelerado en el mercado, hace que las empresas realicen transformaciones relevantes, para lograr adaptarse y mantenerse vigente dentro de la actividad que realiza (Cochoy et al., 2018).

Por lo mismo, las compañías mineras están enfocadas en mejorar continuamente, esto involucra analizar cada proceso de la organización, por lo que se ha tornado indispensable el profundizar en la cultura de continua de perfección, que consecuentemente, logra disminuir diversos aspectos como tiempo, costos de entrega, seguridad, satisfacción, aumento de la productividad, ventas, entre otros aspectos que generan valor a la organización. Bajo este enfoque, de mejoramiento continuo, se necesita configurar una base sólida que asegure dar sostenibilidad en el tiempo a cada resultado esperado de cada proceso crítico estratégico analizado, además de detectar errores o áreas de posibles mejoras, lo que implica ejecutar diversos mecanismos, herramientas y metodologías que encaminen el logro de las metas organizacionales propuestas y aseguren los resultados esperados a largo plazo. Para efectos de esta investigación se ha realizado un análisis a la compañía minera Sierra Metals, unidad de operaciones Yauricocha debido a la necesidad de obtener mejores resultados operativos y que estos sean constantes en el tiempo.

La compañía minera Sierra Metals, con unidad operativa Yauricocha; lugar de investigación; se enfoca actualmente en mejorar la calidad de sus procesos teniendo como meta alcanzar a estar entre los mejores productores latinoamericanos de concentrados de zinc y cobre, manteniendo niveles de costos bajos y asimismo busca incrementar los niveles de producción, recursos y reservas. Por lo tanto, el enfoque fue realizar cambios en el sistema de gestión de operaciones mina, considerando la importancia de tener una cultura de mejora continua, de acuerdo con este supuesto de cultura, el uso de la filosofía Lean Six Sigma, permitirá a la unidad minera Yauricocha en alcanzar las metas establecidas de manera sostenible.

En este sentido, esta investigación se centra en la implementación de una filosofía orientada a la gobernanza, cultura, liderazgo, motivación y calidad; traduciéndose en una mayor eficiencia y reducción de costos. Actualmente encontramos diversas metodologías enfocadas a diversos aspectos en busca de la adecuada gestión del proceso o proyecto; entre ellas tenemos; 1) la metodología Cascada, enfocada en el proceso lineal en el que el trabajo se realiza de manera escalonada y en orden secuencial; 2) la metodología Kanban, enfocada en representar la gestión de las tareas a realizar del proyecto, usando elementos visuales como tableros de control; 3) la metodología Prince2, tiene como objetivo definir roles y la gestión del soporte; 4) la metodología Scrum, se basa en el uso de sprints cortos que se usan para crear un mini ciclo del proyecto; 5) la metodología Scrumban, es un híbrido entre la metodología Kanban y Scrum; 6)

la metodología PDCA, enfocada a la mejora continua, da pautas de planificación, ejecución, verificación y acción en el proceso; 7) la metodología Ágil, son de enfoques específicos al proyecto, permitiendo crear una gestión desde el plan concreto y su generación de valor; entre otras metodologías de estudio.

Estas metodologías se enfocan al proceso o al entregable, ofreciendo manuales, herramientas y mecanismos para la obtención del objetivo esperado. En cambio, la denominada Lean Six Sigma, es una filosofía, que no solo ofrece mecanismos y herramientas, sino que también construye bases sólidas de gestión y generación de cultura a todo nivel jerárquico; enfocándose en la estrategia de la gobernanza y participación de la alta gerencia, así como en la gestión de personas directas e indirectas al proceso, en busca del desarrollo y motivación de estas. Buscando optimizar los resultados de la organización demandando la efectividad y eficiencia del proceso, por lo tanto, cada proceso crítico estratégico de la organización se va a desarrollar paso a paso hasta lograr mejorar sus resultados, estos serán más flexibles, de alta producción, enfocados a eliminar desperdicios y lograr conseguir un producto de calidad; estos logros han de realizarse optimizando los recursos, ya sea en inventarios, recursos humanos, espacios físicos o herramientas. Su metodología es dinámica, busca eliminar desperdicios continuamente, a gestionar bajo análisis estadístico, tiene como base el conocimiento a profundidad de los procesos de la organización, toma de datos y su foco se centra en el resultado. La ejecución de esta filosofía implica que los trabajadores cooperen con la organización en base a su buen desempeño, por lo que conlleva a valorarla por convertirse en una ventaja competitiva.

Con el desarrollo de esta investigación, se busca obtener los resultados esperados por la empresa con un nivel de sostenibilidad duradera en el tiempo. También lograr que la organización y sus colaboradores logren adaptarse a los nuevos cambios de manera efectiva, para poder responder de manera competente a cualquier demanda producida en el mercado; no solo enfocados en un crecimiento económico, sino que esté enfocado en el perfeccionamiento del proceso y de los trabajadores tanto personal como profesionalmente pues el rol que desempeñan en cada proceso es fundamental para el logro de objetivos organizacionales.

Al involucrar al personal o colaboradores, se debe tener en cuenta que son estos colaboradores los que han de poner sus conocimientos y esfuerzos en los procesos críticos estratégicos, ya que ellos son un punto importante en el mejoramiento continuo de la empresa,

por lo que toda intervención que involucra la mejora de la productividad tiene su origen también en las personas.

Por lo tanto, la investigación se enfoca en la productividad de los recursos y procesos; siendo este el uso adecuado de los recursos, disminuyendo los desperdicios y mejorando los rendimientos del proceso. A su vez, se considera la investigación como un elemento clave en el logro de las metas organizacionales y es fundamental para el crecimiento y sostenibilidad de la organización. En consecuencia, la productividad se convierte en objetivo primordial de las empresas, y el esfuerzo que ofrecen los colaboradores están principalmente enfocados en cumplir este objetivo (Suarez, 2018). Compilando, la productividad involucra a los colaboradores y los procesos críticos estratégicos; estar en el marco de la mejora continua significa ser capaz de utilizar los recursos de manera efectiva, optimizar metodológicamente los procesos, generando bases sólidas de gestión y finalmente compararlos con los productos obtenidos. En consecuencia, aplicar la filosofía Lean Six Sigma en la compañía Sierra Metals, puede ayudar a lograr las metas esperadas en la unidad minera Yauricocha.

Por lo tanto, esta investigación se orienta en dos aspectos fundamentales, la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y la productividad, puesto que ambos temas se consideran de alto impacto dentro del desarrollo competitivo de la organización. Por lo que la investigación presenta una evaluación respecto de la productividad a partir de los cambios generados con la implementación de la filosofía Lean Six Sigma.

El desarrollo de esta investigación ofrece una contribución descriptiva sobre la filosofía Lean Six Sigma, sabiendo que su correcta ejecución se basa en la definición del proyecto, procesos y toma de datos, en la medición de los puntos a evaluar y estudiar, en el análisis de resultados, la implementación de herramientas y control de resultados, obteniendo los adecuados conocimientos de los procesos de la organización, así también el carácter de las herramientas que se usan en cada fase de esta metodología, con lo cual se profundiza en la comprensión de su aplicabilidad; beneficiando de este modo en la optimización de tiempos, creación de valor, eliminación de desperdicios, motivación al personal y optimización de costos para la organización, esto también se traduce en ganancias económicas y satisfacción al personal como al cliente. Por lo tanto, también permite que la compañía Sierra Metals logre desarrollar una ventaja competitiva desde la perspectiva del mejoramiento continuo al lograr alinearse con los conocimientos de la filosofía Lean Six Sigma.

En consecuencia, bajo este enfoque se plantea por hipótesis en este trabajo de investigación que, la implementación de la filosofía Lean Six Sigma mejorará la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, en el periodo de implementación en los años 2021 y 2022. Siendo el objetivo principal de este trabajo de investigación el determinar si la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, en función a las variables de interés de la empresa. Teniendo tres objetivos específicos en el trabajo de investigación; examinar el modo en que se desarrolla la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma en la Compañía Minera Sierra Metals Corona; examinar el modo en que se desarrolla la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona y analizar la relación entre la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante la fase de implementación en el periodo 2021 y 2022.

El diseño metodológico que orienta la presente investigación considera las siguientes características: Este estudio concierne al tipo de investigación aplicada, dado que trata de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma dentro los procesos operativos de interior mina, en las actividades de avances de laboreo minero, centrándonos en el análisis y control de la fase de perforación y voladura, asimismo se analiza el efecto en la productividad de la empresa. La definición de Hernández et al. (2018) correspondiente a la de investigación de tipo aplicado, es aquella que tiene como objetivo crear conocimiento con aplicación directa a problemas de la sociedad o de un sector industrial.

Enmarcado dentro del nivel de investigación explicativo, puesto que, se analiza el efecto que tiene la implementación de la filosofía Lean Six Sigma sobre la productividad; la investigación de nivel explicativo para Sánchez et al. (2018) es el análisis y explicación de la información obtenida al diagnosticar las propiedades y efectos de una variable sobre otra variable. Se usa un diseño investigativo correlacional – causal, en este sentido, para Hernández et al. (2018) el propósito de este tipo de diseño es medir el grado de causalidad o efecto además de la relación que existe entre dos o más variables.

La población se constituye por los colaboradores de la Compañía Minera Sierra Metals, UEA Yauricocha, de que comprende entre obreros, supervisores y directivos una totalidad de 580 personas; con un muestreo de tipo probabilístico simple, determinando así una muestra mayor a 30 sujetos que forman parte de la investigación. Para Carrasco (2019) una población se

compone de unidades de análisis pertenecientes al ámbito de investigación, mientras que una muestra es una porción que representa a la población de manera imparcial y precisa, lo que permite que los resultados puedan extenderse a toda la población de manera general.

Para la obtención de datos en la fase inicial se tomaron en cuenta los registros documentales de gestiones anteriores para su digitalización, para el estudio de la situación actual y posteriormente se implementó el registro de datos digitales para el adecuado análisis y control, así como las capacitaciones de la filosofía Lean Six Sigma al personal siendo estas las fases iniciales para el proceso de evaluación al cumplimiento de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y por ende evaluar la productividad, asimismo se presentan cuadros de gestión, análisis y controles de resultados de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma.

Para dar a conocer los resultados obtenidos en la investigación, primero se hace un análisis descriptivo tanto de la Compañía Minera Sierra Metals, UEA Yauricocha y de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma paso a paso. Así mismo se evalúa el avance de la implementación de esta filosofía Lean Six Sigma, presentando los datos descriptivos por variable y dimensiones, de manera porcentual en gráficos. Finalmente se presentan los resultados para evidenciar la mejora en la productividad a partir de los cuadros de control y resultados de cierre. Usando como herramientas digitales de análisis y control la hoja de cálculo Excel y el programa estadístico Minitab.

Los datos que se obtengan en el presente estudio no están alterados ni manipulados, por lo tanto, sirven de base en nuevos estudios. Así mismo el desarrollo de la investigación tiene presente la objetividad, confidencialidad y originalidad.

Finalmente, la presentación de esta investigación se distribuye en cuatro capítulos. Siendo el primero donde se desarrolla el estado del arte para contextualizar información sobre la filosofía Lean Six Sigma y la productividad. El segundo capítulo abarca la problemática de la investigación respecto a la situación de la Compañía Minera Sierra Metals, UEA Yauricocha, en búsqueda de nuevas metodologías que logren incrementar la productividad, así como mantener la sostenibilidad de estos resultados en el tiempo. En el tercer capítulo se desarrolla la propuesta de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma aplicando la técnica DMAIC (definir, medir, analizar, implementar y controlar) y se evalúa el impacto en la productividad de la Compañía Minera Sierra Metals, UEA Yauricocha. Por último, se presentan conclusiones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

Lean Six Sigma es una filosofía de gestión, que ayuda a comprender la importancia de mejorar la productividad a través de la eliminación de desperdicios encontrados en el proceso y la variabilidad de resultados. El cual depende de una correcta implementación de sus metodologías y herramientas, así como liderar en la mejora de la productividad y crear agentes del cambio.

Esta filosofía Lean Six Sigma integra dos enfoques para una adecuada gestión, el Lean para productividad con procesos flexibles, trabajo en equipo, procesos estables y flujos continuos con la aplicación de herramientas Lean y el enfoque Six Sigma para la calidad con solución de problemas, procesos sin variación y rediseño e innovación utilizando la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, implementar y controlar) y herramientas estadísticas con el uso del software Minitab.

Los fundamentos de Lean Six Sigma se basan en mantener la filosofía desde la dirección, los procesos, las personas y la resolución de problemas. Manteniendo un posicionamiento firme, en la cultura del liderazgo, la estabilidad, velocidad, calidad y equipo motivado para el cumplimiento de objetivos trazados.

1.1. Estado de la cuestión

1.1.1. Productividad

La productividad es vista como el logro más significativo para la entidad, ya que son los empleados quienes, basándose en sus habilidades y su conocimiento, pueden generar modificaciones y mantener mejoras constantes. Además, gracias a su competencia en el ámbito laboral, se puede alcanzar un alto nivel de calidad en los productos o servicios ofrecidos. En consecuencia, la productividad asegura el progreso futuro de la organización (Fontalvo et al. 2018) y es la relación existente entre la cantidad de productos o servicios realizados y la cantidad de recursos utilizados, donde se denota la eficiencia, eficacia y efectividad con la cual los recursos humanos, capital, conocimientos, energía, etc. son usados para producir bienes y servicios en el mercado (Martínez, 2007).

La productividad en minería se enfoca en el rendimiento de cada uno de los procesos que involucran el logro del producto final, incluye tanto los procesos operativos como los procesos de soporte. Interactuando tanto con el recurso humano, así como el recurso máquina. En minería subterránea específicamente, cual modelo es el estudio de este trabajo de

investigación, implica tener en mayor incidencia un enfoque de la productividad de los trabajadores y su desempeño en cada proceso operativo o de soporte, y su desenvolvimiento con la interacción de la maquinaria usada en el proceso. La medición de la productividad se da en función al modelo de gestión que está direccionada la empresa minera, entre estas predomina el desempeño realizado por tres indicadores; rendimientos estratégicos, rendimientos tácticos y rendimientos operativos. Los rendimientos estratégicos; son aquellos desempeños medidos a nivel gerencial, los cuales involucra el desempeño de la gestión en sí, siendo los indicadores los relacionados al producto final en sí, como por ejemplo toneladas por hombre guardia o costo por tonelada. Entre los rendimientos tácticos, se considera aquellos rendimientos direccionados a corto plazo, que involucran la entrega de cada área del proceso, sean las áreas de operacionales o de soporte, como por ejemplo toneladas por día, costo por día, metros perforados por tonelada rota, entre otros. Finalmente, los rendimientos operativos, son aquellos desempeños medidos directamente del resultado de la actividad de cada proceso, entre ellos tenemos, toneladas por hora de limpieza de mineral, horas de utilización, efectividad de voladura, horas de perforación, entre otros. Por ende, la gestión en productividad en la minería es fundamental para asegurar la adecuada rentabilidad y un crecimiento sostenible de la operatividad de la empresa minera.

Según Koontz y Weihrich (2012) para la evaluación de la productividad, se pueden considerar los siguientes criterios de medición:

- ❖ **Eficiencia;** se refiere a la relación entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad estimada producida, así como a la tasa de utilización de dichos recursos para generar productos. Implica hacer un uso de los recursos disponibles y se logra comparando el rendimiento real de las actividades o condiciones actuales con un estándar de rendimiento previamente establecido y aceptado. La eficiencia también se basa en la cantidad de trabajo valioso que una persona produce en relación con el esfuerzo y el tiempo invertidos. Su enfoque se centra en lograr objetivos utilizando los recursos disponibles.
- ❖ **Eficacia;** implica evaluar el impacto de los costes, así como de los productos o servicios ofrecidos. No basta con producir un servicio o producto que sea referente en términos de cantidad y calidad; también debe estar dentro de los términos presupuestales, así influir en el mercado y generación de impactos positivos.

- ❖ **Efectividad;** por otro lado, se refiere a la relación superior entre el resultado obtenido y el resultado planificado, lo que permite evaluar el grado esperado de los objetivos establecidos. Aunque la cantidad a menudo se considera como un único criterio, hay diferentes enfoques: los enfoques efectivos con costos controlados, donde no solo el resultado es lo más importante, sino también el costo esperado. La efectividad se relaciona con la productividad y tiene un impacto en la obtención de resultados superiores y más significativos.

1.1.2. La filosofía Lean Six Sigma

En la actualidad, se están explorando diversas metodologías y herramientas para potenciar los resultados operacionales al máximo. Sin embargo, es importante destacar que muchas de estas perspectivas, métodos y herramientas se enfocan en la mejora de las entregas de producción o producto final. En este sentido, Lean Six Sigma logra abordar mejoras en cada etapa del proceso, considerando aspectos como la calidad, los costos, los factores que están fuera del control directo, los elementos críticos, la reducción de desperdicios y la satisfacción de las necesidades del cliente (Zimmermann et al., 2020). La filosofía Lean Six Sigma es un enfoque de gestión holística, empleado para elevar la efectividad de cada variable del sistema de supervisión, el cual se adapta de manera específica y singular a los diversos procesos de la organización.

El estudio se basa en los fundamentos de la filosofía Lean Six Sigma y su implementación en cada etapa del proceso de generación de valor. Su ejecución requiere la adhesión a los principios y estándares que se adecuen a las distintas actividades de la empresa, además de la evaluación de su cumplimiento en función de los objetivos establecidos. Esta también puede definirse como un enfoque que busca optimizar los procesos para lograr resultados consistentes y predecibles, considerando la disminución de defectos y la variabilidad inherente al proceso (Martínez et al., 2019). Así, el insertar esta filosofía en los principios de gestión de la empresa, abarcando a todo nivel de su estructura organizacional; desde la alta gerencia hasta personal de piso, podemos lograr forjar en este sentido resultados con altos estándares y permanentes en el tiempo. Considerando la eliminación de defectos y la disminución de la variabilidad del producto final como estrategias claves de seguimiento en la

implementación. Estas premisas son factores exclusivos diferenciadores a las demás metodologías existentes.

La filosofía Lean Six Sigma, considera, el factor humano y la gestión de información como principales elementos de existencia, siendo estos adherentes a la industria minera, tanto en el trabajo con personal calificado, así como manejo de información en los diferentes procesos de la cadena de valor, en función a la siguiente:

A) Dimensiones

Las medidas adoptadas para el análisis de la filosofía Lean Six Sigma se ajustan según el enfoque DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) (Hernández et al., 2021). Por ende, esta filosofía se basa en la identificación del problema, la medición, el análisis, la implementación de mejoras y el control de cada proceso implicado (González et al., 2021). La postura DMAIC es la secuencia de las fases a seguir en la implementación de la filosofía Lean Six Sigma, en función al proceso estratégico que requiera la empresa. Definir; es conceptualizar, identificar y conocer a detalle la organización en función a sus procesos críticos estratégicos, medir; es establecer métricas, indicadores claves del proceso, para sus mediciones en campo y poder generar base de datos, analizar; es el uso de la estadística para evaluar los resultados obtenidos, mediante el uso del software Minitab y poder genera predictivos óptimos del proceso, mejorar; es la implementación de las acciones acordadas para poder mantener los escenarios óptimos esperados y controlar; es el uso de la gestión de datos para poder tomar medidas de acción ante desvíos y así poder mantener una menor incidencia de defectos y minimizar la amplitud de variabilidad.

- ❖ **Definir;** en esta fase, el objetivo se materializa y valida en relación con los problemas o defectos presentes en los procesos críticos estratégicos de la empresa y también se establece quiénes son los participantes clave del programa. Según Evans y Lindsay (2015), esta etapa de definición se basa en la precisa delimitación del problema. Por lo tanto, resulta crucial examinar detenidamente los signos que denoten la existencia de problemas, siendo necesario un nivel de detalle específico. El entendimiento adecuado de estos indicios facilitará el análisis subsiguiente (p. 511).

Por lo tanto, definir implica detallar el complejo instante de una tarea interconectada con otra. Esta descripción persigue exponer los aspectos fundamentales de dichos problemas, con el propósito de abordar estas circunstancias y alcanzar su resolución, que constituye el objetivo principal. Este producto de definición debe permanecer vigente para reducir cualquier desviación que sea inconsistente con el proceso de producción o producto final.

En esta etapa, para Bolaño (2018), es esencial detallar los objetivos del plan, así como los criterios de evaluación para determinar su consecución. Además, se deben tomar en cuenta tanto los límites de acción como los posibles beneficios. En esta fase, también se identifican y especifican los colaboradores que desempeñarán un papel en la ejecución del plan.

Por lo tanto, la etapa de definición se centra en llevar a cabo una discriminación adecuada, estableciendo de manera precisa y conceptualizada los problemas críticos identificados. Al mismo tiempo, se establece un marco de intervención que resulte beneficioso al momento de la acción. Al cumplir efectivamente con esta fase, se logrará una comprensión clara de los defectos que deben abordarse, lo cual finalmente se traducirá en beneficios valiosos para la empresa (Pérez et al., 2020).

❖ **Medir;** en esta fase, para Carrillo et al. (2022) se lleva a cabo una evaluación de las técnicas utilizadas para identificar errores. En esta perspectiva, el proceso de medición implica la selección de una unidad de medida que permita realizar comparaciones entre las situaciones verificadas. Esto se hace con el propósito de establecer la función que desempeñan en relación con los problemas o defectos identificados. Dentro de la fase de medición, se encuentran enunciados de naturaleza compleja que asisten en la descripción de esta etapa, así como recomendaciones para definir las características de la unidad que se empleará en este proceso. Así como sugerencias para establecer las características de la unidad que se usará en cada tarea.

Para Carrillo et al. (2022) es esencial llevar a cabo una planificación e implementación de directrices para el rastreo de problemas, con el fin de estandarizar el tipo de medida y la forma en que se evalúa cada proceso productivo. En consecuencia, el acto de medir se considera un procedimiento fundamental, a partir del cual se efectúan comparaciones entre un estándar seleccionado y los resultados de los procesos de la

empresa. Durante esta fase, se recopilan ideas que serán elegidas teniendo en cuenta la visión de la empresa. Para que esta selección sea lo más efectiva posible, la empresa debe estar consciente de la adaptabilidad a las técnicas y en este contexto, resulta crucial establecer con precisión la capacidad de la empresa.

Según Perales (2018) en esta fase, es crucial obtener un entendimiento exhaustivo de cada proceso productivo para validar las medidas que se utilizarán. También se establece el alcance del análisis. Para llevar a cabo la medición, resulta fundamental analizar y validar los sistemas con el propósito de asegurar la consistencia de estas mediciones. Esto permite evidenciar una comprensión profunda del contenido de los problemas o errores, con el objetivo de establecer una perspectiva clara de la situación. Esto a su vez facilita que los colaboradores puedan apreciar y comprender la situación.

❖ **Analizar;** en esta fase se buscan las raíces de los problemas o defectos. Según Evans y Lindsay (2015), el objetivo es encontrar soluciones mediante una comprensión fundamental del contexto problemático y de sus causas subyacentes. Durante esta etapa, se investigan las razones detrás de la ocurrencia o manifestación de variaciones, errores o defectos. En consecuencia, el proceso de análisis implica alcanzar una comprensión detallada de un fenómeno específico, desglosando la investigación en sus componentes. Esto busca obtener un conocimiento concreto de cada elemento de la situación, permitiendo identificar las raíces de los errores, problemas o defectos. Al reconocer estas causas, también se establecerán las interrelaciones entre ellas.

Para esta etapa Carrillo et al. (2022) señala la necesidad de emplear herramientas estadísticas que se adapten a la situación, lo cual permitirá una representación más precisa y cercana a la realidad. Por ende, el análisis se posiciona como una etapa de relevancia fundamental, ya que implica la descomposición de la situación global en sus componentes detallados. Esta descomposición busca lograr una comprensión más completa y precisa de la realidad mediante diversos enfoques.

❖ **Mejorar;** en esta fase se determinan las mejoras que se realizarán buscando no superar la inversión trazada.

En esta etapa, según Evans y Lindsay (2015), se recopilan diversas ideas creativas con el objetivo de abordar y resolver los problemas. Este proceso puede generar

una amplia gama de soluciones que no se habían considerado previamente. Sin embargo, surge la dificultad de evaluar estas ideas con un análisis detenido previo. Por lo tanto, mejorar implica validar los avances que permitan superar el estado actual y avanzar hacia un nivel superior. Se busca lograr un cambio significativo pero controlado después de enfrentar el problema.

Para Carrillo et al. (2022) es esencial que las actividades en cada proceso se sometan a mejoras constantes, lo que lleva a la generación de nuevas y más prácticas técnicas de optimización. En consecuencia, mejorar se fundamenta en la eficacia del refinamiento del tiempo mediante la aplicación de técnicas más efectivas. Esto conduce a la obtención de resultados óptimos y, por ende, contribuye al progreso continuo de la empresa.

Según Perales (2018) la etapa de mejorar implica llevar a cabo acciones y procedimientos que permitan corregir los defectos, dificultades o errores presentes en los procesos de producción. Es fundamental tener en cuenta los principios organizacionales durante este proceso de corrección (p. 461).

En la fase de mejorar, se propone la implementación de la filosofía construida sobre las fases previas. De manera decisiva, se busca lograr la corrección y disminución de los problemas identificados. En esta etapa, se dispone de varias alternativas para aplicar la filosofía, dependiendo de la prioridad establecida, y se cuenta con el respaldo de diversas herramientas específicas de esta fase.

❖ **Controlar;** durante esta fase, se adoptan acciones con el propósito de exhibir una constante mejoría derivada de las modificaciones implementadas. La evaluación se lleva a cabo en concordancia con las demandas de la empresa y siempre manteniendo la atención en las necesidades encontradas.

Para Carrillo et al. (2022) es crucial disponer de herramientas de medición adecuadas para asegurar la persistencia de las mejoras implementadas en el proceso de producción de la empresa. Estos instrumentos permiten afirmar que las modificaciones significativas realizadas se mantengan en los niveles óptimos previamente establecidos. Para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los avances logrados mediante las nuevas medidas y sistemas, la fase de control se encarga de asegurar con certeza la permanencia de los cambios realizados.

El control, está basado en exteriorizar los resultados de la ejecución de la filosofía, por lo tanto, en esta etapa, que no solo se realiza en la alta dirección, se debe contar con una evaluación de confirmación que permita expresar de manera prolongada la mejora realizada, esta valoración es realizada previa a la implementación y difusión del estándar de la buena práctica obtenida y generación del formato de observación de la tarea.

Esta etapa implica comprobar la efectividad de las modificaciones ejecutadas en los procesos, considerando su progreso a lo largo del tiempo. En este punto, resulta esencial establecer directrices que permitan evaluar el grado de implementación y aplicación de los cambios en el proceso. En resumen, la etapa de control se centra en detectar y corregir desviaciones que puedan obstaculizar la efectividad de un proceso productivo durante la implementación de la filosofía. Para lograr esto, es necesario contar con un conjunto de directrices que indiquen el nivel de cumplimiento de los indicadores establecidos, y los datos recopilados se utilizan para abordar situaciones que surgen durante la implementación (Jamila et al., 2020).

Perales (2018), la etapa de control se presenta como un proceso destinado a mantener los cambios de mejora implementados. Esta fase se despliega a través de las siguientes etapas: proceso, documentación y seguimiento. Por lo tanto, el control se basa en un diseño de supervisión constante, guiado por la evaluación del grado de ejecución de la mejora implementada. Su objetivo es alcanzar la inserción al proceso de los refinamientos planificados. Esta etapa se reconoce como una de las más desafiantes, ya que la conservación de las acciones de mejora depende de la formalización organizacional del refinamiento de las tareas y del seguimiento de estas con evaluaciones de control. También implica que los miembros del equipo hayan sido informados y capacitados de estas buenas prácticas y se hayan adaptado a estos cambios.

1.2. Marco teórico

1.2.1. La productividad

La palabra productividad se usa tanto hoy en día en muchas empresas, privadas y públicas, la usan para medir su crecimiento y desarrollo. Se muestra a continuación diversas definiciones de esta palabra. Gutiérrez (2019) define la productividad como una medida de qué tan bien se utilizan los recursos económicos en la producción de servicios y bienes; se traduce en la correspondencia entre el recurso utilizado y el producto, y también se refiere a los esfuerzos del recurso humano, el dinero, el conocimiento, la energía, etc., se emplean para producir servicios y bienes en el mercado.

La productividad se describe como una medida cuantitativa que tiene como objetivo medir la efectividad de algo que se usa, como las horas que funciona una máquina, la cantidad de energía o el trabajo requerido para completar las tareas (Fontalvo et al., 2017).

El principal indicador de la baja o alta productividad se visualiza en la capacidad de una máquina y/o trabajador para producir un producto definitivo o servicio de manera efectiva y rápida utilizando muy pocos recursos.

El aprendizaje activo de la productividad se considera un factor clave para lograr la alineación con los objetivos organizacionales y es esencial para mantener y continuar mejorando la empresa. Es importante considerar este punto ya que es útil para una organización que funcione bien.

Según Carro y Gonzales (2017) el éxito de la productividad es el resultado de un sistema mental que permite que las personas en el trabajo puedan contribuir con todos los recursos, fondos y recursos tecnológicos que se conjugan en las empresas para producir bienes y/o servicios con el fin de incrementar la competitividad, la economía nacional, mejorando la estabilidad de la empresa, y manteniendo y ampliando el negocio de los empleos y la producción del país y aumentando los ingresos de los trabajadores. Según esta definición, el éxito depende de todas las formas que la organización pueda brindar y del apoyo que reciban los empleados.

Productividad nos dice que es la medida de qué tan bien usamos el dinero y el trabajo para originar un valor económico. Alta productividad significa que se puede generar más riqueza con menos capital o menos trabajo. Más producción significa que se puede generar más con el mismo volumen (Galindo y Ríos, 2015).

Travieso (2022) define la productividad como una actividad importante dentro de la empresa, ya que son los empleados quienes usan su conocimiento y experiencia para cambiar, continuar el conocimiento, la calidad del trabajo, el desarrollo de servicios y productos y gracias a ellos se garantiza el futuro y crecimiento de la empresa. Por tanto, debe quedar claro y bien entendido que el valor de la organización o de la empresa no solo abarca; finanzas, ventas, ingeniería, producción, mantenimiento y administración, sino también que, por ejemplo los mejores empleados sepan cómo influir en estos aspectos y tener en claro en que las metas de la organización que se han propuesto puedan lograrse; mientras las personas y las cosas estén bien integradas, el trabajo comenzará a obtener los resultados deseados y a generar valor a la empresa.

Las organizaciones deben enfocarse en asegurar que su táctica sea productiva, ya que de ella depende su éxito, es decir, debe tener una estrategia que pueda ser utilizada de manera efectiva en su gestión. A lo largo del tiempo, el compromiso recibido por toda la empresa en estas actividades debe ser sostenidas, por lo que la correcta interpretación hace que esta táctica sea exitosa, aumentando las posibilidades de éxito de la empresa. Por otra parte, el tipo de responsabilidad y trabajo se distribuirá de forma diferente, el cual permite a cada persona elegir el lugar que puede ocupar y le da oportunidades a tomar decisiones adecuadas.

Aunque se dificulte para una empresa ser productiva es necesario contar con una estrategia clara, definida y compartida, un organigrama específico y una asignación de tareas bien estructurada. Desarrollar una productividad adecuada es uno de los factores que, en el marco de la teoría del crecimiento económico, fue importante para alcanzar niveles y cotas importantes de crecimiento. Por el cual ha estado presente en todos los estudios considerados hasta ahora y no puede soslayarse en el estudio de este caso.

1.2.2. La productividad en minería

La productividad en minería es importante para asegurar la efectividad de la extracción de minerales o recursos valiosos, por medio de la optimización de procesos y ampliación de recursos para obtener el máximo rendimiento a un menor costo posible. Para lograr una alta productividad se emplean diversas estrategias, entre ellas; la capacitación y desarrollo del trabajador, capacitándolos en la ejecución de cada tarea paso a paso, de manera segura y efectiva, haciendo que también estén preparados para poder identificar y resolver problemas. La

inversión en implementos de seguridad para asegurar la productividad de manera segura a un largo plazo no solo es asegurar la vida y salud del trabajador, sino también su entorno para un desempeño productivo a largo plazo. También la inserción de tecnología a los procesos mineros impacta en el incremento de productividad, aprovechando el incremento de ventana horaria en el uso de equipos pesados, por ejemplo, en equipos de perforación de taladros largos, donde el uso se amplía a 24 horas diarias versus 14 horas diarias de operación manual. Así también involucra en la calidad del desempeño del proceso, así como jumbos de perforación de taladros horizontales automatizados generando mayor precisión en la perforación versus una perforación manual en el proceso. A esto se suma las metodologías de aplicación, planificación y gestión que sean efectivas al proceso minero, así como el estudio detallado del recurso mineral como sus características geológicas inherentes a su entorno, la detección de concentración de valor mineral, así como el diseño subterráneo adecuado para maximizar la recuperación del recurso mineral, y la adecuada metodología de gestión para tener un proceso productivo con resultados esperados y sean estos constantes a lo largo del proyecto minero.

Entre los factores que influyen la productividad del sector minero tenemos:

- **Seguridad y capacitación;** es direccionar un entorno laboral que asegure la vida y salud de las personas, enfocada en la reducción de accidentes e incidentes, el cual contribuye a un entorno de mayor productividad, así como la adecuada capacitación al personal para una mayor efectividad en los procesos asociados.
- **Inversión en equipos;** es el uso de equipos que ayuden a ser más eficientes en los procesos de extracción de mineral, así como maquinarias de acarreo, transporte, perforación, entre otros.
- **Optimización de los procesos;** estudiar y mejorar cada proceso, como procesamiento, tratamiento, rotura, perforación, voladura, transporte, entre otros, puede ayudar a incrementar la producción y reducir tiempos.
- **Planificación y gestión;** una adecuada planificación de las operaciones mineras, tanto como diseño de mina y plan de extracción de minado, así como una gestión efectiva del recurso humano, proceso y financiero, pueden mejorar significativamente la productividad de la empresa minera.

- **Tecnología y automatización;** la inversión en tecnologías modernas, como la automatización, uso de softwares, gestión de flotas, big data, dan a aumentar la efectividad y reducir errores en el proceso.

La productividad en minería es la interacción de una adecuada gestión en función a la seguridad del personal y proceso, inversión de maquinaria y tecnología, niveles estratégicos de planificación y gestión, así como tener un equipo humano bien capacitado y comprometido en cada proceso. Al optimizar estos aspectos en la operación minera pueden asegurar niveles altos de productividad.

1.2.3. Metodologías de gestión en la industria minera

Para mejorar la efectividad, la seguridad y la rentabilidad de las operaciones mineras, la selección y ejecución de la metodología de gestión dependerá de las necesidades y objetivos específicos de cada empresa minera. Por ende, para optimizar el proceso operativo, asegurar la efectividad y entorno laboral, mencionamos las siguientes metodologías:

- Gestión de la calidad total (TQM); esta gestión se enfoca en la mejora de la calidad de los procesos y productos, por medio de la participación de todos los trabajadores para la identificación y resolución de problemas.
- Gestión de la cadena de suministro; es la gestión efectiva de la cadena de suministros en sí, para asegurar la inserción oportuna de equipos, materiales y herramientas necesarias para el proceso operativo, esto incluye optimización del proceso logístico y de la gestión de almacenes.
- Gestión de activos; esta se enfoca en maximizar los valores de los activos de la empresa minera a lo largo del ciclo de vida del activo, esto significa prevalecer y optimizar la utilización de los activos de alto costo.
- Gestión de riesgos; la actividad minera en sí es una actividad de alto riesgo, por ende, esta gestión de riesgos es de importancia identificar, evaluar, controlar y mitigar los riesgos involucrados en los procesos mineros, considerando riesgos de seguridad, ambiental y financieros.

- Gestión Six Sigma; esta se enfoca en la reducción de defectos y la optimización de procesos, mediante el manejo de datos y el análisis estadístico de estos.
- Planificación estratégica; esta implica asignar objetivos a largo plazo, el cual implica identificar estrategias para el cumplimiento de los objetivos y la adecuada asignación de recursos para implementar las estrategias.
- Gestión ambiental; esta se enfoca en minimizar el impacto ambiental de los procesos mineros, en el cumplimiento de las regulaciones ambientales y la promoción de buenas prácticas.
- Lean manufacturing; esta es una metodología que busca eliminar los desperdicios y optimizar los procesos operativos.
- Mantenimiento predictivo; esta utiliza datos y el análisis de estos, para predecir la probabilidad de que falle un equipo y así poder ejecutar el mantenimiento preventivo antes de que ocurra la falla.
- Gestión de proyectos; esta se enfoca en los proyectos en sí, la cual gestiona en la planificación, ejecución y control de proyectos específicos, así como nuevas construcciones, ampliaciones e implementaciones. Esta se basa en la definición de objetivos claros, adecuada asignación de recursos y al seguimiento del progreso del proyecto.
- Kaizen; es una filosofía enfocada en la mejora continua de los procesos, dando valor a los pequeños incrementos logrados, esto implica la identificación de desperdicios, ineficiencias operativas e implementaciones de mejora paso a paso.
- Hoshin Kanri; es una metodología de gestión estratégica enfocada en alinear objetivos de interés de la organización y asegurar que todas las áreas operativas y de soporte contribuyan con la obtención de los objetivos.
- PDCA; esta es la ejecución de las siglas planificar, hacer, verificar y actuar, este ciclo de PDCA es una metodología de mejora continua, que se enfoca en resolver problemas y optimizar procesos.
- Lean Six Sigma; esta filosofía combina principios de Lean Manufacturing con la gestión estadística de datos para la reducción de la variabilidad, mejora de la

calidad y eficiencia de procesos. Combinando varios principios en la generación de una cultura enfocada a la productividad y calidad del proceso.

- Gemba Kaizen; esta se enfoca en la mejora continua por medio de la observación directa y el involucramiento activo en el lugar de trabajo de las operaciones directas.

1.2.4. Implicancia de la implementación de la filosofía Lean al sector minero

Al presente, en el sector minero, se están usando parcialmente diversas metodologías para lograr la mejora del proceso productivo de la empresa, como la mejora continua de Deming, uso de las 5S, uso de herramientas tradicionales generadas en la misma empresa, entre otros. Así, dentro de estas metodologías, encontramos las que se basan en la filosofía Lean, por lo que a continuación se definen algunas características más relevantes referidas a la aplicación e implementación de esta filosofía Lean en el sector minero; entre ellos se destacan:

- ❖ Según Freire y Alarcón (como se citó en Castillo, 2017) el principio que impulsa la filosofía Lean tiene un alto potencial, donde los resultados satisfacen los objetivos de la industria minera. Este ayuda a en la eliminación de desperdicio y aumenta la fiabilidad operativa.
- ❖ Para Wijaya et al. (como se citó en Castillo, 2017) el valor fundamental defendido por la filosofía Lean se aplican tanto a proyectos de minería como de fabricación.
- ❖ Para Ade y Deshpande (como se citó en Castillo, 2017) Lean parece ser muy eficaz en la industria minera, así como en otros procesos de fabricación. De hecho, hay otras formas (calidad, mapeo de calidad, estándares, calidad desde la fuente, mantenimiento total, personal multitarea y mejora continua) que se pueden hacer directamente en la minería.
- ❖ Según Yingling et al. (como se citó en Castillo, 2017) La introducción de un nuevo sistema de gestión en la minería es posible mediante el uso combinado de nociones de productividad independientes. Es decir, a menudo desarrolló ideas que se ajustaban a los métodos y prácticas de minería convencionales (Klippel et al., 2008).

En este sentido, diversos autores afirman y manifiestan que la filosofía Lean, es aplicable en el sector minero, y que su ejecución brinda perfectivas satisfactorias para la empresa de este sector.

1.2.5. Filosofía Lean

La filosofía Lean, es la cultura que persigue la esbeltez, la adecuada forma de gestionar la información, para la toma de decisiones, en función a la creación de gráficos de control o cuadros de mando. Algunas similitudes entre la gestión Lean y la gestión de procesos incluyen la generación de valor, el enfoque en la mejora continua, una cultura organizacional renovada, la optimización de flujos de trabajo y la estandarización de actividades. No obstante, la implementación de la gestión Lean es un desafío complejo que requiere una estrategia a largo plazo. Se han identificado dificultades en diversas organizaciones, incluso en el ámbito público. En sistemas organizativos con múltiples procesos superpuestos e interconectados, aplicar prácticas Lean centradas en un solo proceso puede resultar eficaz (Klein et al., 2022).

En el ámbito del proceso productivo, la implementación del enfoque Lean genera una transformación en la manera en que la empresa percibe su rol, lo que a su vez impulsa un enfoque colectivo en la organización. Este nuevo enfoque potencia las operaciones de la empresa, aumenta su flexibilidad, mejora la colaboración entre los equipos, eleva la satisfacción de los empleados y promueve una cultura de mejora constante y eliminación de imperfecciones (Francis y Thomas, 2020).

Además, esta filosofía también integra de manera activa las cadenas de suministro, permitiendo un flujo ininterrumpido y eliminando posibles obstáculos que puedan causar interrupciones en la producción. Además, redefine el proceso de producción y forma un equipo de profesionales que trabajan en conjunto, logrando así un trabajo en equipo altamente eficiente. Adicionalmente, esta filosofía prioriza en gran medida al cliente, lo que se refleja en la creación de un proceso flexible que puede adaptarse a las exigencias del cliente. En consecuencia, se centra en diseñar el proceso de manera que genere valor y satisfaga las necesidades del consumidor (Maestri y Gamio, 2018).

1.2.6. Filosofía Six Sigma

Según Carrillo et al. (2022) esta metodología representa un enfoque que administra la calidad mediante el uso de herramientas estadísticas, con el propósito de mejorar el desempeño en los procesos de producción. Su objetivo principal es alcanzar un alto rendimiento con la mínima cantidad de fallas, lo que se expresa en el concepto de "Six Sigma". Esta filosofía se basa en la medición de la varianza en diferentes procesos y se aplica a través de una serie de

pasos previamente establecidos. Para implementarla, se capacita a grupos específicos dentro de la organización, quienes asumen roles de liderazgo y son conocidos como "Six Sigma Black Belts" y "Six Sigma Green Belts", demostrando un alto nivel de competencia en su aplicación. Las fases clave de esta filosofía son definir, medir, analizar, mejorar/implementar y controlar, representadas por la abreviatura DMAIC.

Para Carrillo et al. (2022), los criterios que deben manejarse para que las etapas DMAIC puedan aplicarse convenientemente, son:

- Gestionar para satisfacer las necesidades de sus clientes.
- Identificar aquellas causas que originan el desabastecimiento que afecta la calidad del servicio o producto, impidiendo la toma de disposiciones rápidas sin soporte estadístico.
- Medir el desempeño, incluyendo información sobre todas las actividades, incluyendo todo lo hecho por la compañía.
- Uso de herramientas estadísticas apropiadas lleva a decisiones informadas y efectivas.
- Gestión moderna y continua, que evalúa las diferentes acciones que se esperan para enmendar las dificultades.

1.2.7. Filosofía Lean Six Sigma

Según George (2010) la integración de la filosofía Lean con el método Six Sigma es de relevancia, ya que ambos enfoques se complementan mutuamente. Mientras Lean busca controlar los procesos mediante herramientas visuales y de control, Six Sigma se enfoca en agilizar el cambio en los procesos productivos con la menor inversión posible. En este sentido, Lean proporciona el control necesario para los procesos optimizados por Six Sigma, creando una sinergia que aborda la efectividad en la gestión de la calidad y la mejora continua.

La definición que ofrece Carrillo et al. (2022) establece que, se trata de un enfoque que se orienta hacia la eliminación de defectos o errores que obstaculizan la adaptación de los productos a las necesidades de los consumidores. En este contexto, se reconoce que Lean y Six Sigma trabajan en conjunto, y su combinación aborda y resuelve los desafíos planteados, acelerando los procesos para lograr una mayor efectividad. En resumen, la sinergia de ambas filosofías conduce a la obtención de resultados más positivos para las empresas.

Para Barrera et al. (2017) las modificaciones efectuadas en cada proceso son adaptables a las particularidades de la organización. En ello, Six Sigma se focaliza en la calidad y la mejora

continua, con un enfoque en la eliminación de desperdicios. Por otro lado, Lean se concentra en estandarizar mejoras con énfasis en la simplificación del proceso de producción, lo cual podría generar resultados menos óptimos en comparación con el uso de herramientas estadísticas para el análisis del proceso. En este contexto, la convergencia de las herramientas y técnicas empleadas por Lean y Six Sigma, a pesar de sus enfoques distintos, puede dar lugar a mayores logros que conduzcan a una excelencia con una mayor capacidad de adaptación.

Blasco et al. (2019) señala que, es ampliamente aceptado que esta filosofía se posiciona como una de las más efectivas en la búsqueda constante de mejoras a través de la calidad. Diversas organizaciones, tanto en Europa como en Estados Unidos, están optando por su implementación tanto en la gestión como en los procesos productivos. La aspiración central de la filosofía Lean Six Sigma es entregar productos o servicios de excelencia, logrando al mismo tiempo la efectividad sin incrementar costos, ya que su enfoque se concentra en la reducción de variabilidades y eliminación de desperdicios en los procesos de producción.

Así, Suárez y Zeña (2022) argumentan que, a pesar de las desafiantes ideas presentadas por Deming respecto a la necesidad de controlar la variabilidad de los procesos mediante la medición de la desviación estándar, esta concepción está siendo asimilada gradualmente y encontrando su utilidad en las organizaciones. Se destaca que la diversidad dentro de cualquier proceso es una contrariedad, por lo cual es fundamental enfocar los esfuerzos en la mejora continua, principalmente debido a que la diversidad puede perjudicar la satisfacción del cliente.

Según Medina (2020), este enfoque se dirige primordialmente hacia el cliente, y a partir de sus necesidades se implementan ajustes en los procesos de producción. En consecuencia, Lean Six Sigma se concentra en satisfacer los criterios de calidad, cantidad, volumen, servicio y tiempo requeridos por el cliente, lo que implica que el nivel de efectividad de la empresa es equivalente al nivel de calidad. Para incorporar esta filosofía en la empresa, resulta crucial comprender profundamente la mentalidad y los requisitos del cliente, lo que demanda una evaluación minuciosa en cada etapa del proceso productivo. A partir de este análisis, se pueden establecer prioridades precisas que guiarán la generación de nuevas ideas, la mejora de los procesos y, en última instancia, la creación de productos y servicios que cumplan con las necesidades del cliente.

Es importante destacar que la efectividad de este enfoque ha sido respaldada por evidencia, y al combinar la filosofía Lean y Six Sigma, se proporcionan modelos y herramientas

que fortalecen el proceso de producción. Este enfoque se fundamenta en los datos internos de la empresa en relación con los clientes, con el objetivo de lograr una mejora constante en el producto mediante la eliminación de defectos.

En este sentido, Blasco et al. (2019), sostienen la opinión de que, al implementar las estrategias de esta metodología, se logrará la reducción de costos junto con un aumento en la calidad de la productividad. Además, durante este proceso se espera una transformación positiva en la cultura operativa de la organización. En consecuencia, es importante destacar que la principal ventaja de este enfoque radica en su capacidad para simultáneamente lograr mejoras en los procesos y reducir los costos de producción, lo que contribuye a una mayor efectividad en la productividad y, por ende, a un aumento en las ganancias.

De igual manera, la organización se vuelve más competitiva al transformar la cultura laboral e involucrar a los trabajadores en el proceso de cambio. Esto implica mantenerlos alineados con la filosofía de calidad y guiarlos hacia la utilización de datos recopilados en cada etapa del proceso productivo en lugar de depender de intuiciones sin fundamentos sólidos. Esta implementación beneficia a ambas partes, ya que los empleados se sienten valorados y la empresa obtiene nuevas perspectivas y compromisos a la generación del producto.

1.2.8. Principios de la filosofía Lean Six Sigma

La filosofía Lean Six Sigma, implica tener nociones de la dirección que se busca de esta, en este sentido, para Hernández (2016), los principios se basan en:

Mejora continua: La empresa debe enfocarse en suprimir desperdicios sin detenerse. Utilice esta herramienta para solucionar problemas, se identificará en tiempo real, se corregirá y se documentará para que la empresa funcione adecuadamente.

Velocidad: Solo lo que se necesita se produce cuando se necesita y con la calidad necesaria. Tal vez el programa de producción se base en las necesidades del cliente semanal o mensualmente. De esta forma, se elimina cualquier cosa que detenga la producción para garantizar el flujo de producción al ritmo requerido, asegurando que no haya exceso de stock.

Satisfacción total del cliente: El enfoque de la organización, de los procesos, los departamentos, es crear un valor en conjunto del producto o servicio que ofrece la empresa para el cliente final, que lo sorprenda y satisfaga. Misma satisfacción se produce en los clientes internos.

Calidad: Fomentar una cultura de calidad en todos los procesos, gestión y producción, de tal manera que no se permitan errores, para asegurar la calidad del trabajo de abajo hacia arriba. Esto permitirá que los problemas se identifiquen y resuelvan rápidamente.

Crear una cultura positiva: Proviene del progreso de las personas a partir de la gestión, la productividad y la integración laboral, lo que promueve una colaboración bien definida, haciendo sentir a los empleados que su desarrollo profesional se ve favorecido incluso indirectamente en su desarrollo personal.

Entre algunas definiciones importantes de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma tenemos:

Champions: Su papel es seleccionar el proyecto, proporcionar los recursos necesarios para que el proyecto sea exitoso y eliminar los impedimentos para el progreso del equipo. Los campeones tienen que ser el personal con un nivel de jerarquía alto dentro de la organización. En otras palabras, debe estar bien ubicado dentro de su organización para asegurar el éxito del proyecto usando adecuadamente los recursos necesarios. Si los campeones no pueden administrar los recursos que su equipo necesita para tener éxito, el proyecto corre el riesgo de fracasar. Siendo de mayor complejidad el proyecto y este tenga diversas áreas gestoras, más alta es la necesidad del cargo del champions.

Black Belts: Son el esqueleto del programa Lean Six Sigma. Denominados agentes de transformación del cambio, es el personal que liderará la mayor parte del equipo Lean Six Sigma.

Seleccionar al personal adecuado para capacitarlos como Black Belts, es esencia estratégica para la implementación exitosa al proyecto, ya que este personal liderará el proyecto.

Hay dos tipos de habilidades a considerar al elegir quién está capacitado para convertirse en cinturón negro: habilidades duras y habilidades blandas.

- ✓ Las habilidades duras, su esencia es cuantitativa, implica el conocer, habilidad y experticia referido a las aplicaciones operativas y tecnológicas.
- ✓ Las habilidades blandas, se relacionan directamente a la persona y su personalidad, incluye capacidad de negociación, comunicación eficaz, tenaces, líderes, dispuestos a realizar cambios, etc.

Para identificar candidatos, es necesario evaluar principalmente las habilidades blandas, independiente de las habilidades duras.

Equipo de proyectos: Expertos en el proceso de mejora y apoyan los esfuerzos de mejora continua de Black Belt y Green Belt. Los cinturones negros y cinturones verdes no tienen que tener experiencia en el proceso a evaluar e implementar, ya que el equipo de proyectos proporciona conocimientos sobre el proceso y el negocio. Por esta razón, es indispensable que el equipo de proyectos esté conformado por empleados directamente involucrados en el proceso.

Green Belt: Lideran proyectos menos complejos. Las habilidades requeridas son análogas y complementarias a las de un cinturón negro, pero con un nivel de amplitud y experiencia más bajo. Los Green Belts pueden apoyar a los Black Belts en proyectos Lean Six Sigma.

1.3. Marco conceptual

Gestión: Resultado del liderazgo y el lineamiento. En particular, un conjunto de actividades y acciones para lograr metas y objetivos. En el caso de las empresas, el objetivo principal es aumentar la competitividad y productividad.

Mejora Continua: Política que pretende cambiar el proceso de desarrollo, el uso de los recursos, el liderazgo y la eficiencia en otros procesos. Definido de otra manera, es el incremento del progreso con mínimas mejoras y pasos tomados por los trabajadores, incluidos los gerentes, que crean seguridad y garantía de calidad.

Proceso: Acción deliberada y controlada de entrada y salida, en el que los objetos, acciones o recursos se exponen a una o más formas de energía, usando el tiempo necesario, para lograr nuevas acciones, resultados deseados o productos. Es a través de esto que se planifica, diseña, produce y entrega un servicio o producto deseado.

Sistema: Conjunto o grupo de personas/objetos que trabajan juntos para un objetivo común. Donde todo el trabajo importante que se realiza dentro de él es conocido, documentado, organizado y respaldado.

CAPÍTULO II: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Descripción de la compañía

La empresa Sierra Metals Inc., inicialmente conocida como "Dia Bras Exploration Inc.", surgió en México en los primeros años de 2003. La compañía posee, administra y opera tres minas con fines comerciales: Bolívar y Cusi en México, y Yauricocha en Perú, que anteriormente pertenecía en un 82% a "Sociedad Minera Corona SA". Esta mina está ubicada en la provincia de Yauyos, en el centro-oeste de Perú. A partir de esta adquisición en 2011, Sierra Metals experimentó una transformación drástica en su perfil de producción, evolucionando para convertirse en un productor de metales polimetálicos y preciosos a nivel mediano. Con esta expansión, la empresa se posiciona como un destacado productor latinoamericano con un crecimiento y recursos considerables.

Sierra Metals está concentrada en ampliar sus reservas globales y recursos minerales. En la actualidad, se está expandiendo a través de la exploración de áreas cercanas a sus minas para la extracción de minerales. Además, la empresa tiene planes para su desarrollo que apuntan a aumentar sus reservas minerales. Su enfoque incluye la continuación de la exploración y la identificación de nuevos proyectos que permitan a la compañía mantener su producción de metales polimetálicos y preciosos.

Sierra Metals se esfuerza por lograr su objetivo de transformarse en el principal productor de metales polimetálicos y preciosos no ferrosos de América Latina a bajo costo y ampliar su estructura productiva aumentando sus recursos y equipos.

Visión:

Sierra Metals espera ser un fabricante líder de polimetales con una notoriedad de excelencia en cada aspecto de sus operaciones diarias. Su objetivo es suministrar a los inversionistas una exhibición sin precedentes al aumento de los precios de los metales polimetálicos y preciosos.

Se espera que esto tenga éxito:

- Generar un flujo constante de efectivo y utilidades sostenibles mediante operaciones altamente eficientes.
- Optimizar la producción con costos reducidos a partir de recursos de alta calidad.

- Renovar reservas y recursos a través de programas exitosos de exploración minera.
- Explorar y encontrar nuevas reservas y recursos mediante programas exitosos de exploración brownfield y greenfield, así como a través de iniciativas de desarrollo comercial.
- Mantener a gerentes experimentados con habilidades en la implementación de estrategias de crecimiento.
- Priorizar y mantener la excelencia en el cumplimiento de obligaciones y responsabilidades ambientales.
- Continuar con iniciativas que respalden la participación comunitaria sólida y la educación, fomentando el crecimiento, la salud y la prosperidad en última instancia.

Valores:

Los valores de Sierra Metals están acoplados a todos los aspectos de nuestras operaciones diarias. Al llevar a cabo nuestro negocio, usted acepta lo siguiente:

- Operar de manera ética y responsable, en total conformidad con las leyes, normativas y reglas pertinentes.
- Garantizar un ambiente laboral seguro y saludable para todos los empleados y colaboradores.
- Realizar actividades comerciales sin ningún tipo de sesgo, temor, coerción, discriminación ni acoso, y proporcionar información completa, imparcial, precisa, oportuna y comprensible a todos los reguladores, partes interesadas y empleados.

2.2. Situación problemática

La gestión de las compañías mineras enfrenta diversas dificultades, debido a diversas variables sean por factores externos e internos que influyen en los resultados esperados según cada proceso, a nivel estratégico, táctico y operativo. En este contexto de interconexión integral, surge la necesidad imperante de tener gestiones sólidas en el tiempo que no solo sean paliativos de solución parcial, sino que también trasciendan en la gobernanza de la unidad minera que contribuyan a la obtención de resultados perdurables en el tiempo. Estos cambios deben, además, estar alineados con la alta gerencia y su difusión a todo nivel desde el último trabajador en campo hasta la alta gerencia en sí. La generación de líderes que mantengan una cultura

competitiva con altos estándares de calidad enfocados en la productividad de cada proceso y la entrega final del producto.

Por lo tanto, las empresas mineras se encuentran enfocadas en la implementación de sistemas de gestión de calidad que se fundamentan en el concepto de mejora continua. Este enfoque involucra a todos los miembros del equipo, en todas las áreas operativas y en cada etapa de producción, promoviendo así una cultura organizacional arraigada en la búsqueda constante de la excelencia. El objetivo primordial es la reducción de los tiempos y costos asociados a los procesos, impulsando la efectividad y la productividad. Esta estrategia también tiene un impacto positivo en las ventas, ya que el continuo mejoramiento de la calidad se traduce en un producto final más atractivo para los consumidores. En esta línea, se busca activamente eliminar o reemplazar aspectos que puedan resultar en pérdidas financieras para la compañía. Esta mentalidad de mejora incesante impulsa la innovación en los procesos, la optimización de recursos y la maximización de los resultados.

Para Summers (2016) la implementación de sistemas de calidad en las empresas se centra primordialmente en cumplir con los requisitos, necesidades y expectativas de los clientes. Así mismo, para Benzaquen, (2018) la presencia de sistemas de gestión de calidad indudablemente conducirá a un mejor rendimiento de la organización en comparación con aquellas empresas que carecen de este enfoque.

Una gestión de calidad propicia mejoras de los procesos en cada etapa de esta (Miranda et al., 2017). Esto posibilita el mantenimiento de una ventaja competitiva, lo que puede conducir a que la organización alcance un nivel de excelencia destacado al optimizar sus operaciones y procesos, resultando en una reducción de costos (Alzate et al., 2018). En esta perspectiva, se reconoce la imperante necesidad para las empresas mineras de mantener una trayectoria de progreso en sus actividades productivas fundamentada en la calidad. Esto se fundamenta en una rigurosa gestión de control de calidad que abarca todos los procesos con el propósito de alcanzar una mejora continua.

Por esta razón, las empresas deben contar con herramientas y sistemas que engloben procedimientos, tácticas de ejecución e instrucciones técnicas, con el propósito de garantizar una adecuada supervisión del control de calidad, lo que conduce a la optimización de los procesos con mayor eficacia y excelencia. Esto forma parte de la perspectiva de mejora

constante, orientada a la consecución de los objetivos establecidos y asegurando la viabilidad sostenible de la organización a largo plazo.

A nivel global, empresas de gran envergadura se dedican a la optimización de los procedimientos de producción y a la detección de deficiencias durante el desarrollo de dichos procesos. Para lograrlo, aplican enfoques de mejora que abarcan perspectivas tanto específicas como integradas, y que han sido implementados con éxito en diversos sectores, como la manufactura y los servicios.

La empresa minera Sierra Metals, presenta en el periodo 2020 una caída en el valor de acción de menos 0.12 dólares americanos por valor de acción y una reducción de ingresos de ventas totales de menos 17.85 millones de dólares americanos con respecto al periodo 2019. Siendo estos resultados determinantes para la toma de decisión y optar por nuevas estrategias de gestión, el cual la unidad minera Yauricocha se establece como modelo unidad para la nueva implementación, siendo el objeto de análisis. Actualmente se encuentra inmersa en un proceso de mejora de la calidad de sus operaciones, con el objetivo de posicionarse como líder entre los productores de concentrados de zinc, cobre y plata en Perú, al mismo tiempo que mantiene un enfoque en la reducción de costos. Además, busca incrementar sus niveles de producción, recursos y reservas. Para lograr este propósito, la compañía está centrada en implementar cambios en su sistema de gestión, reconociendo la vital importancia de una cultura arraigada de mejora sostenible en el tiempo. En línea con esta dirección, la unidad minera Yauricocha está orientada a adoptar la filosofía Six Sigma, con la finalidad de alcanzar sus ambiciosas metas.

En este trabajo de investigación, como implementación al modelo de gestión de la unidad minera Yauricocha, se presenta la adopción de la filosofía Lean Six Sigma, el cual se ajusta de manera favorable a los objetivos establecidos por la empresa. Esta filosofía está siendo aplicada en la actualidad con un enfoque centrado en la calidad. Uno de sus objetivos radica en mejorar los procesos y que sean sostenibles en el tiempo, buscando la productividad del recurso en el proceso evaluado. Con este fin, cada proceso productivo se somete a un proceso de mejora paso a paso, con el propósito de obtener resultados mejorados, mayor flexibilidad y una producción de alta calidad. Un aspecto esencial de este enfoque es lograr tales avances con un uso más efectivo de recursos, como inventario, personal, espacio y herramientas. Se destaca por su naturaleza dinámica, orientada a la continua eliminación de desperdicios, y se fundamenta en un conocimiento profundo de la organización, manteniendo al cliente como su punto central. La

implementación de esta metodología involucra a todos los empleados de la organización, aprovechando su participación activa como un factor diferenciador en términos de competitividad.

Mediante la elaboración de este estudio, se persigue el objetivo de capacitar a la organización y a sus miembros para implementar el conocimiento de la filosofía de una manera efectiva, permitiéndoles tener la información y las herramientas necesarias para enfrentar con competencia cualquier necesidad surja en el proceso. Más allá de implementar una filosofía a la organización, se pone un énfasis considerable en el desarrollo individual y profesional de los empleados. Se reconoce que su contribución en todas las dimensiones es esencial para alcanzar los objetivos de la organización. En este sentido, recae en los colaboradores la responsabilidad de determinar el éxito o fracaso de las transformaciones implementadas por la empresa. Se establece así una relación de interdependencia entre los colaboradores y la organización, con la expectativa de un beneficio mutuo. Desde la perspectiva de la organización, se busca un desempeño óptimo y una productividad elevada, mientras que los colaboradores anhelan recibir motivación y estímulo por parte de la organización.

Por lo tanto, analizar la productividad se percibe como un elemento esencial para la consecución de los objetivos estratégicos establecidos por la organización, lo cual desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad y progreso constante de la empresa. Reconociendo su relevancia, este factor se convierte en un motor impulsor de una organización que aspira a ser más eficiente y productiva en su funcionamiento.

En este contexto, la productividad engloba la participación activa de los colaboradores y la optimización de los procesos; mantener una perspectiva de mejora constante implica utilizar los recursos de manera eficaz y evaluar su relación con la producción obtenida. En este sentido, la implementación de la filosofía Lean Six Sigma en Sierra Metals puede contribuir significativamente en alcanzar las metas trazadas para esta investigación; siendo la variable dependiente en este estudio toneladas de mineral preparadas día en función a los metros de avance preparados día. Y así tener un molde de filosofía que permita a la unidad minera alcanzar objetivos más retadores en sus procesos.

Por consiguiente, esta investigación se centra en dos aspectos cruciales: la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y la mejora de la productividad, dadas sus repercusiones en el avance competitivo de la organización.

2.3. Relevancia de la investigación

La elaboración de este estudio proporciona una ampliación detallada sobre la filosofía Lean Six Sigma, explorando sus principios fundamentales y el nivel de familiaridad que la empresa posee para su correcta implementación. Además, se examinan las diversas herramientas empleadas en cada fase de esta metodología, lo que contribuye a una comprensión más profunda de su eficacia. Igualmente, se lleva a cabo una evaluación en relación con la productividad, considerando los cambios generados a raíz de la aplicación del método Lean Six Sigma.

Este estudio abarca tanto el conocimiento como los beneficios inherentes a la filosofía Lean Six Sigma. Se inicia con la identificación y comprensión de cada una de sus fases, lo que permite comprender procesos clave para eliminar o modificar aquellos que presenten defectos y que afectan adversamente a la organización. Se otorga una consideración importante a la gestión por procesos, y esta perspectiva se refuerza mediante la implementación de diversas herramientas específicas para cada fase. El enfoque se mantiene en la reducción de costos, la retención de clientes y la búsqueda de una ventaja competitiva a través de la mejora continua.

Uno de los beneficios clave derivados de la implementación de esta filosofía radica en la generación de una cultura enfocada en la búsqueda de valor en cada proceso de la unidad minera, siendo consecuente la disminución de tiempos y costos en los procesos. Esta optimización conlleva a una notoria competitividad, lo que a su vez repercute en la obtención de beneficios económicos más favorables para la empresa. Por lo tanto, se seguirá avanzando de manera continua en el marco de la mejora constante.

De esta manera, se espera cumplir uno de los objetivos primordiales de la filosofía Lean Six Sigma: la eliminación o reemplazo de aquellas actividades que no añaden valor a la empresa. Esto conlleva a la reducción del tiempo operativo y a la minimización de interrupciones no planificadas, lo que se traduce en una mejora de la rentabilidad a través de la maximización de la calidad. Así mismo, la compañía logrará una notable reducción de costos y una mayor satisfacción por parte de los clientes. En última instancia, los resultados de esta investigación tendrán un valor significativo para futuros trabajos de investigación en este campo.

2.4. Enfoque empresarial

La competitividad de las empresas mineras está íntimamente relacionada con la calidad y la búsqueda constante de mejoras. Un análisis realizado por Macroconsult y el Instituto de Ingenieros de Minas de Perú (IIMP) sobre la competitividad entre países con un alto potencial minero, incluyendo a Perú, señala que en 2019 las compañías mineras peruanas ocuparon el penúltimo puesto en el ranking y en 2022 descendieron aún más, ubicándose en el último lugar (ComexPerú, 2022).

Es crucial destacar la relevancia del concepto de mejora del proceso con resultados sostenibles en el contexto de las empresas mineras. La adopción de una estrategia que optimice las operaciones mineras resulta fundamental para lograr una renovación constante de la empresa y, por ende, una mejora en sus beneficios. La elección de la filosofía Lean Six Sigma como filosofía de implementación para la mejora de los procesos y calidad del producto representa una decisión estratégica clave para la compañía Sierra Metals, siendo esta primordial para asegurar la sostenibilidad de resultados en el tiempo. Siendo la filosofía Lean Six Sigma adecuada a esta visión, por el trabajo en la cultura empresarial enfocada en personas y su desarrollo profesional y la mejora de procesos en busca de la mejor alternativa con el uso de herramientas adecuadas para el análisis y control de los diversos procesos, y así obtener resultados de calidad a nivel mundial.

2.5. Delimitación de la investigación

Este estudio está enfocado en dos aspectos fundamentales, la ejecución de la filosofía Lean Six Sigma y la productividad.

Su aplicación o ejecución abarca la compañía minera Sierra Metals UM Yauricocha.

El periodo de investigación es desde enero del 2021 hasta agosto del 2022.

La investigación es de carácter aplicativo y de contexto de área local.

2.6. Metodología y plan de trabajo de ejecución de la filosofía Lean Six Sigma

En la ejecución de los pasos en esta metodología deben considerarse las siguientes actividades anteriores al gestionar cada etapa:

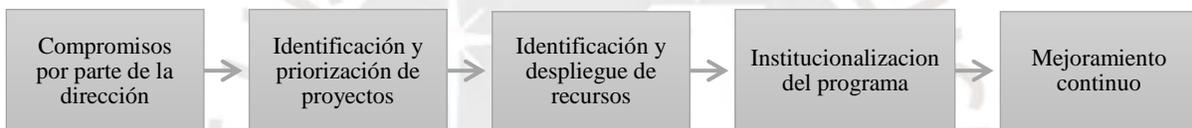
- Actividad relacionada con la cultura organizacional: Es crucial tener en cuenta tanto los comportamientos como las creencias de los empleados, ya que la cultura interna de la

organización ejerce una gran influencia en su conducta, incluyendo su estilo de comunicación y su ética.

- Actividad vinculada a la estrategia: Se deben abordar dos aspectos fundamentales. Por un lado, es esencial definir una visión integral de la compañía que englobe tanto los recursos como las capacidades necesarias para la implementación exitosa de la metodología. Por otro lado, se requiere desarrollar un plan estratégico de alto nivel.
- Actividad relacionada con los procesos: Deben detallarse minuciosamente cada paso y actividad requerida en el proceso productivo.

Al lograr identificar las actividades, se pasa a la implementación del plan, para ello se cuenta con el siguiente esquema:

Figura 1: Actividades para implementar el plan



Fuente: Elaboración propia.

- **Compromisos por parte de la dirección:**

Asegurar el éxito del plan recae en gran medida en la alta dirección, ya que es desde este nivel donde surge la visión estratégica que guía las decisiones tácticas para garantizar su cumplimiento.

Por lo tanto, como paso inicial, la alta dirección debe formular y comunicar la visión estratégica que servirá como base para la implementación de la filosofía Lean Six Sigma. En esta fase, resulta apropiado contar con un experto en la materia que facilite la elaboración y ejecución de las actividades relacionadas con este objetivo.

a) Actividad en relación a la cultura organizacional

Las actividades que se relacionan a este punto son la evaluar el imperativo cultural y la cultura de evaluación.

- Evaluar el imperativo cultural: El requisito cultural implica las acciones que debemos comprender para mejorar los rasgos relevantes de la gobernanza organizacional relacionados

con Lean Six Sigma. Considerando que, si los resultados de un análisis de la cultura en los puestos de liderazgo son únicos para cada organización, generalmente existen varios valores culturales clave que se pueden identificar. Independientemente de si hay más o menos de estos requisitos morales, brindan a la gerencia varios conceptos importantes sobre los que es necesario actuar para que el grupo tenga éxito en la realización y el mantenimiento del proyecto.

- Evaluar la cultura: Como primer movimiento, la organización inicia el proceso de realizar un análisis cultural. Un análisis cultural proporciona a la gerencia información valiosa sobre cómo la cultura ayudará o dificultará el desempeño. Esto también brinda orientación sobre cómo podemos mejorar el uso para abordar importantes problemas culturales y sociales.

b) Actividad relacionada a la estrategia

- Alineación de la visión basada en el mejoramiento continuo: Se inicia con la alineación de la visualización de la organización y su interrelación con la mejora continua, haciendo que este aspecto capte el interés de los gerentes y puedan enfocar una idea de lo que traerá la mejora continua, lo que traerá a la organización. adentro. términos de adición de valor, cómo afecta la competencia y el éxito comercial. Si el sistema de la organización no comparte esta señal, la implementación no será exitosa.
- Establecimiento de la meta y el objetivo Lean Six Sigma: Luego de que se defina la visión de mejora continua, se establecen objetivos de alto nivel. Si la visión está bien desarrollada, los gerentes podrán crear metas que brinden una dirección clara a los responsables de la mejora continua.

- **Identificación y priorización de proyectos**

Durante este período, la organización inicia actividades relacionadas con proyectos importantes, considerando la selección y el seguimiento de proyectos, para garantizar que la acción se dirija a las prioridades de gestión.

a) Actividad relacionada al proceso

- Definición del proceso en la selección del proyecto: Un proceso de selección de proyectos riguroso y estructurado es esencial para que el proyecto tenga éxito. La elección incorrecta de proyectos puede afectar el éxito de todo el proyecto Lean Six Sigma. Los proyectos que elijan deben ser proyectos que se ocupen de las principales metas o estrategias de la organización.

Si los proyectos elegidos no logran las metas y objetivos importantes, la organización no obtendrá el beneficio esperado. Si los proyectos no son lo suficientemente rentables para justificar los recursos invertidos en ellos, el proyecto Lean Six Sigma es inútil, el apoyo al proyecto disminuirá y el proyecto eventualmente decaerá.

Definir un método de priorización de proyectos es, por supuesto, un análisis de arriba hacia abajo, es decir, debe comenzar en la parte superior y avanzar a través de la organización.

Se requiere que los equipos Lean Six Sigma aborden los problemas y generen cuestiones críticas para el cumplimiento de objetivos de la organización, y este aspecto relevante se garantizará cuando la gerencia tome el tiempo para presentarlo y documentarlo claramente a todo el equipo.

La dirección es el equipo de mejor calificación, el cual definirá las metas y objetivos anhelados en los que se deben enfocar cada área de liderazgo. Esto conducirá al éxito del proyecto y al éxito de la organización.

- Crear el proceso de seguimiento y control del proyecto: Es de importancia el rastreo y control de los proyectos de principio a fin. Los errores se comenten al no realizar un seguimiento de los proyectos elegidos. Si los proyectos Lean Six Sigma no son revisados regularmente, corre el riesgo de retraso al no estar completamente encaminados.

Es importante que los entregables adicionales del proyecto, se revisen rigurosamente al cierre de cada ciclo del DMAIC. Es mencionar, al final de cada cierre del proyecto, el equipo proporcionará el aspecto documentario, el cuadro de indicadores de gestión y el análisis de resultados que le permitirán pasar a la siguiente fase del proceso DMAIC solo después de que se haya completado todo el trabajo requerido.

En estas actividades de selección y seguimiento del proyecto se logra un uso extensivo de la tecnología. Las empresas necesitan proporcionar soluciones tecnológicas que les permitan administrar adecuadamente estas tareas.

- Creación y definición de procesos para gestionar los conocimientos: Gestionar el aprendizaje es la forma en que se logran identificar, recopilar, almacenar y difundir el conocimiento. A medida que una organización crece, se vuelve más importante contar con un sólido proceso de gestión del conocimiento. A medida que las organizaciones comienzan a implementar Lean Six Sigma, la cantidad de proyectos crece exponencialmente y cada proyecto genera

nuevos conocimientos que deben recopilarse, filtrarse y compartirse entre los equipos de proyecto.

El sistema de gestión del conocimiento se relaciona directamente con el tamaño de la empresa. Una organización mediana puede almacenarlos en un depósito pequeño, pero una organización más robusta con múltiples sitios necesita un sistema más complejo que pueda soportar la carga operativa del proyecto. Definir un proceso de gestión del conocimiento puede hacer que su proyecto Lean Six Sigma sea más eficiente y evitar que cometa los errores del pasado.

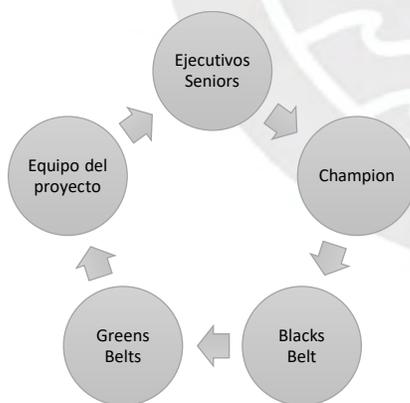
- **Identificación y despliegue de recursos**

Esta fase de desarrollo tiene en cuenta la cantidad de recursos que se utilizarán para apoyar la ejecución del plan y también iniciar la capacitación para utilizar proyectos Lean Six Sigma.

a) Actividad en relación a las estrategias

- Identificación de candidatos: Primeramente, se identifica candidatos potenciales para el adiestramiento en la filosofía Lean Six Sigma.

Figura 2: Implicados en la ejecución del método Lean Six Sigma



Fuente: Elaboración propia.

Así como los gestores deben identificar al personal idóneo del proyecto como champions de implementación, también deben identificar al personal adecuado para ocupar los puestos de liderazgo restantes. Si no tiene cuidado con los recursos que elige para el proyecto, se corre el

riesgo de fracaso del mismo. Black Belt y Green Belt son las personas que lideran el equipo del proyecto Lean Six Sigma. Cualquier cinturón negro o verde tiene las capacidades de gestionar un equipo. Dado el nivel de complejidad del proyecto, el proyecto más complejo debe ser dirigido por un cinturón negro. Por ende, en esta implementación en la unidad minera Yauricocha se optó por la incorporación de un profesional Black Belt y dos profesionales Green Belt, siendo un costo de implementación anual de 128 mil dólares americanos.

b) Actividad en relación a los procesos

- Desarrollo de capacitaciones: El planteamiento de una estrategia de entrega de capacitación crea un equipo de personas que recibirán capacitación y una agenda de reuniones asociada con la capacitación. Una de las decisiones más importantes que deberá tomar su equipo de entrega es cuántas personas deben capacitarse en cada nivel en cada unidad gestora para respaldar el proyecto. Específicamente, el equipo determina la cantidad de cinturones negros, cinturones verdes y personas asociadas que necesitaran capacitación para respaldar el éxito esperado del proyecto.
- Entrenamiento Green Belt y Black Belt: El entrenamiento Black Belt y Green Belt es un periodo de 20 días de capacitación en persona, divididos en cursos de 5 días durante 4 meses en intervalos de 1 mes. El objetivo de dividir las etapas de entrenamiento por mes es brindar a los equipos Green Belt y Black Belt la oportunidad de progresar gradualmente en sus proyectos durante el entrenamiento y aplicar lo que aprenden con el apoyo de sus capacitadores. El resultado neto es un proyecto completo, al cierre del entrenamiento y una recuperación optima de la inversión en entrenamiento.

Los Black Belt y Champions trabajan en conjunto para direccionar un proyecto Lean Six Sigma antes de la primera sesión de capacitación. Esto permite que los cinturones negros apliquen directamente herramientas y métodos de capacitación.

- **Institucionalización de la metodología**

Se realiza la innovación de la empresa. Se trata de la incorporación de la filosofía Lean Six Sigma dentro de la gobernanza de la empresa. El ciclo que lleva hacer la transición del proyecto a la forma en que hace negocios depende del involucramiento de la alta gerencia con el uso de Lean Six Sigma. Si la dirección se compromete realmente con esta filosofía la transición se realizará rápidamente.

a) Actividad en relación a los procesos

- Integración de la filosofía Lean Six Sigma en cada proceso productivo: Integrar el proyecto en las fases operativas y funcionales actuales ayuda a institucionalizarlo y hacerlo parte de la forma en que se organiza el proyecto. El éxito no es tener un proyecto Lean Six Sigma de por vida, sino integrar la filosofía en los procesos cotidianos y no crear un conjunto distintivo de procesos fuera de las operaciones diarias. Para hacer esto, los implementadores deben, si es posible, integrarlos en las fases actuales en lugar de formar otros nuevos.

El método Lean Six Sigma se integra en las áreas de:

- ✓ Finanza
- ✓ Comunicación
- ✓ Informática
- ✓ Recurso Humano
- ✓ Operación
- ✓ Ventas

Existen diversas formas de integración de esta metodología. Por ejemplo, al observar el éxito de los proyectos Lean Six Sigma, considerándolo como un sistema de valoración de empleados. Así también referido al sistema de gestión de la comunicación, implica anunciar a los empleados sobre las actividades de Lean Six Sigma, sin superponerse con los sistemas de comunicación existentes, puede usarse artículos/noticias relacionadas con el programa Lean Six Sigma integrado en el mural de comunicaciones de su empresa, sea física o virtual.

- Iniciar programa de Coaching gerencial (Weinstein, 2010): al implementar el programa Lean Six Sigma se implemente en la empresa, las personas con responsabilidades relacionadas con el programa o sus áreas de responsabilidad afectadas por el programa no recibirán capacitación o métodos de mejora continua.

Regularmente existen conflictos para comprender la forma adecuada de cumplir con su responsabilidad dentro del programa Lean Six Sigma. Realizar la capacitación ayuda a respaldarlo con éxito.

Se estipulan instructores experimentados en el área que son los ejecutivos y gerentes puesto que cuentan con la capacidad de tomar las acciones respecto al programa Lean Six Sigma. El nivel de los entrenadores en la organización debe estar lo más cerca posible del nivel de los ejecutivos.

El coaching implica que el instructor precise las actividades y comportamientos que deban realizar los empleados como parte del programa Lean Six Sigma.

Se realizan discusiones progresivas y planeadas del progreso del programa Lean Six Sigma. Por lo que el capacitador ayudará al gerente a comprender las actividades y comportamientos necesarios para implementar el programa Lean Six Sigma.

- **Mejoramiento continuo**

El propósito es la creación de un estándar con lo cual se evalúe constantemente la marcha del cambio realizados con implementación de la metodología.

a) Actividad en relación a los procesos

- Creación del estándar de discernimiento de Lean Six Sigma: La meta anhelada de largo aliento en implementar la filosofía Lean Six Sigma es hacer que la empresa pase a un estado optimizado, en cuyo caso Lean Six Sigma se convierta en una parte integral de funcionamiento de la empresa.

La suma de actividades en mejora continua, generan crecimiento en los rendimientos del proyecto. Al hacer de Lean Six Sigma se convierta en una parte fundamental del proceso de mejora continua de la empresa, por lo que es necesario optar por un modelo que sirva de apoyo

Para ello se trabaja sobre un diagrama basado en el modelo CMMI, que se basa en la capacidad de madurez de los procesos.

Que es la base para determinar los niveles de discernimiento de Lean Six Sigma

Figura 3: Niveles del estándar de discernimiento de Lean Six Sigma

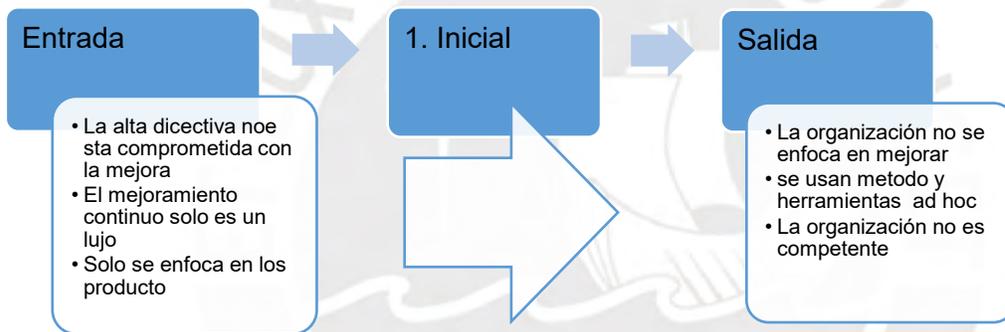


Fuente: Forrester (2015)

- **Nivel Inicial:**

En este nivel, la dirección de la empresa frecuentemente se opone a los esfuerzos de mejora de procesos y puede que ni siquiera sepa cómo hacerlo. Debido al mensaje que envía al personal de las diversas áreas de gestión, de que la mejora continua no forma parte de un proceso central y necesario, este fenómeno agrega un nuevo conjunto de dificultades a la implementación de la filosofía Lean Six Sigma. Las iniciativas de mejora de procesos se ven erróneamente en el Nivel Inicial como un costo adicional o una inversión innecesaria en lugar de una gobernanza. Esto se debe a que la fuerza que prima la actividad de la organización es lo que impulsa el comportamiento de la organización.

Figura 4: Flujo del desarrollo en el Nivel Inicial

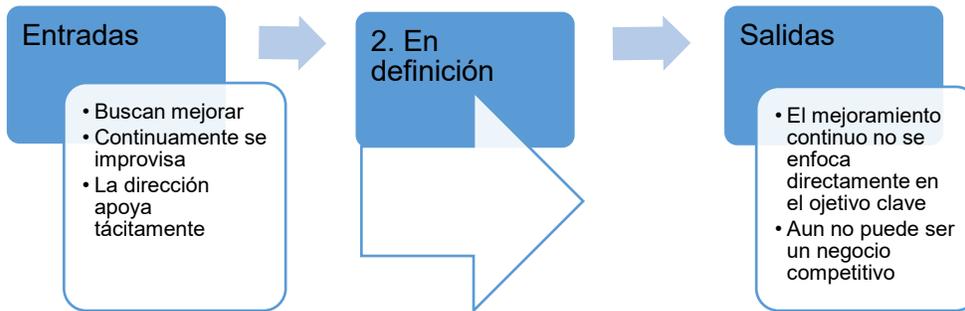


Fuente: Forrester (2015).

- **Nivel en definición:**

En este nivel, la dirección de la organización ha cambiado su perspectiva con respecto al enfoque de la mejora continua, pasando de una de costo adicional a una de indispensable y esencial. Los principales esfuerzos se concentran en el control de productos más que en el control de procesos, a pesar del cambio de perspectiva, y el apoyo aún es insuficiente. Las estrategias no se concentran en los principales objetivos comerciales porque la administración no está involucrada.

Figura 5: Flujo del desarrollo en el nivel en definición

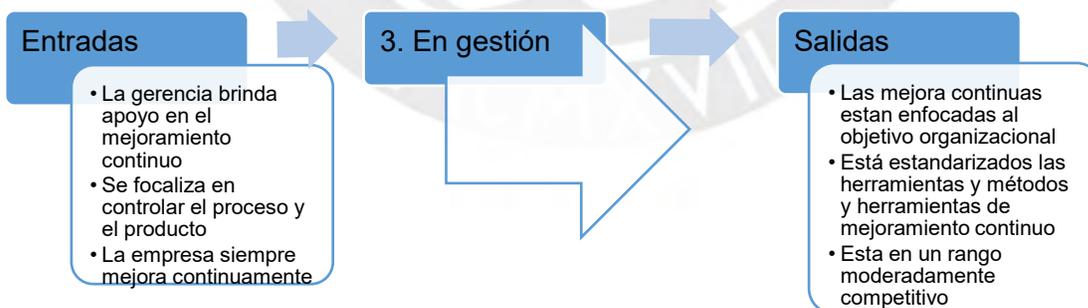


Fuente: Forrester (2015).

- **Nivel en gestión**

En este nivel, la gerencia brinda un apoyo significativo para las iniciativas de mejora continua en esta etapa de madurez. La formación de una gobernanza cohesiva y con adecuados recursos tiene suficiente apoyo porque la gerencia ya cree que la mejora continua es esencial para el éxito empresarial. En este punto se proporciona el mayor nivel de empoderamiento y soporte, y el desarrollo de una gobernanza cohesiva apertura que la filosofía organizacional comience la transición de una fase de control de productos a una fase de control de procesos.

Figura 6: Flujo del desarrollo en el Nivel en Gestión



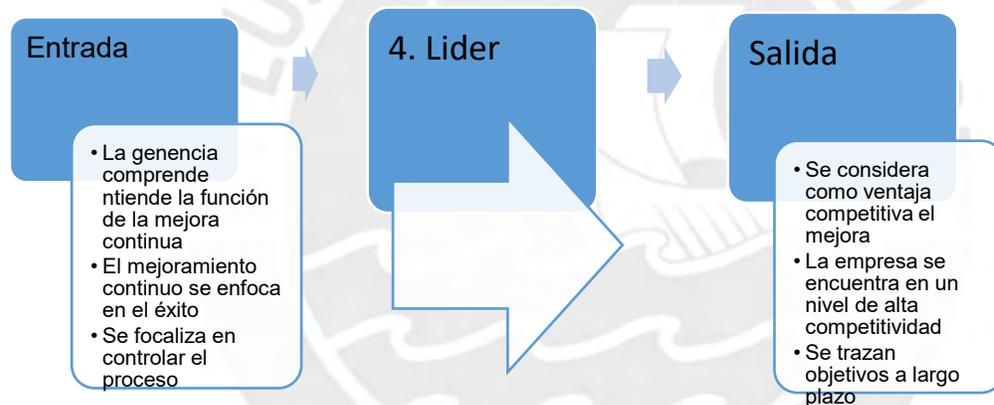
Fuente: Forrester (2015).

- **Nivel Líder**

En este nivel, cuando una organización alcanza este nivel de comprensión conceptual, ha madurado hasta el punto en que los esfuerzos para mejorarla continuamente se concentran primordialmente en la gestión de procesos y un perfil proactivo y preventivo de la calidad, la productividad y la satisfacción del cliente. La mejora continua empieza a dar a la organización una ventaja competitiva en el nivel de Líder del Modelo de Madurez.

La transición del pensamiento a corto plazo al pensamiento a largo plazo es otro énfasis importante en la filosofía organizacional que ocurre en esta fase. En esta etapa de desarrollo, la gerencia es consciente de las ganancias para la empresa al enfocar la calidad a largo plazo y la satisfacción del cliente.

Figura 7: Flujo del desarrollo en el Nivel Liderado

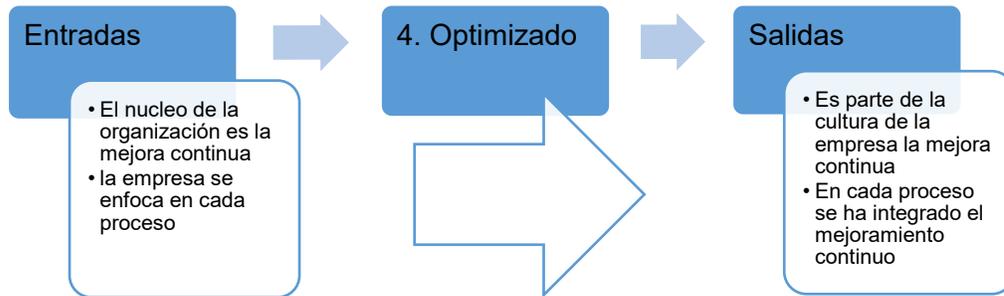


Fuente: Forrester (2015).

- **Nivel óptimo**

La dirección de la gobernanza debe exhibir la filosofía y metodología de mejora continua en sus acciones y comportamientos para que alcance esta etapa de madurez. Esta comprensión debe extenderse a toda la organización, enfocando a todos en la mejora continua como parte regular de las operaciones diarias. La cultura de la organización ha sufrido una transformación completa desde su estado anterior y ha adoptado plenamente la filosofía de mejora continua a nivel de optimización.

Figura 8: Flujo del desarrollo en el Nivel óptimo



Fuente: Forrester (2015).

2.7. Ejecución de la filosofía Lean Six Sigma

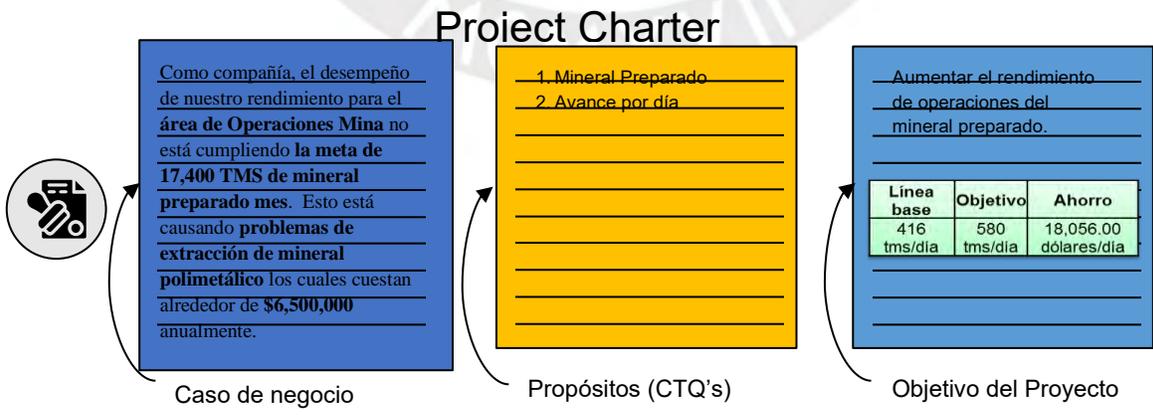
En el marco de esta investigación, se están siguiendo las fases establecidas por la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control) en Lean Six Sigma. Estas etapas proporcionan una estructura sólida para abordar el problema identificado de manera efectiva. En la etapa de Definir, se establecen los objetivos del proyecto y se delimita claramente el alcance. Luego, en la fase de Medir, se recopilan datos relevantes para comprender el estado actual y establecer una línea de base. Posteriormente, en la fase de Analizar, se examinan a fondo los datos para identificar patrones y causas raíz del problema. Una vez que se han identificado las áreas de mejora, se avanza a la fase de Mejorar, donde se desarrollan y aplican soluciones viables. Finalmente, en la etapa de Control, se implementan medidas para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las mejoras y se monitorea continuamente el rendimiento para abordar cualquier desviación. Siguiendo este enfoque sistemático, se busca lograr resultados consistentes y significativos en línea con los principios de Lean Six Sigma (Marin et al. 2023). Se agrupan las diferentes herramientas que se usan en cada etapa de la ejecución de la metodología.



Fuente: Elaboración propia.

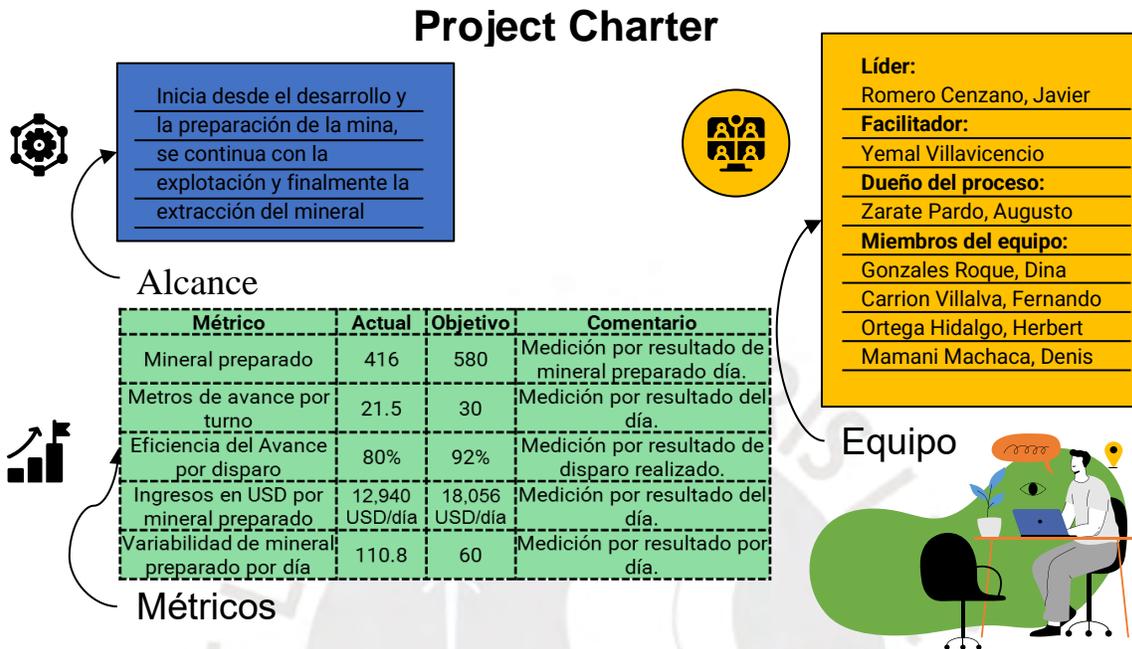
2.7.1. Fase definir

- **Análisis situacional de la empresa**



Fuente: Elaboración propia.

- Análisis situacional del proceso y estructura del equipo

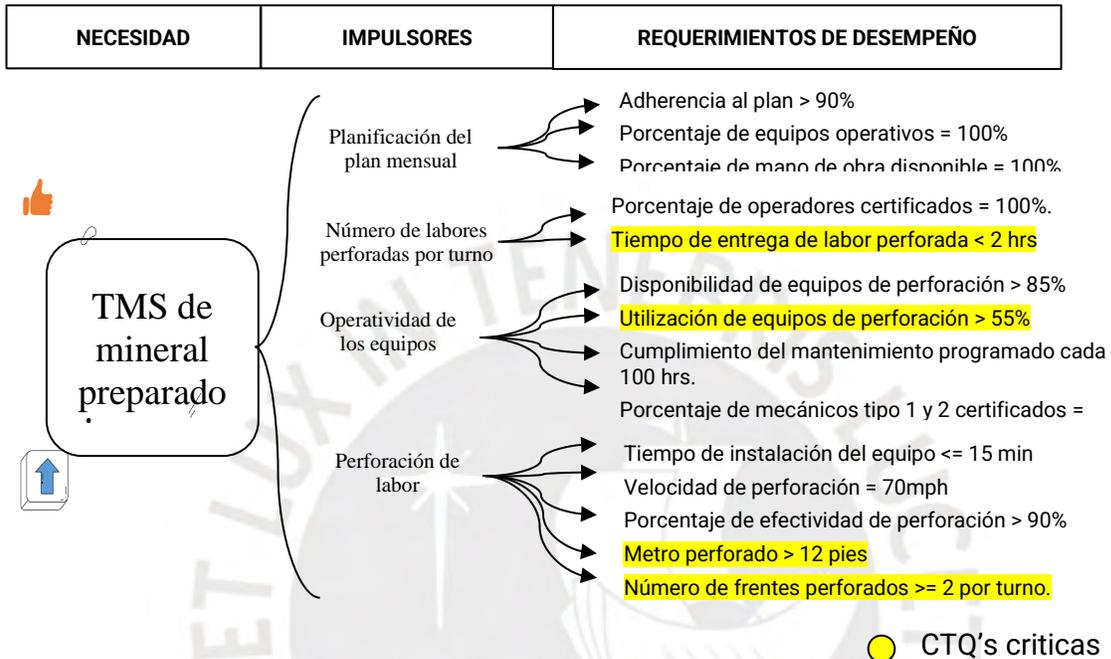


Fuente: Elaboración propia.

La herramienta project charter o carta del proyecto, nos ayuda a definir el estatus situacional de la empresa, del proceso y de la estructura del equipo. En el análisis situacional de la empresa describimos la actividad que realiza la empresa y la ubicación de la central de operaciones; definimos el caso de negocio, el cual identificamos la problemática, después de ello definimos las variables críticas o ctq a analizar del caso de negocio y finalmente definimos la línea base, el objetivo y la oportunidad de ahorro. En el análisis situacional del proceso y la estructura del equipo; definimos el alcance del proyecto, definimos los puntos línea base y objetivo de las métricas ctq del proyecto y métricas estratégicas asociadas a las ctq y finalmente definimos el equipo que conformará el proyecto Lean Six Sigma.

- Definición de problemas y objetivos

ÁRBOL DE NECESIDADES

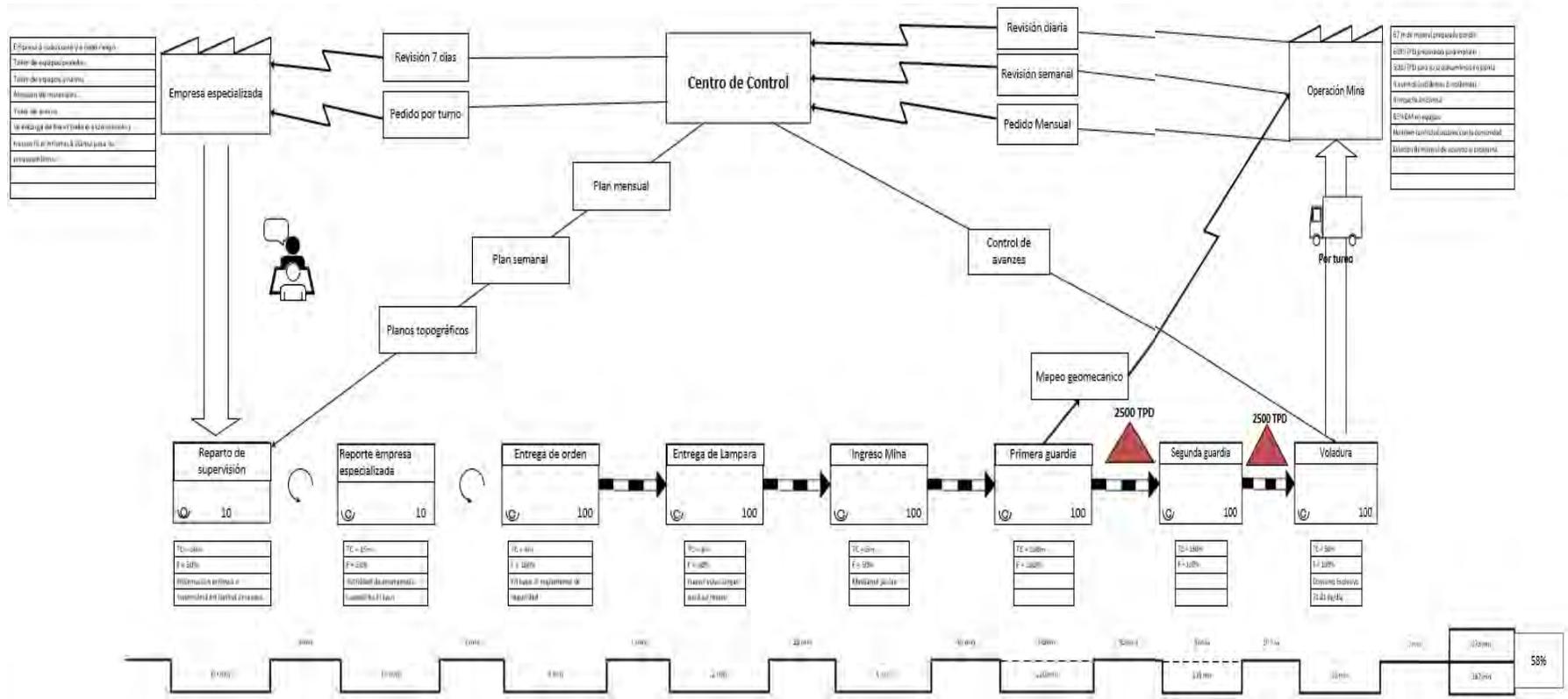


Fuente: Elaboración propia.

La herramienta árbol de necesidades; se subdivide en tres capas, necesidades, impulsores y requerimiento de desempeño. La necesidad es la variable crítica en sí, los impulsores son aquellas variables que potencian la variable crítica y los requerimientos de desempeño son las métricas que cada impulsor debe alcanzar para potenciar la variable crítica.

2.7.2. Fase medir

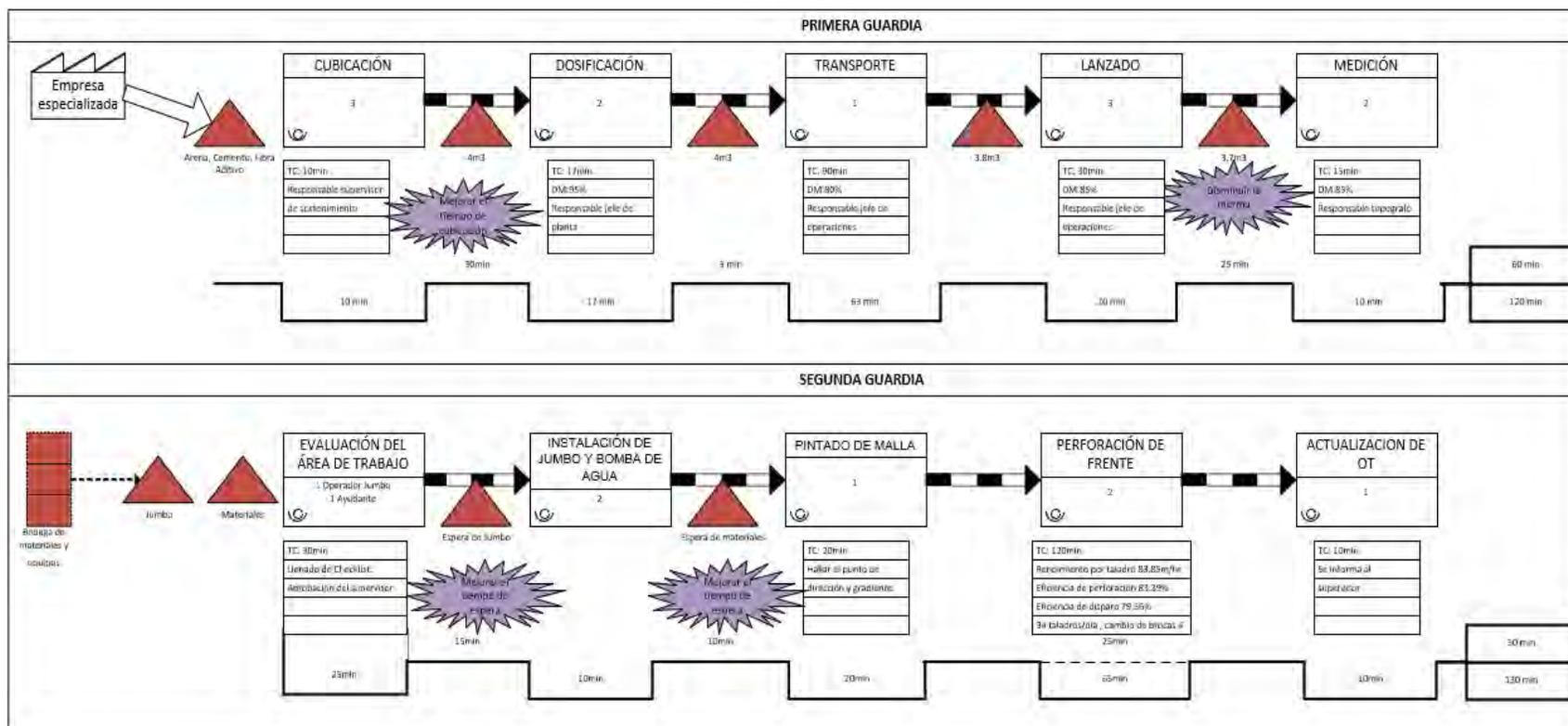
- VSM



Fuente: Elaboración propia.

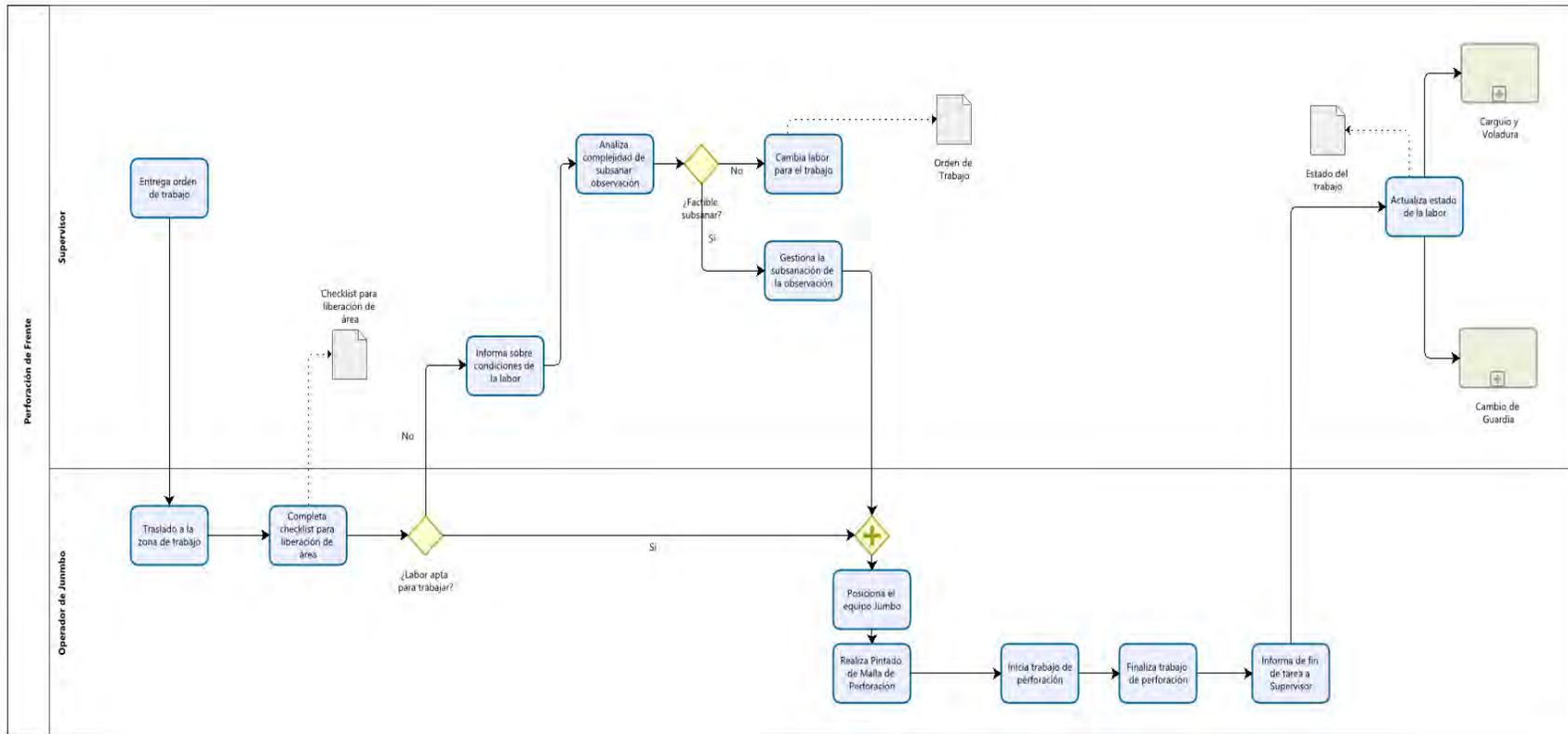
La herramienta value stream map o mapa de flujo de valor, es un diagrama de flujo donde nos permite visualizar de manera metódica el proceso que evaluamos para la obtención de la variable crítica, desde el punto inicio; en este caso el centro de control que genera el

direccionamiento, hacia la empresa especializada encargada de la ejecución del proyecto y finalmente a la entrega del cliente operaciones mina. Se considera todas las variables de entrega y salida, así como los tiempos del proceso y de la espera entre procesos, el cual nos da una visibilidad del tiempo total de esperas, y poder evaluarlas para una optimización del proceso. Seguidamente nos ubicamos en los subprocesos de primera guardia y segunda guardia que son de mayor impacto, para su evaluación y toma de decisiones a estas oportunidades de mejora en tiempos de esperas.



Fuente: Elaboración propia.

- Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de flujo es una herramienta que nos permite describir el proceso a evaluar en función a la variable crítica, determinando responsabilidades de la actividad, enlazando entregables, documentaciones estándar en el flujo y la entrega del producto final.

- SIPOC

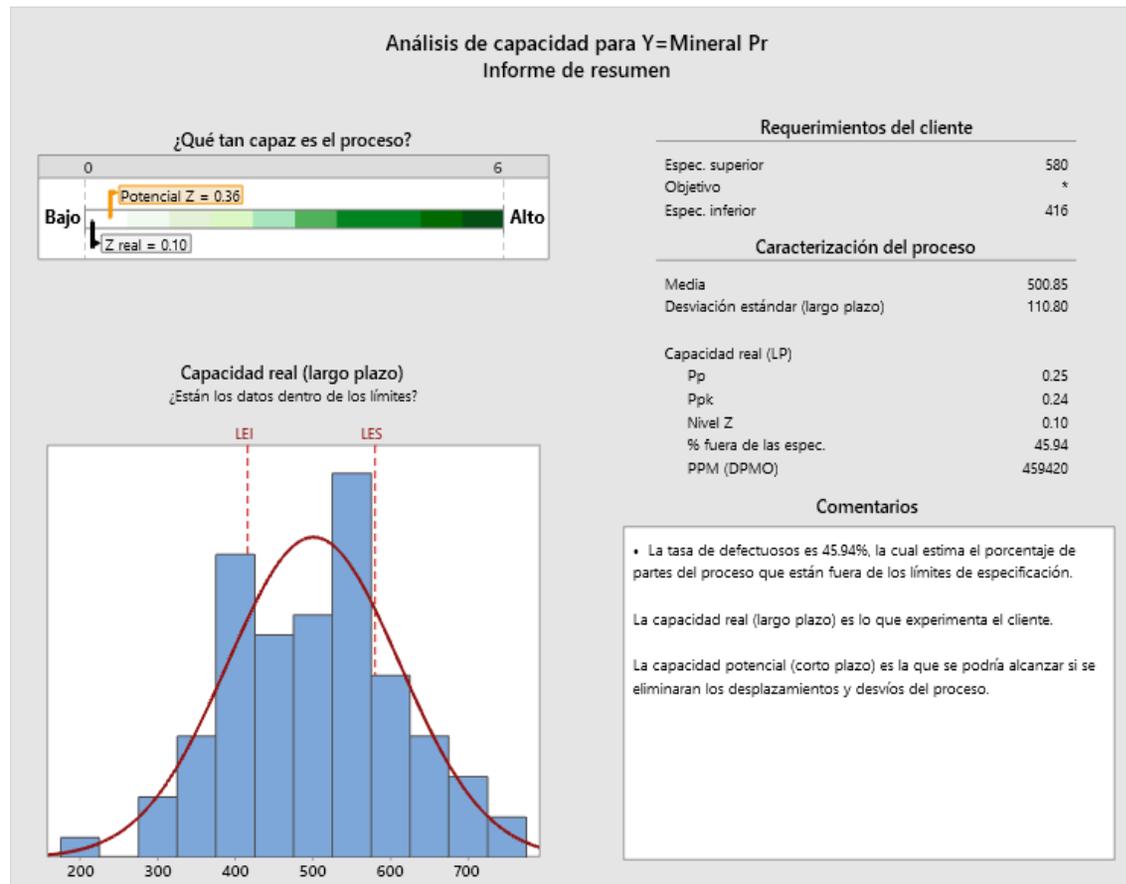
Proveedor	Entradas		Proceso	Salidas		Cliente
Operador de Jumbo	Nombre: <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de la labor • Llenado de Herramientas de control 	Características de calidad: <ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en operación mina mayor a 2 años. • Procedimiento actualizado. • Tiempo de llenado de herramientas de control completo <5min • Herramientas manuales para cada labor. 	Estandarización de la labor	Nombre: <ul style="list-style-type: none"> • Labor estandarizada 	Características de calidad: <ul style="list-style-type: none"> • Labor apto al 100% 	Operador de Scoop

Proveedor	Entradas		Proceso	Salidas		Cliente
Operador de Jumbo	Nombre: <ul style="list-style-type: none"> • Traslado a la labor • Posicionamiento del equipo • Instalación del equipo • Perforación de taladros 	Características de calidad: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de entrega de labor perforada <2hrs • Utilización de equipos de perforación >55% • Metro perforado >12pies • Número de frentes perforadas >=2 por día 	Perforación de frente	Nombre: <ul style="list-style-type: none"> • Labor perforada 	Características de calidad: <ul style="list-style-type: none"> • Equipo instalado apto al 100% • Cumplimiento de la longitud de perforación de acuerdo al diseño. • Frente apta para el carguío de explosivos. 	Supervisor

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta SIPOC, describe de manera detallada cada actividad del proceso identificado, manteniendo las columnas de proveedor, entradas, proceso, salidas y cliente.

- **Nivel Sigma y Capacidad**



Se tiene datos dispersos (el porcentaje fuera de los límites representa un 45.94%); por ello, el Ppk es bajo.

Se observa 2 modas ya que en el método de perforación se usan barras de 12 y 14 pies.

Se observa una ligera centralización. Finalmente, se tratará de disminuir la dispersión del CTQ (mineral preparado) mediante herramientas de control en las variables críticas.

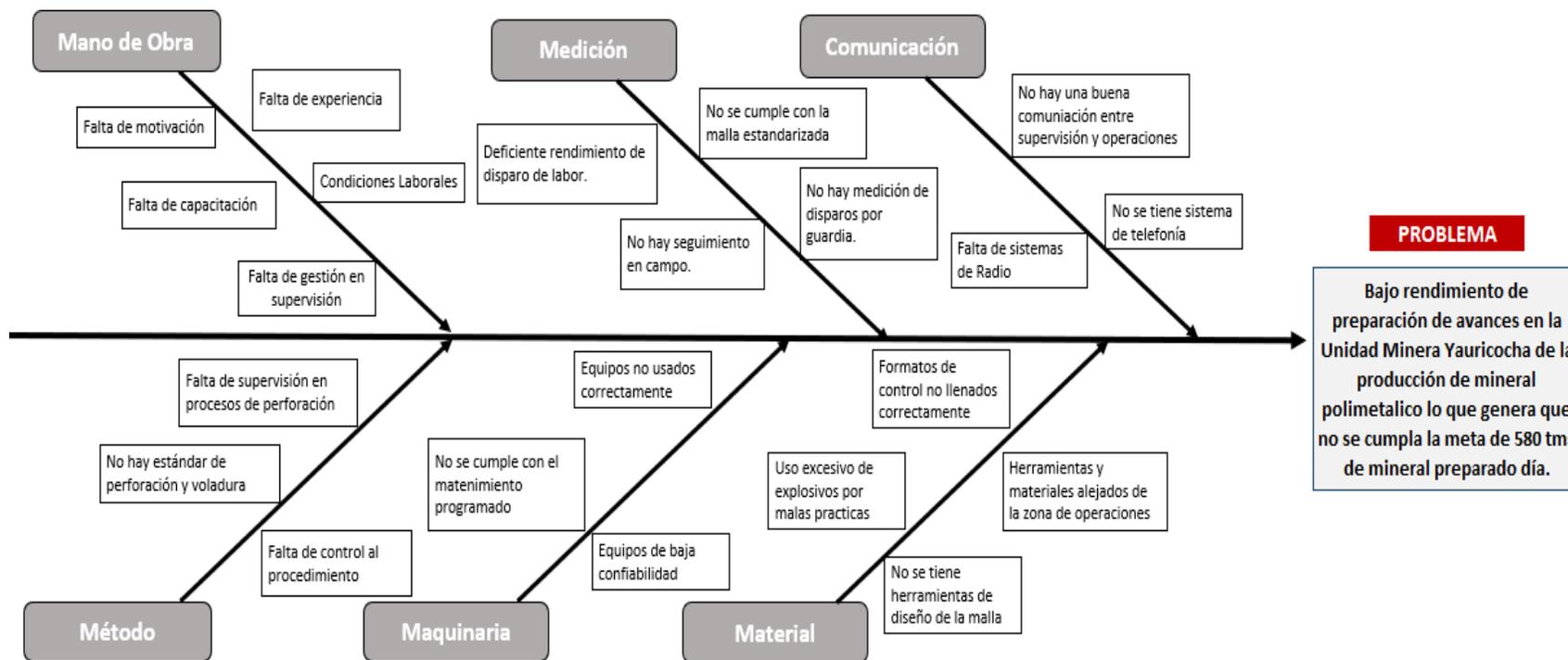
Nivel Z largo plazo	0.1
Nivel Z corto plazo	1.6

Fuente: Elaboración propia.

El software Minitab, nos permite realizar varias evaluaciones de datos, entre ellos el análisis del nivel sigma y la capacidad potencial para obtener los valores deseados de la variable crítica a gestionar. El cual en esta fase ya podemos determinar un potencial sigma.

2.7.3. Fase analizar

- **Análisis causa – raíz**



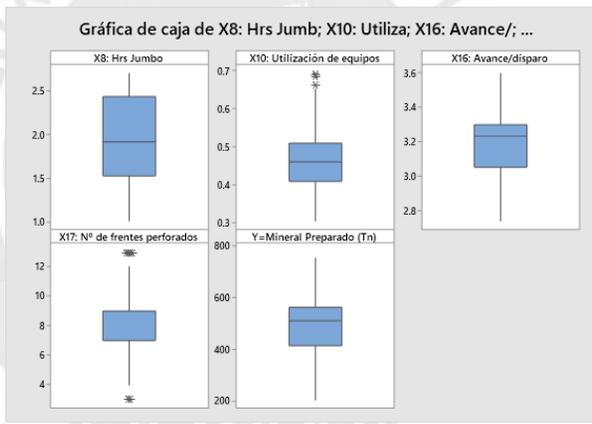
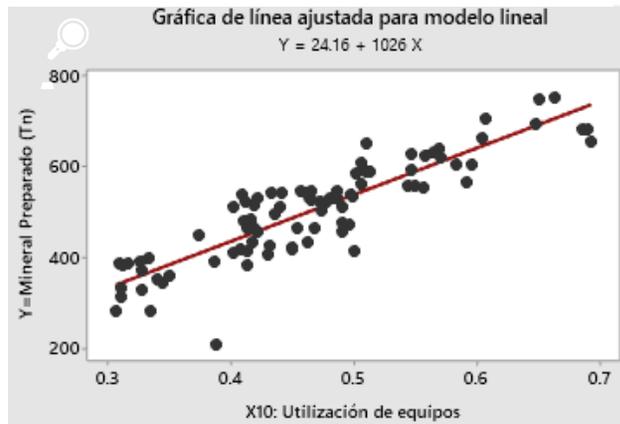
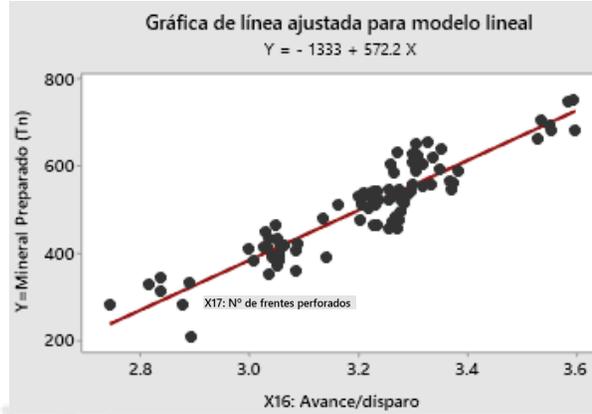
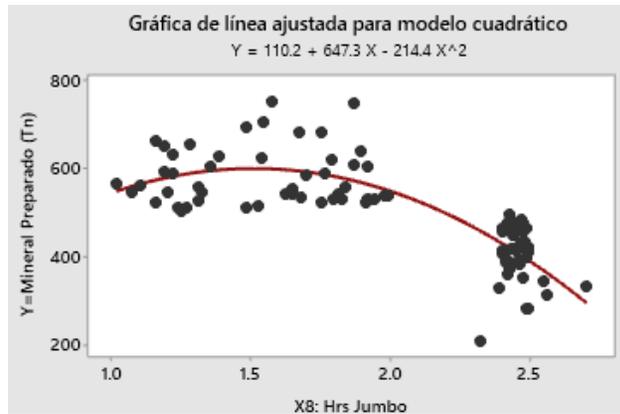
Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta de causa – raíz, nos permite determinar desde los niveles de mano de obra, medición, comunicación, método, maquinaria y materiales, las principales causas al problema de la variable crítica.

- **Correlación y Box Plot**

ITEM	VARIABLE	FORMA DE MEDICIÓN	R-cuad	Tipo de regresión
X1	Porcentaje de área participantes para la inspección de labores	# de asistentes/Total de participante solicitados.	2.73%	Lineal
X2	Porcentaje de Labores estandarizadas	Nº labores estandarizados/Nº labores totales	1.61%	Lineal
X3	Tiempo de entrega del plan mensual aprobado	Días antes de iniciar el plan del mes.	0.42%	Lineal
X4	Porcentaje de equipos Operativos	Nº de equipos operativos / Nº de equipos planificados.	1.60%	Lineal
X5	Porcentaje de mano de obra disponible	Nº de personal disponible / Nº de personal planificado.	Ctte	N.A.
X6	Porcentaje de adherencia al plan	Avance realizado / avance programado	3.57%	Lineal
X7	Porcentaje de Operadores Certificados.	Nº de operadores certificados / Nº de operadores totales.	2.48%	Lineal
X8	Tiempo de entrega de labor perforada	Hora transcurrida desde el posicionamiento hasta la desmovilización del equipo Jumbo.	66.10%	Cuadrática
X9	Disponibilidad de equipos de perforación	Horas operativas / Horas disponibles	0.63%	Lineal
X10	Utilización de equipos de perforación	Horas trabajadas / Horas disponibles	78.12%	Lineal
X11	Mantenimiento programado	SI = mantenimiento preventivo cada 100hrs.		
X12	Porcentaje de Mecánicos tipo 1 y 2 certificados.	Nº de mecánicos certificados / Nº de mecánicos totales.	3.42%	Lineal
X13	Tiempo de instalación del equipo	Minutos transcurridos desde el traslado al frente de perforación hasta el posicionamiento del equipo Jumbo.	0.40%	Lineal
X14	Velocidad de perforación	Medición de la revolución del martillo perforador.	10.33%	Lineal
X15	Porcentaje efectividad de perforación	Horas de percusión / Horas de motor eléctrico.	0.31%	Lineal
X16	Metro perforado	Medición del taladro de perforación en pies.	85.17%	Lineal
X17	Número de frentes perforados por guardia.	Total de frentes perforados completos.	71.33%	Lineal

Fuente: Elaboración propia.



De las 17 variables que se definieron en el árbol de necesidades, se escogieron como variables críticas luego del Análisis de Correlación: el tiempo de entrega de labor perforada (X8), Utilización de equipos de perforación (X10), metros perforados (X16) y Numero de frentes (X17)

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de correlación, se determina la relación de las variables analizadas y propuestas en función a la variable crítica, definiendo el nivel de relación sea esta lineal o cuadrática y el nivel de R-cuadrado para su selección, dado que a mayor R-cuadrado, mayor será el grado de dependencia. Y posterior a ello se analiza por box plot la simetría de resultados en función a la variable crítica.

- **REGRESIÓN**

☒ X'S CRITICOS

Modelo lineal general: Y=Mineral Preparado (Tn) vs. X8: Hrs Jumbo; X10: Utilización de equipos; X16: Avance/dis...

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
30.8039	92.63%	92.27%	91.54%

Coefficientes

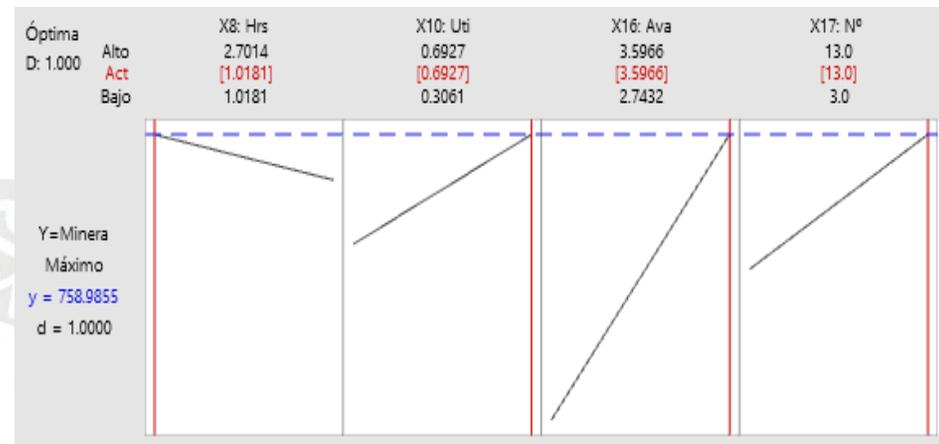
Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		Coef.	coef.			
Constante	-575	107		-5.40	0.000	
X8: Hrs Jumbo	-29.39	9.04		-3.25	0.002	1.94
X10: Utilización de equipos	270.5	69.3		3.90	0.000	4.01
X16: Avance/disparo	284.5	37.9		7.50	0.000	4.21
X17: N° de frentes perforados	11.63	2.48		4.69	0.000	2.80

Ecuación de regresión

$$Y = \text{Mineral Preparado (Tn)} = -575 - 29.39 X8: \text{Hrs Jumbo} + 270.5 X10: \text{Utilización de equipos} + 284.5 X16: \text{Avance/disparo} + 11.63 X17: \text{N° de frentes perforados}$$

Realizando la optimización del CTQ, se obtuvo que en un tiempo de 1.01 hr de perforación, con una utilización de 69.3%, un avance de 3.6 m perforados por disparo y con un promedio de 13 labores por día; se obtiene 759Tn de mineral preparado.

Posteriormente, se realizó un análisis de varianzas de las X's críticas, teniendo como p-value significativas individualmente, pero no se encontró valor de significancia en la interacción de 2do y 3er orden.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de regresión presenta R-cuadro de 92.63% para el modelo lineal de la variable crítica analizada, según se detalla en la ecuación de regresión. En la interpretación de coeficientes, nos muestran “valor p” menores de 0.05 el cual rechaza la hipótesis nula, aceptando con 95% de confianza, que las variables explicativas planteadas afectan a la variable analizada. Interpretando pendiente negativa en las hrs jumbo y pendientes positivas en la utilización de equipos, avance por disparo y n° de frentes perforados. Finalmente, en la optimización de los datos analizados por la regresión tenemos un valor máximo propuesto para la variable crítica.

2.7.4. Fase mejorar

- Plan de mejoras

Ítem	Variable Crítica X	Objetivo	Responsable
X8	Tiempo de entrega de labor perforada.	Reunión y exposición del análisis a Gerencia de Operaciones.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición del análisis a la Superintendencia	Superintendencia de Mina
		Estatus de operadores certificados e incremento de contratación de estos.	Superintendencia de Recursos Humanos
		Estatus y análisis de la cobertura de ventilación de labores.	Superintendencia de Planeamiento
		Estatus y análisis de las vías de transporte a los frentes de trabajo.	Superintendencia de Planeamiento
		Reunión y exposición a las Gerencias de las empresas especializadas.	Superintendencia de Mina
		Difusión de los planes de acción a la supervisión y trabajadores.	Superintendencia de Mina
X10	Utilización de equipos de perforación.	Reunión y exposición del análisis a Gerencia de Operaciones.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición del análisis a la Superintendencia	Superintendencia de Mina
		Estatus de Supervisores Técnicos Calificados e incremento de contratación de estos.	Superintendencia de Recursos Humanos
		Inventario de repuestos críticos.	Superintendencia de Mantenimiento Mecánico
		Seguimiento al número de mecánicos por equipo.	Superintendencia de Mantenimiento Mecánico
		Fecha de renovación del equipo y su estado de vida útil.	Superintendencia de Mantenimiento Mecánico
		Ejecución del nuevo taller de mantenimiento.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición a las Gerencias de las empresas especializadas.	Superintendencia de Mina
		Difusión de los planes de acción a la supervisión y trabajadores.	Superintendencia de Mina

		Realizar pruebas con equipo de perforación automática	Superintendencia de Mina
		Evaluar resultados de perforación automática	Superintendencia de Mina
		Implementar la "perforación automática en horas muertas"	Superintendencia de Mina
X16	Metro perforado.	Reunión y exposición del análisis a Gerencia de Operaciones.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición del análisis a la Superintendencia	Superintendencia de Mina
		Estatus de Mecánicos Certificados e incremento de contratación de estos.	Superintendencia de Recursos Humanos
		Implementar los equipos de evaluación de malla de perforación.	Superintendencia de Mina
		Gestionar con T.I. el estatus y alcance de las fibras de comunicación.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición a las Gerencias de las empresas especializadas.	Superintendencia de Mina
		Difusión de los planes de acción a la supervisión y trabajadores.	Superintendencia de Mina
		Realizar voladuras piloto con longitud de Barra 16pies	Superintendencia de Mina
		Evaluar los resultados de voladuras de perforación con 16 pies	Superintendencia de Mina
		Implementar equipos de perforación con viga de 16 pies	Superintendencia de Mina
X17	Número de frentes perforados por guardia.	Reunión y exposición del análisis a Gerencia de Operaciones.	Superintendencia de Mina
		Reunión y exposición del análisis a la Superintendencia	Superintendencia de Mina
		Evaluación y mejora de las condiciones laborales.	Superintendencia de Recursos Humanos
		Estatus y análisis de la capacidad eléctrica de la mina.	Superintendencia de Mantenimiento Mecánico
		Elaboración del planeamiento zonificado por jumbos.	Superintendencia de Planeamiento
		Entrega del plan de minado de 06 labores por jumbo.	Superintendencia de Planeamiento
		Reunión y exposición a las Gerencias de las empresas especializadas.	Superintendencia de Mina
		Difusión de los planes de acción a la supervisión y trabajadores.	Superintendencia de Mina

Fuente: Elaboración propia.

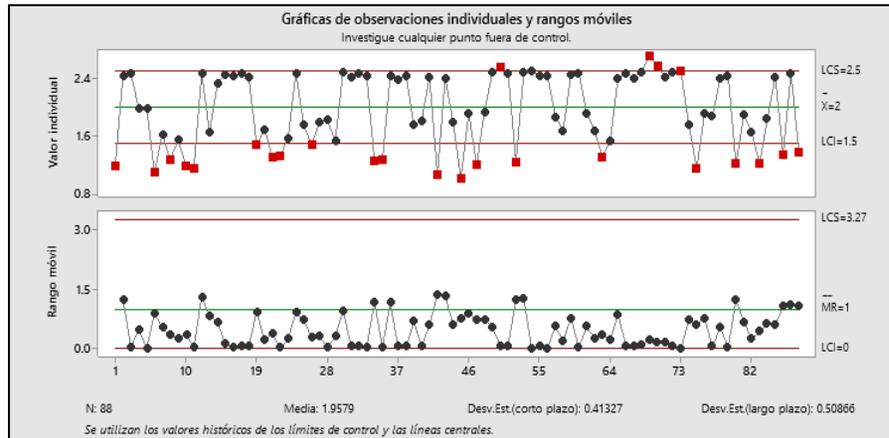
2.7.5. Fase controlar

- Plan de control

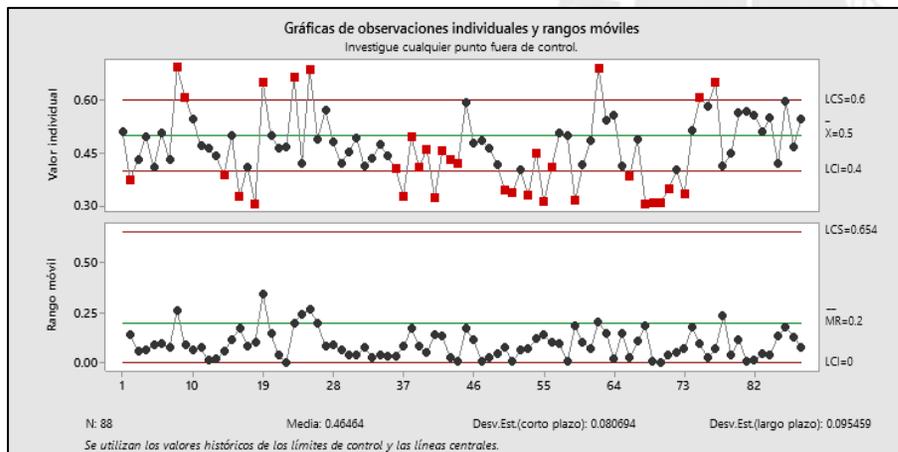
Proceso			Proceso de medición					Muestreo			Toma de decisiones		
Paso proceso	¿Qué controlamos?	Crítico	Entrada/Salida	Limites especificación	Método de medición	Lugar	Método de Control	Tamaño de muestra	Frecuencia	Quien o que lo mide	Donde se registra	Regla de decisión	No. doc
Toneladas Preparadas	TMS para producción	SÍ	Salida	400-600	Conversión del avance acumulado por el KPI de tms/m	CCOI	Gráfica I-MR	1	Suma del avance ejecutado diario	Jefe de Productividad	Formato toneladas preparadas	Avisar al Superintendente de Mina	CONTROL DE MINERAL PREPARADO V02
Avance	Metros ejecutados	SÍ	Salida	30-40	Registro de levantamiento topográfico	CCOI	Gráfica I-MR	1	Suma del avance ejecutado diario	Jefe de Productividad	Formato de control de avances	Avisar al Superintendente de Mina	CONTROL DE AVANCES V02
Perforación de labor	Tiempo de perforación	SÍ	Entrada	1.5 - 2.5	Registro de horómetro	Equipo Jumbo	Gráfica I-MR	1	por frente perforado	Líder de labor	Formato de equipo	Avisar al Jefe de Guardia	JUMBO V02
Utilización de Jumbo	Horas de uso	SÍ	Entrada	40%-60%	Suma total horómetro	Central de Operaciones	Gráfica I-MR	1	por actividad realizada	Supervisor Técnico	Formato de equipo	Avisar al Jefe de Guardia	JUMBO V02
Metro de avance	metro disparado	SÍ	Salida	3 - 3.4	Levantamiento topográfico	Labor disparada	Gráfica I-MR	1	por frente disparado	Topógrafo	Formato de levantamiento	Avisar al Superintendente de Planeamiento	REPORTE DE AVANCES V02
Número de labores perforadas	Labores entregadas	SÍ	Entrada	6 - 10	Registro en el reporte de guardia	Central de Operaciones	Gráfica I-MR	1	por guardia reportada	ing. De Procesos	Reporte de Guardia	Avisar al Superintendente de Mina	REPORTE DE GUARDIA V02

Fuente: Elaboración propia.

- **Gráficas de control**

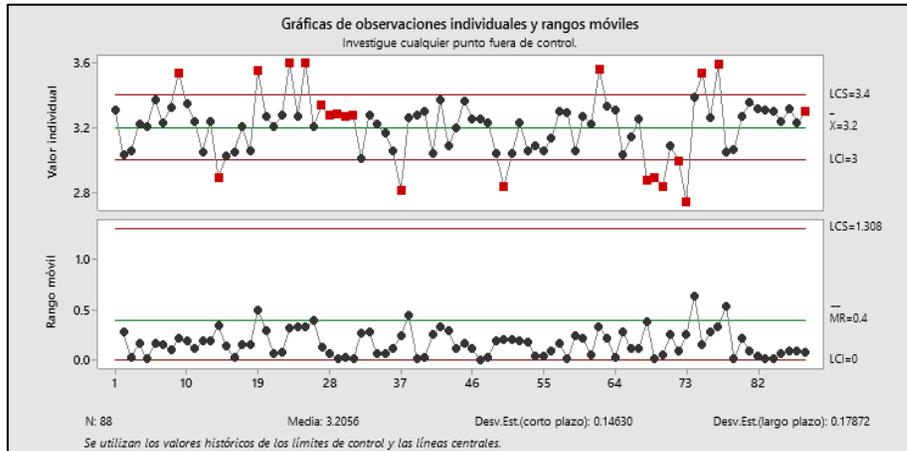


Se define como Límite de Control Superior 2.5 hrs y Límite de Control Inferior 1.5 hrs. Esta variable todavía no mantiene estabilidad. Identificando la oportunidad en el análisis de entregas de labor con tiempos menores de 1.5 hrs.

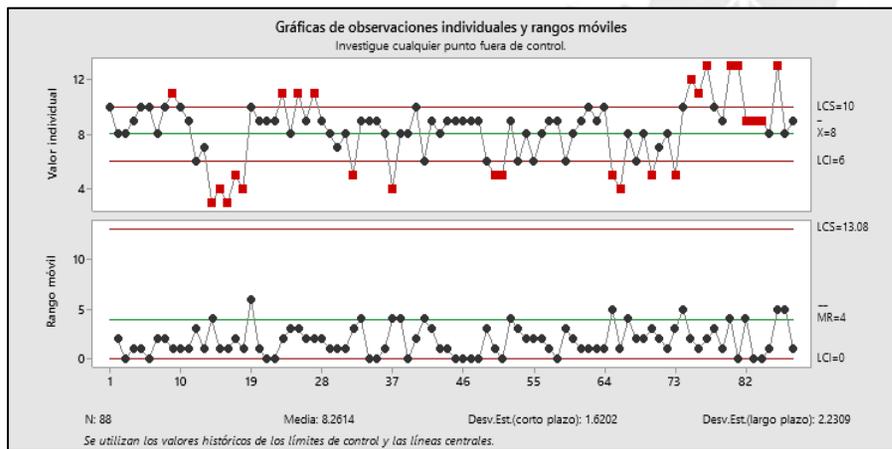


Se define como Límite de Control Superior 0.6 y Límite de Control Inferior 0.4. Esta variable todavía no mantiene estabilidad. Identificando la problemática de resultantes en la utilización del equipo jumbo de perforación con resultados menores al 40%.

Fuente: Elaboración propia.

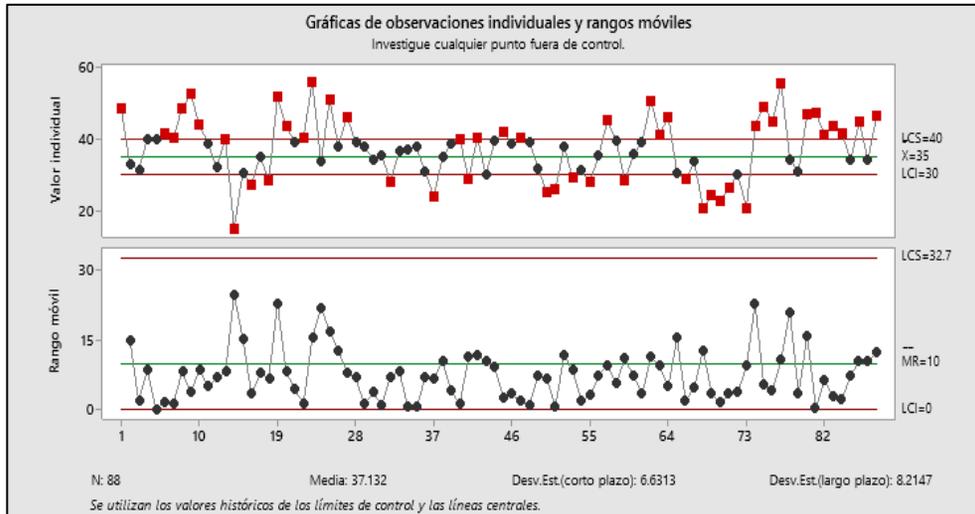


Se define como Límite de Control Superior 3.4 metros y Límite de Control Inferior 3.0 metros. Esta variable todavía no mantiene estabilidad. Obteniendo resultados en analizar en disparos menores a 3.0 metros por disparo.



Se define como Límite de Control Superior 10 y Límite de Control Inferior 6 hrs. Esta variable todavía no mantiene estabilidad. Identificando procesos con entrega menores a 6 frentes perforados por guardia.

Fuente: Elaboración propia.



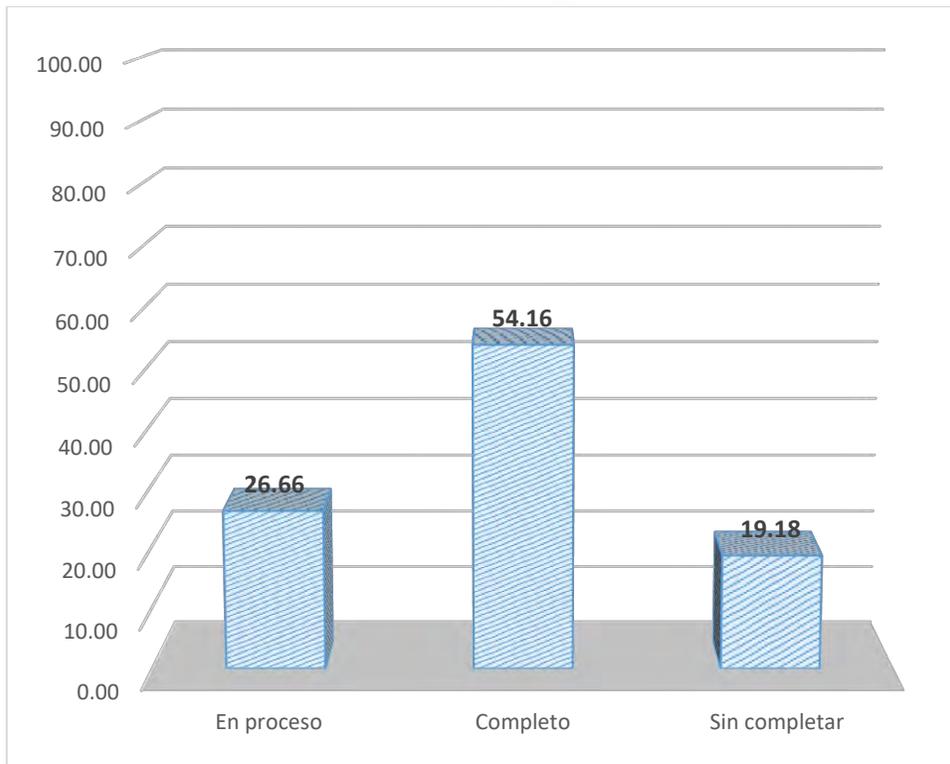
En la variable Y2, se define como Límite de Control Superior 40 metros y Límite de Control Inferior 30 metros. Esta variable todavía no mantiene estabilidad. Observando oportunidades de mejora en resultados que indican que si se puede mantener resultados sostenibles y también analizar la problemática de los resultados por debajo de los 30 metros.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.6. Evaluación de la ejecución de la filosofía Lean Six Sigma

A partir la data compilada a través de los cuestionarios y registros documentales de la compañía (entregables, registros físicos y digitales), este apartado es desarrollado para revolver el objetivo específico 1: Examinar el modo en que se ejecuta la filosofía Lean Six Sigma en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022.

Figura 9: Ejecución del método Lean Six Sigma

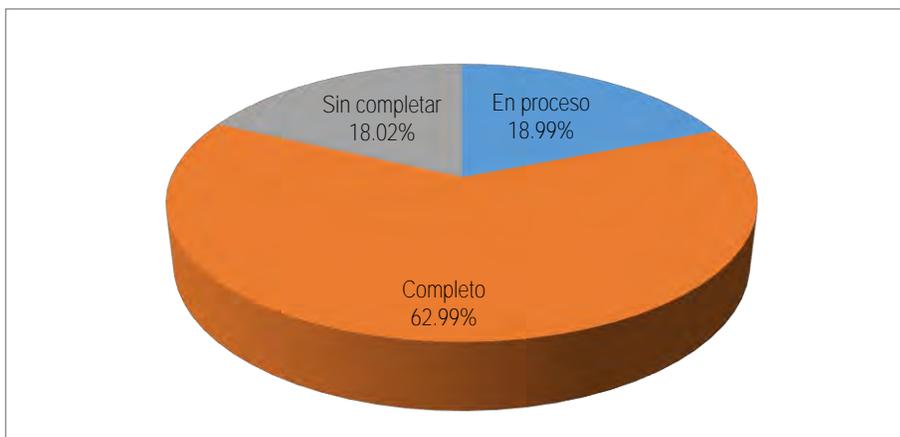


Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis realizado el resultado general sobre el avancen la ejecución del método Lean Six Sigma, de modo general, se indica que esta implementación se ha completado en 54.16%, mientras que un 26.66% están en proceso de implementación y 19.18% está sin implementar.

Al realizar un análisis por dimensiones, se obtuvo como resultado:

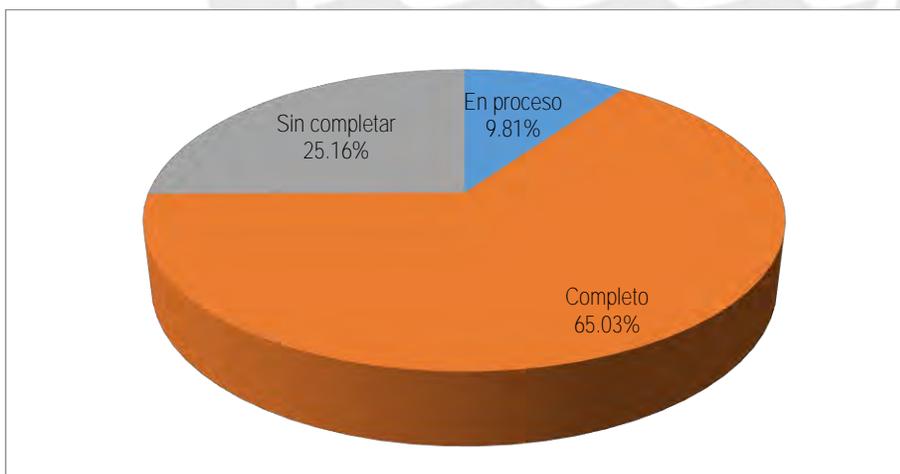
Figura 10: Definición del problema



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la dimensión, definición del problema, se ha completado en un 62.99% la implementación, mientras que un 18.99% está en proceso de implementarse.

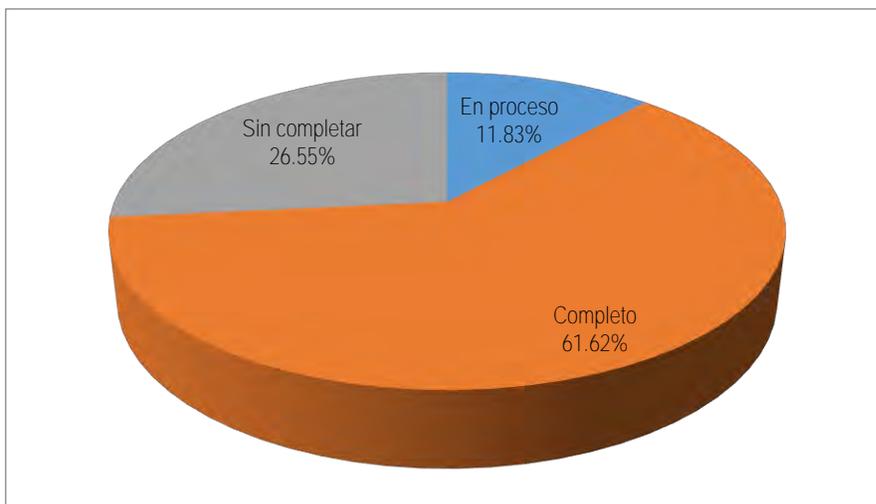
Figura 11: Medición del funcionamiento



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la medición del funcionamiento, para esta etapa el 65.03% se ha completado la implementación, mientras que el 9.81% está en proceso de implementación.

Figura 12: Análisis de las causas del problema



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de las causas del problema, se tiene un 61.62% completado, y en proceso de implementación un 11.83%

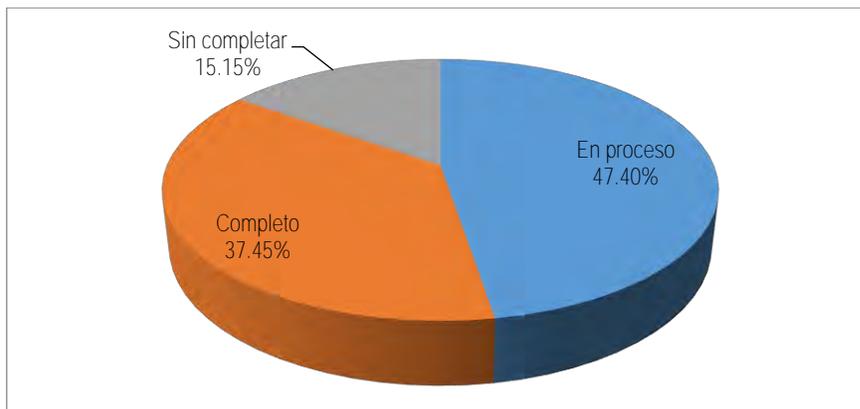
Figura 13: Determinación de mejoras



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la determinación de mejoras, se ha completado en 43.72% su implementación, mientras que un 45.24% está en proceso de implementación.

Figura 14: Control de mejoras continuas



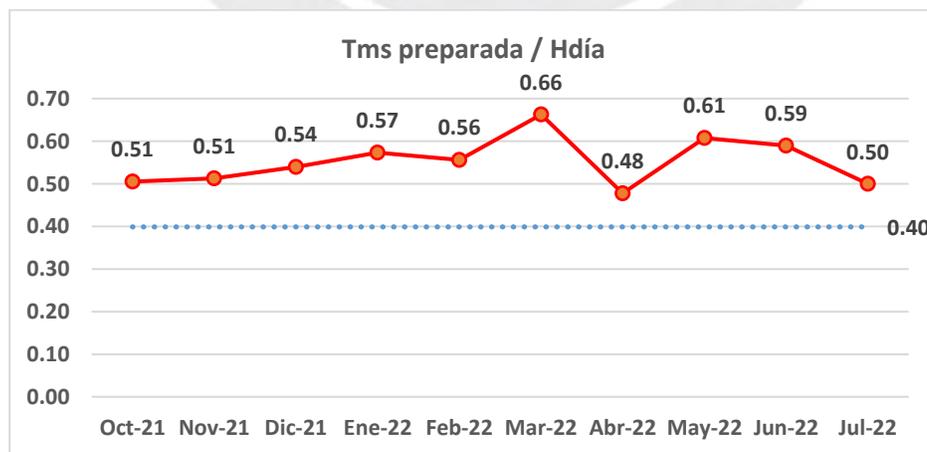
Fuente: Elaboración propia.

Para el control de mejoras continuas, se ha completado en un 37.45%, mientras que aún se tienen un 47.40% en proceso de implementación.

2.7.7. Evaluación del desarrollo de la productividad

Esta evaluación se realiza con la finalidad de responder al objetivo específico 2: Examinar el modo en que se desarrolla la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022:

Figura 15: Desarrollo general de la productividad

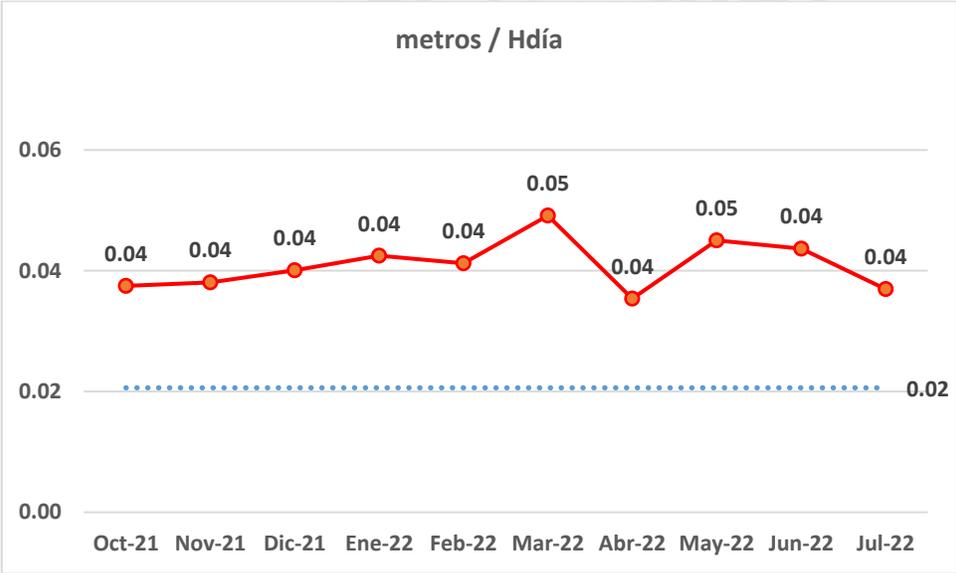


Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la productividad, antes y después de aplicar el método Lean Six Sigma, muestra que tiene un punto de partida de medición de 0.40 toneladas preparadas de mineral en función a cada hombre en la unidad minera, presentando un incremento inicial de 27,5% en la primera etapa de definición que es parte del proceso DMAIC de la filosofía Lean Six Sigma, siendo esta, resultado del primer enfoque en el proceso en implementar. Obteniendo una media de incremento al 39.0 % de la aplicación de la filosofía Lean Six Sigma.

Asimismo, se realizó un análisis por dimensiones, cuyos resultados fueron los siguientes:

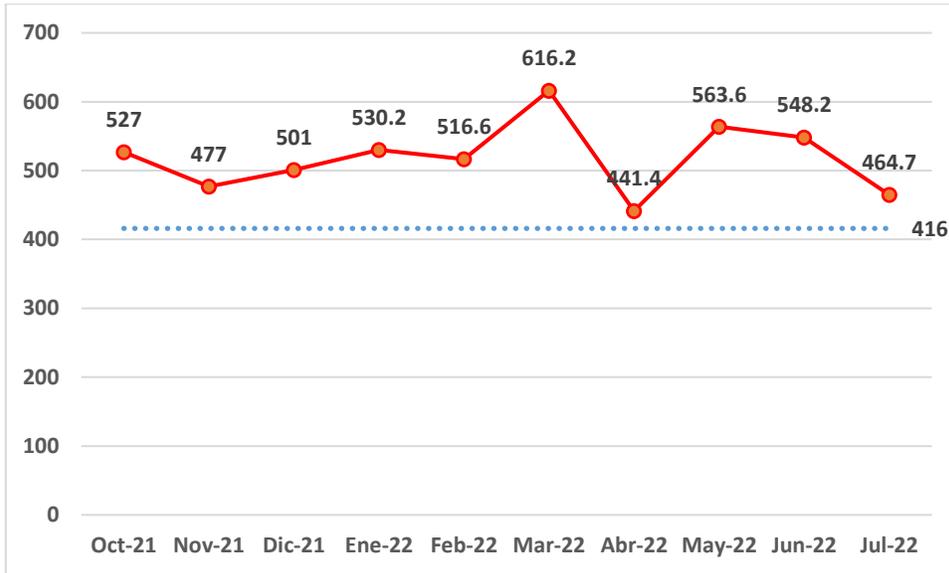
Figura 16: Evaluación de la productividad por metro avanzado



Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la productividad por metro avanzado, antes y después de aplicar el método Lean Six Sigma, muestra que tiene un punto de partida de 0.02 metros de avance en función a cada hombre en la unidad minera, obteniendo una media de incremento al 99.0 % de la aplicación de la metodología.

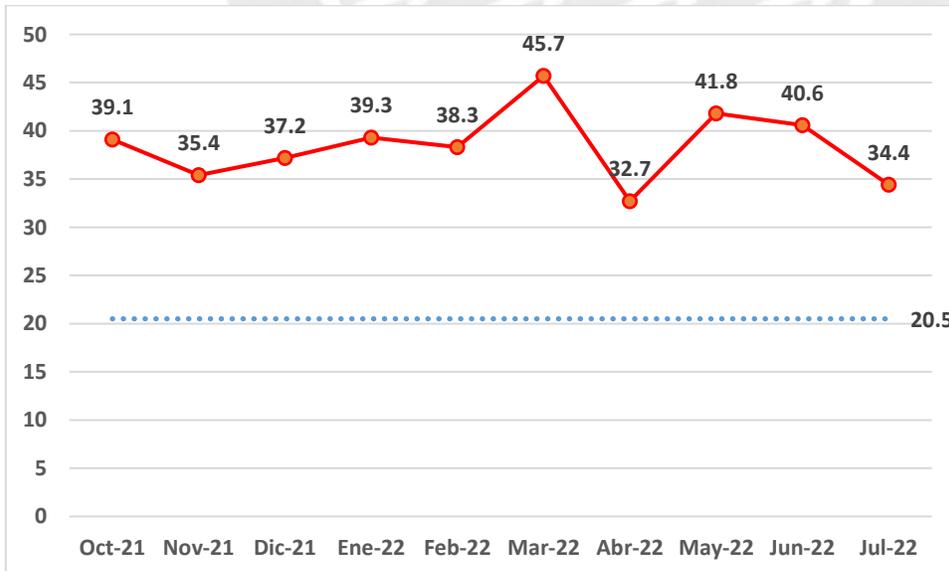
Figura 17: Evaluación de las toneladas preparadas



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las toneladas preparadas, como punto inicio de evaluación fueron 416 toneladas de mineral preparado, obteniendo en la ejecución de la metodología un incremento del 25 %.

Figura 18: Evaluación de los metros de avance



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los metros de avance, como punto inicio de evaluación fueron 20.5 metros de avance, obteniendo en la ejecución de la metodología un incremento del 88 %.

2.7.8. Evaluación de la relación entre la filosofía Lean Six Sigma y la productividad

Esta evaluación se realiza con la finalidad de responder al objetivo específico 3: Analizar la correlación entre la productividad y la filosofía Lean Six Sigma en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022. El análisis correlacional se realiza con el estadígrafo de Rho de Spearman, la tabla de contingencia elaborada para este propósito y que servirá para analizar las medidas simétricas se indica a continuación:

Tabla 1: Contingencia

		Filosofía Lean Six Sigma			Total
		Sin completar	En proceso	Completo	
Productividad	Alto	24	15	61	100
	Medio	33	28	21	82
	Bajo	22	12	15	182
Total		79	79	55	231

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint.	T aproximada	Sig. Aproximada
Productividad y Filosofía Lean Six Sigma	Correlación de Spearman	0,390	0,013	1,867	0,00345
N de casos válidos		231			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2, se muestra los valores para la correlación entre la productividad y el resultado de la aplicación del método Lean Six Sigma, este valor es de 0.39 (según la tabla de comparación se encuentra en un rango de correlación débil), los resultados se aplican a la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022.

Tabla 3: Tabla de Interpretación de Correlación

Correlación	Interpretación
± 1	Correlación perfecta (positiva o negativa)
± 0.90 a ± 0.99	Correlación muy fuerte (positiva o negativa)
± 0.75 a ± 0.89	Correlación fuerte (positiva o negativa)
± 0.50 a ± 0.74	Correlación media (positiva o negativa)
± 0.25 a 0.49	Correlación débil (positiva o negativa)
± 0.10 a 0.24	Correlación muy débil (positiva o negativa)
± 0.01 a ± 0.09	No existe correlación alguna

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2010:312). Metodología de la investigación

El valor de correlación de 0.39, se ubica en el rango de interpretación de correlación débil, siendo un valor de relación positiva entre el resultado de la productividad y la fase de implementación de la filosofía Lean Six Sigma. Siendo este valor importante y significativo para la empresa ya que se está evidenciando un incremento en la productividad de manera efectiva, considerando que aún se está en un proceso de implementación de la filosofía Lean Six Sigma.

2.8. Propuesta de desarrollo de la filosofía Lean Six Sigma

Con el propósito de streamline, coordinar y agilizar la implementación y el avance de productos de excelencia en términos de calidad, tiempo y presupuesto, se implementa la filosofía de Lean Six Sigma en conjunción con un eficiente proceso de gestión de proyectos.

Una vez que el modelo Lean Six Sigma ha sido incorporado en la empresa, se procede a llevar a cabo los proyectos previamente identificados y priorizados en la fase de Identificar y dar prioridad a los proyectos candidatos. El siguiente plan ha sido concebido para la ejecución del proyecto con el objetivo de alcanzar este propósito.

Figura 19: Fases de gestión para Lean Six Sigma

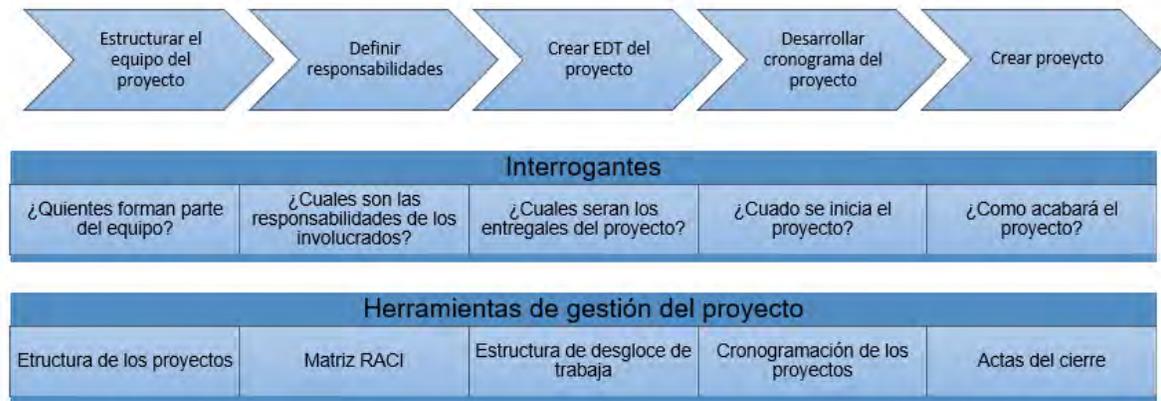


Fuente: Voehl et al (2013). The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration

2.8.1. Gestión del plan

Ejecutar y desarrollar proyectos de acuerdo a la filosofía Lean Six Sigma, se inicia con la integración de medidores de rendimiento del proyecto siendo ésta una etapa transversal a la técnica DMAIC, con esto se garantiza que las dos dimensiones, gestionar y ejecutar del proyecto estén adecuadamente encaminadas.

Figura 20: Desarrollo de la gestión para Lean Six Sigma



Fuente: Voehl et at (2013).

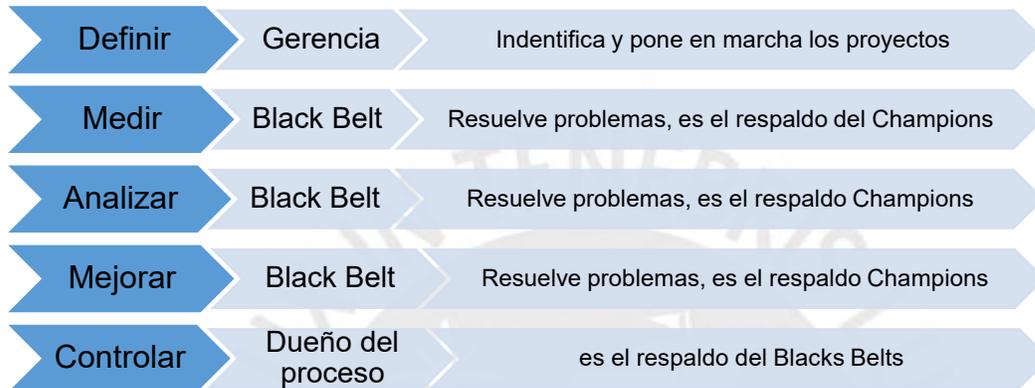
A) Distribución del plan

La estructura típica de los proyectos incluye:

- Champions: directivos, que tienen la potestad de activar recursos necesarios que faciliten la ejecución de los proyectos.
- Sponsors: son los que están comprometidos en el éxito de los proyectos.

- Green Belt / Black Belt: Especialistas en el método Lean Six Sigma, por lo que se les considera facilitadores en el uso de las herramientas correspondientes
- Compañeros de equipos: Especialistas en el proceso de mejora continua, se involucran en los cambios diarios del proceso

Figura 21: Obligaciones de los responsables del proyecto



Fuente: Voehl et al (2013).

B) Matriz RACI

Sirven para conectar los entregables o actividades a los recursos del proyecto mediante este método. El objetivo principal del MAR es dejar claro quién es responsable de qué en relación con las diversas actividades del proyecto. Al hacer esto, se asegura que cada elemento del alcance se adscriba a una persona específica o grupo de trabajadores (Siles y Mónico, 2012).

Esta matriz de responsabilidades debe contener principalmente:

- Códigos del bloque de labores en la EDT.
- Nombre de los productos o entregables.
- La figura de autoridad en línea con su descripción de trabajo:
 - R = Responsables de la ejecución: Está a cargo de completar una tarea específica. De esta manera, normalmente hay un rol a cargo de llevar a cabo cada tarea enumerada en la EDT.

- A = Aprobación: Individuo que acepta el involucramiento hasta la realización precisa y completa de una actividad y que también se le proporciona información de quienes están a cargo de llevarla a cabo.
- C = Consultor: Individuo que, si bien no es primordialmente involucrado en la realización de la actividad, sin embargo, contribuye de alguna manera al proyecto o es entrevistado para obtener información o búsqueda de aspectos relevantes.
- I = Información: Individuo que informa el resultado de las tareas o del estado del proceso.

Figura 22: Desarrollo del proyecto según el código EDT

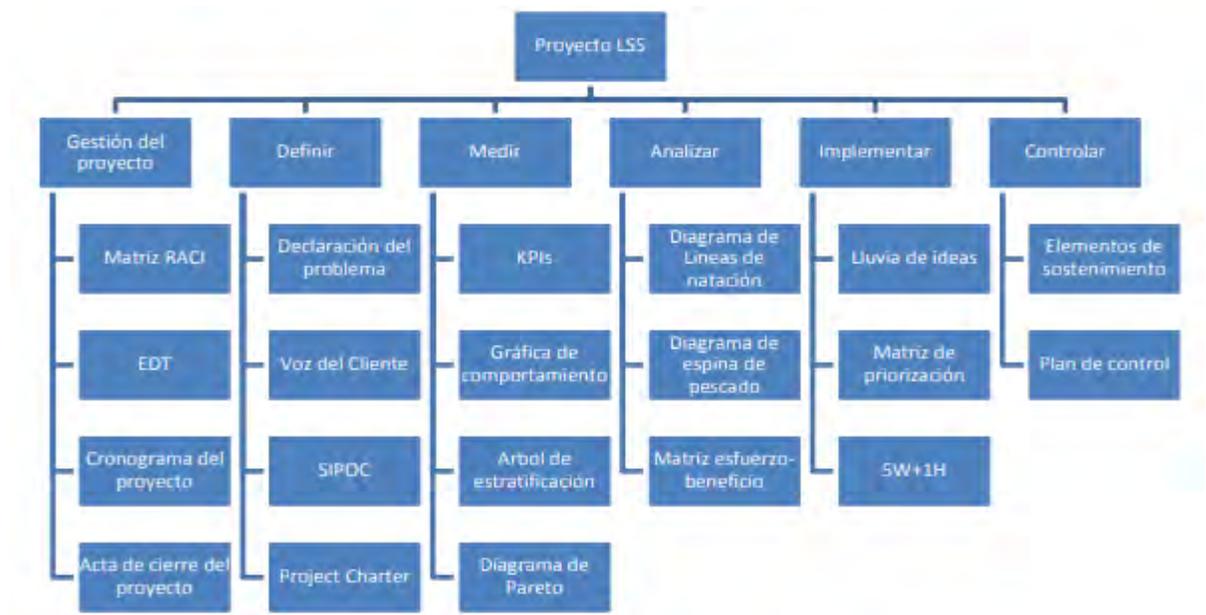
	Responsable	Responsable	Responsable	Responsable	Responsable	Responsable
	1	2	3	4	5	6
Cronogramas	R	C	C	C	C	C
Projects Charters	C	A	R	I	C	C
Diagramas	R	C	C	R	R	R
Expresión del consumidor	C	I	C	C	R	R

Fuente: Elaboración propia.

C) Estructuración de desglosamiento del trabajo (EDT)

El alcance completo del proyecto se desglosa en entregables manejables (actividades seccionadas de trabajo), que forman parte de la estructura de desglose del trabajo. La EDT para un proyecto Lean Six Sigma se representa en el siguiente gráfico, donde se ha tenido en cuenta la dirección de proyectos como una etapa transversal del ciclo DMAIC.

Figura 23: Desglose de trabajo EDT para Lean Six Sigma



Fuente: Elaboración propia.

D) Cronograma de los proyectos

Los entregables definidos de la estructura de desglose del trabajo o los paquetes de trabajo se desglosan en un conjunto secuenciado de actividades conocido como cronograma del proyecto. El cronograma se puede mostrar en una variedad de formas, incluido un gráfico de Gantt o una lista de actividades sencilla con periodos calendario. Es crucial que incluya una lista de objetivos que se han establecido a lo largo del proyecto.

E) Actas del cierre de los proyectos

El certificado de cierre de los proyectos no es más que un documento en el que se le informa formalmente al propietario del proceso mejorado los indicadores de control y los componentes para velar por la sostenibilidad y garantizar que el proceso se mantenga dentro del cronograma.

2.8.2. Fase: Definición

Cuando se ha identificado un problema, comienza la fase de definición. Esta fase aclara nuestra comprensión de por qué existe el problema, lo cual es crucial saber antes de dedicar tiempo y recursos al proyecto.

Los objetivos de la fase son:

- Crear un chárter Project (caso de negocio).
- Especificar los temas y metas.
- Reconocer las necesidades del negocio.
- Especificar obligaciones y deberes.

Flujograma del proceso: Se especifica el siguiente flujograma del proceso, junto con cuestiones importantes por cada paso y herramientas potenciales.

Figura 24: Técnicas e instrumentos para la fase de definición



Fuente: Voehl et at (2013).

A) Declaración del problema

El enunciado de la definición al problema es una herramienta sencilla pero eficaz. Proporciona características detalladas del problema, asegurando comprender la realidad más sincerada del proyecto que está tratando de cambiar, sus niveles, sus causas, sus efectos y lugar que ocurre.

Los componentes más cruciales de la declaración de un problema son:

- ✓ Descripción sucinta de no más de dos o tres oraciones.

- ✓ Evite usar lenguaje técnico; en su lugar, utilice un lenguaje cotidiano para describir el problema.
- ✓ Cuantificación de los problemas
- ✓ Crea un indicador de la base actual usando los datos que están disponibles.
- ✓ Describa el costo del problema: es fundamental resaltar el impacto económico relacionado con la pérdida.
- ✓ Defina los límites del proceso definiendo el alcance del proceso que está conectado con el problema.

B) La voz del cliente (VOC)

El VOC es usada para recopilar comentarios y necesidades de los clientes. Cada paso del proceso Lean Six Sigma incorpora los comentarios de los clientes como una entrada fundamental. Los requisitos críticos del cliente se recopilan, miden y convierten en objetivos viables durante esta fase.

Modos para escuchar los comentarios de los usuarios o consumidores:

- ✓ Comentarios de los clientes: registro de quejas.
- ✓ Los grupos focales, las intervenciones y las llamadas telefónicas son métodos directos de contacto.
- ✓ Método indirecto: uso de un espacio de sugerencias, creación de encuestas individuales, registro de necesidades en el centro de llamadas y lectura de reclamos realizados por el sistema CRM de la empresa.

Dado que convierte la situación problemática registrada en un dato, parámetro o criterio observado sobre el que debe centrarse nuestra solución, este enfoque es sumamente beneficioso y contribuye valor al proyecto.

Los siguientes son los puntos de la VOC:

- ✓ Expresión del cliente: Una declaración sincera de la realidad o problema del cliente.
- ✓ Dictado por voz: valores reales, expectativas o preocupaciones.
- ✓ Los requisitos críticos del cliente (CCR) son cualidades que deben ser precisas, medibles y específicas.

C) SIPOC

El SIPOC es un acrónimo de Proveedores, Insumos, Procesos, Salidas y Clientes. Es un flujograma de impacto visual que ayuda a entender el proceso del negocio a una gran escala. El

Con el uso de este mecanismo, comenzamos el mapeo integral del proceso a detalle, en el que aclaramos el proceso principal en el que se centra el enfoque de mejora. Este mecanismo se puede utilizar durante la etapa de definición para discutir los límites mínimos y máximos del proyecto con las partes interesadas.

Se compone de los siguientes componentes:

- ✓ Proveedor: son organizaciones que aportan recursos, materiales e información al proceso. Para encontrar proveedores, utilice las entradas del proceso.
- ✓ Insumo: cualquier recurso tangible o intangible, datos o asistencia necesarios para respaldar el proceso. Preguntarse si una entrada es medible y qué pasaría si se omitiera sería un buen indicador de determinar si es necesario agregar o no al proceso.
- ✓ Procesos: Las actividades o pasos requeridos para transformar insumos en productos. Vea si se puede describir como una acción para determinar si algo es un proceso. Medir, fluir, mezclar, cortar y probar son algunos ejemplos.
- ✓ Resultado: Los productos palpables obtenidos. Cada resultado debe tener una medición o característica medible.
- ✓ Cliente: Persona natural u organización, ya sean internas o externas a la empresa, para quienes se produce el producto. Los requisitos críticos del cliente podrían agregarse allí como una alternativa a la columna del cliente.

El uso de la herramienta tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Hace posible que cada miembro del equipo comprenda el procedimiento de manera similar.
- ✓ Define el rango de esfuerzos de mejora.
- ✓ Mejora el conocimiento del impacto de los proveedores, las entradas, las actividades del proceso y los resultados en las necesidades a alcanzar.
- ✓ Promueve la identificación de brechas en el proceso, tales como: Insumos innecesarios pero que aún se solicitan. Productos que los clientes no desean, pero aún reciben o pasos del proceso que han sido terminados, pero no agregan ningún valor.

D) Projects Charters

La creación de este entregable, también conocido como acta de constitución del proyecto, es uno de los hitos más significativos del proyecto porque lanza formalmente el proyecto y sirve como base para las solicitudes de la financiación necesaria.

Por lo general, un acta de constitución del proyecto incluye los siguientes elementos:

- ✓ Título de los proyectos: Es crucial darle al proyecto un nombre descriptivo que permita visualizar y elegir rápidamente un proyecto, usando textos claves.
- ✓ Declaración de los problemas: Una descripción exacta y comprensible del problema que afecta a la organización sirve como declaración del problema.
- ✓ Fecha de inicio del proyecto: Hito que sirve principalmente para fines de registro y documentación. Es el día en que comenzó oficialmente el proyecto y el líder del proyecto comenzó a trabajar en él.
- ✓ Fecha de finalización del proyecto: Es probable que el patrocinador decida cuándo finalizará el proyecto. Considerando factores externos e internos; como aspectos comerciales, la carga de trabajo, la planilla vacacionista y otros factores, la duración del proyecto le dará al líder del equipo y a los miembros suficiente tiempo para terminar la tarea en cuestión.
- ✓ Equipos: Personal que ocuparán los cargos de Green Belt, Black Belt, Champions, Sponsor y equipo de proyecto, así como uniones estratégicas.
- ✓ Alcance del proyecto: Establece el punto superior de mejora definido, el alcance de nuestros esfuerzos y lo que cubre y no cubre el proyecto.

2.8.3. Fase: Medición

Mediante la creación de sistemas de medición precisos y útiles, la fase de medición tiene como objetivo crear una instantánea preliminar del rendimiento del proceso (línea de base).

Los objetivos de la fase son:

- Identificación de usuarios o consumidores y sus exigencias
- Establecimiento del contexto actual, sirva e inicio para los procesos

Flujo de proceso: Este flujo es definido con preguntas claves para cada uno de ellos, así como potenciales controles a utilizar.

Figura 25: Técnicas e instrumentos para la fase de medición



Fuente: Voehl et al (2013).

A) Gráficas de comportamientos

Es un diagrama o gráfico donde se muestran valores obtenidos de una base de datos en el orden cronológico (o cómo se produjeron los datos) en el que se registraron. Encontrar cambios y tendencias se puede hacer más fácil con la ayuda de un diagrama de comportamiento. Al hacerlo, podemos identificar mejor el punto de partida del cambio o la dirección general del comportamiento del producto o servicio en nuestros proyectos. Ahora determinamos el indicador principal e indicadores secundarios, analizando el gráfico de comportamiento.

B) Árbol de estratificación

Método que facilita considerar metódicamente todos los elementos para resolver un dilema o lograr un indicador específico. Se parece a un árbol ramificado. Se utiliza con frecuencia para identificar la forma más eficiente de lograr los objetivos propuestos.

C) Diagramas de Pareto

Usando la regla 80-20, se utiliza para determinar qué subdivisión es la más representativa durante esta etapa. El 80 por ciento de los efectos son producidos por el 20 por ciento de las causas.

2.8.4. Fase: Análisis

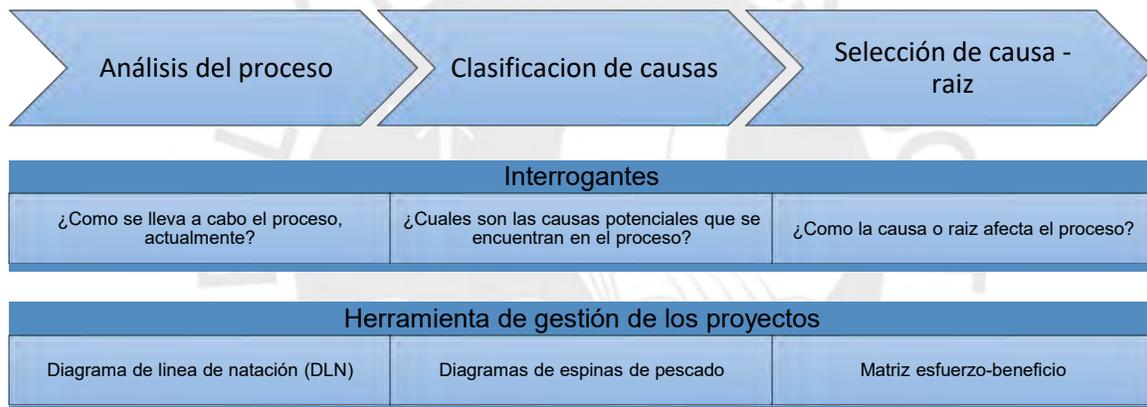
El objetivo de la fase de análisis es identificar los componentes esenciales de un bien o servicio de calidad, así como las causas subyacentes de las fallas.

Estos son los objetivos de esta etapa.

- ✓ Encuentra la diferencia entre el estatus actual y el estatus ideal.
- ✓ Determinar cómo interaccionan las entradas y salidas

Flujo de proceso: Flujo definido junto con las interrogantes clave para cada uno de ellos y los posibles controles a utilizar.

Figura 26: Técnicas e instrumentos para la fase de análisis



Fuente: Voehl et al (2013).

A) Diagramas de Líneas de Natación (DLN)

Son flujogramas del proceso que describe este de modo detallado de principio a fin, sus funciones e interacciones con las otras áreas funcionales.

B) Diagramas de espinas de pescado

Es una herramienta para el análisis causal que se parece a las espinas de un pez. También conocido como diagrama de causa y efecto, ofrece un enfoque metódico para examinar las causas y los efectos que conducen o influyen en esos efectos.

Los diagramas de espina de pescado se utilizan para guiar a los equipos en organizar las posibles causas o problemas en categorías. También ayuda a encontrar las causas raíz de las causas.

Este desglose del todo en partes es la esencia de este análisis. El diagrama de espina de pescado nos ayuda a identificar las conexiones de un problema y cada posible factor contribuyente. Puede mostrar el grado de influencia de cada causa.

Las siguientes categorías son típicas en un diagrama de espina de pescado:

- ✓ Man: educación, comunicación, capacitación, credenciales, experiencia, licenciatura, agotamiento, estrés, gestión y discreción.
- ✓ Máquina: El mantenimiento de la máquina incluye controles, programación, pruebas adecuadas y actualizaciones de hardware o software.
- ✓ Materiales: incluyen insumos, materias primas e información.
- ✓ Método: procedimiento, pruebas, control, diseño, instrucciones.
- ✓ Medida: lectura y medición.
- ✓ Factores ambientales: incluyen cosas como la temperatura, la humedad y el ruido.

C) Matriz Beneficio-Esfuerzo

Matriz que guía en clasificar y luego redefinir los proyectos a los que debemos priorizar los recursos.

Se identifican cuatro categorías:

- ✓ Proyectos de mayor interés (1ero);
- ✓ Proyectos de buen potencial (2do);
- ✓ Proyectos de bajo interés (3ro) y
- ✓ Proyectos de ningún interés (4to).

Figura 27: Matriz esfuerzo- beneficio



Fuente: Elaboración propia.

- 1ero: Mejoramiento rápido - corto plazo (Alto beneficio - mínimo esfuerzo)
- 2do: Mejoramiento rápidos - corto plazo (Bajo beneficio – mínimo esfuerzo)
- 3er: Mejoramiento de mediano plazo (Alto beneficio – alto esfuerzo)
- 4to: Sin generación de valor alguno

2.8.5. Fase: Implementación

En la fase de implementación, se busca desarrollar y aplicar alternativas de solución viables a los desafíos identificados. Este proceso se lleva a cabo con el objetivo de materializar los cambios necesarios y lograr mejoras concretas. Para lograr esto, se emplean diversas técnicas e instrumentos que permiten evaluar las posibles soluciones de manera meticulosa y centrada en los resultados. Una de estas técnicas es la lluvia de ideas, que busca explorar una variedad de enfoques creativos para abordar el problema en cuestión. Sin embargo, es fundamental considerar que las mejoras propuestas deben alinearse con los criterios de esfuerzo-beneficio establecidos, priorizando aquellas soluciones que ataquen la causa raíz.

Figura 28: Técnicas e instrumentos para la fase implementación



Fuente: Voehl et al (2013).

A) Lluvia de ideas

Absorbe todas las opiniones para encontrar todas las posibles soluciones, pero es importante recordar que las mejoras deben realizarse de acuerdo con lo que se muestra en

el primer y segundo cuadrante de la matriz. Encontrar soluciones que aborden la causa raíz es la clave para usar esta herramienta.

B) Matriz de priorización

Forma metódica de elegir una respuesta entre varias posibles alternativas. Se usan pesos asociados para cuantificar cada alternativa, definiendo ciertos parámetros y poder seleccionarlas.

C) Herramienta 5Ws + 1H

Esta herramienta consiste en generar planes de acción enfocadas a través de cuestiones estratégicas claves que nos ayudarán en tener más afianzado el cumplimiento de las soluciones.

¿Qué?: Soluciones a implementar.

¿Quién?: Responsable de implementar la solución.

¿Dónde?: Lugar a implementar la solución.

¿Cuándo?: Tiempo establecido para el cumplimiento de la solución.

¿Por qué?: Motivo de implementación de la solución.

¿Cómo?: Estrategia que se tomará para implementar la solución.

D) Plan de comunicación

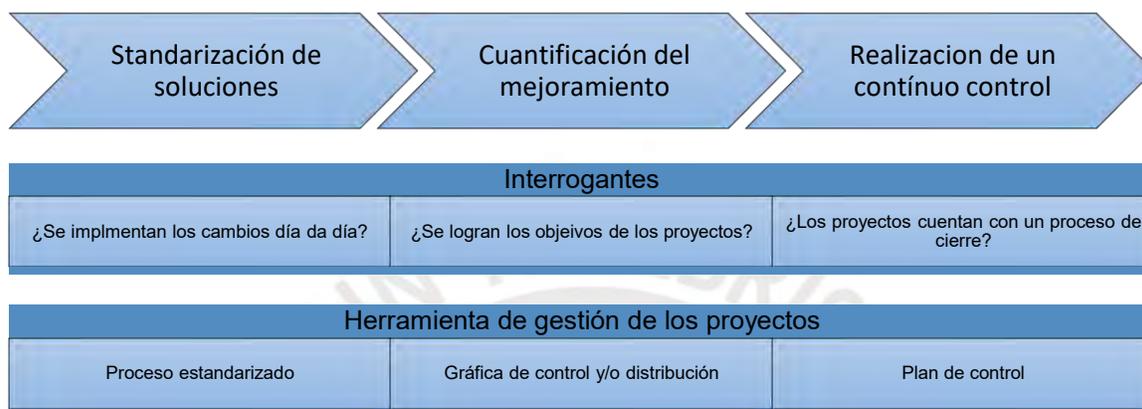
El plan de comunicación en el contexto de Lean Six Sigma desempeña un papel esencial al asegurar una transmisión efectiva de información y un compromiso sólido de los equipos y partes interesadas. Su objetivo es garantizar que los logros y mejoras logrados a través del proyecto se mantengan y aborden de manera eficiente cualquier desviación. Esto se logra mediante la identificación de stakeholders clave, el establecimiento de objetivos de comunicación claros, el desarrollo de mensajes fundamentales adaptados a cada grupo, la selección de canales apropiados, la asignación de responsables de comunicación y la evaluación constante de la efectividad. Al celebrar logros, adaptar los mensajes y fomentar la retroalimentación, el plan de comunicación crea un entorno de colaboración que refuerza el compromiso y asegura el éxito continuo del proyecto Lean Six Sigma.

2.8.6. Fase: Control

La fase de control en Lean Six Sigma tiene como objetivo principal asegurar la consistencia, la sostenibilidad y la gestión eficiente de las mejoras implementadas. Mediante la estandarización de procesos, el monitoreo de KPIs, la gestión de riesgos y la identificación de

futuras oportunidades de mejora, se busca garantizar que los beneficios logrados perduren en el tiempo y que el proceso evolucione de manera continua hacia la excelencia operativa.

Figura 29: Técnicas e instrumentos para la fase control



Fuente: Voehl et at (2013).

A) Procesos estandarizados

Procesos Estandarizados: En esta etapa, se implementan los cambios propuestos y se integran en los procesos internos de la organización. Esto garantiza que las mejoras se conviertan en parte integral de las operaciones cotidianas y que todos los involucrados sigan los nuevos procedimientos.

B) Plan de control

Este procedimiento define cómo se supervisarán y medirán los resultados de la solución implementada. Incluye la especificación de indicadores clave de rendimiento, se establece las métricas superiores e inferiores de control, el líder de la supervisión y el plan de medidas a tomar en caso de que los indicadores se desvíen de los objetivos establecidos.

C) Documento de recomendaciones

En esta etapa, se crea un documento que detalla cualquier oportunidad de mejora adicional que esté fuera del alcance del proyecto actual pero que podría beneficiar a la organización en el futuro. Estas recomendaciones podrían dar lugar a proyectos futuros y se presentan de manera que puedan ser consideradas para implementaciones posteriores.

CAPÍTULO III: DISCUSIÓN

El modelo de la filosofía Lean Six Sigma es adaptable a los procesos de la actividad minera, siendo el cual generador de cultura para una adecuada gestión enfocada a la mejora de la productividad de sus recursos, así como la generación de calidad y competitividad de sus procesos, productos y servicios. Esta involucra el compromiso desde la alta dirección de la empresa hasta el último trabajador de las operaciones. Cuya principal base sólida de gestión es el liderazgo enfocado en la estrategia de dirección, alinear una adecuada estructura de valor del proceso, desarrollar el talento humano, así como la adecuada gestión de proyectos y procesos. Las cuales en el trabajo de investigación se demuestra la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y su relación de generación de productividad. Sumando a esta implementación la estabilidad por medio de la generación de disciplina a través de la gestión visual de indicadores y la estandarización de buenas prácticas. Siendo la disciplina operativa una de las características de desenvolvimiento importante en la implementación de la filosofía Lean Six Sigma.

Lean Six Sigma agrega mayor valor a la gestión minera por su enfoque en la generación de productividad, a través, de sus herramientas de gestión usadas y demostradas en el trabajo de investigación, así como las herramientas enfocadas en la generación de velocidad del proceso, entre ellas, las herramientas de flujo continuo, las herramientas TPM, herramientas de preparaciones rápidas, así como la implementación de sistemas pull. También proporciona herramientas enfocadas a la generación de calidad del proceso, siendo estas las herramientas jidhoka, las herramientas poke yoke, el sistema AMEF y el método de solución de problemas. En este trabajo de investigación la gestión en la capacitación y la gestión en la adecuada motivación al personal resultan claves para el adecuado manejo de la implementación e inserción de la filosofía en cada proceso operativo de la unidad minera. Así como tener personal enfocado en la resolución de problemas y enfocados en la detección de restricciones, por ende, este esquema de implementación e inserción de la filosofía Lean Six Sigma, permite en un proceso minero tener una obtención de resultados esperados y obtener que estos resultados sean duraderos a largos plazo y así permitan el adecuado crecimiento y desarrollo sostenible de la empresa minera.

Dentro de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma en el trabajo de investigación resulta clave la aplicación de la metodología DMAIC, el cual involucra el paso a paso del modelo de

gestión que ha de generar valor al proceso minero en función a la productividad esperada. Estos pasos involucran definir cada proceso y actividad de la empresa minera, medir cada variable mapeada en el proceso, analizar los datos obtenidos por medio de la estadística aplicada, implementar o mejorar estos procesos mapeados durante la implementación y controlar que cada resultado esperado esté en los parámetros deseados con límites tolerables inferiores y superiores y así poder analizar cada casuística y realizar los planes de mejora.

Es muy importante definir el proceso a mapear, dejando claras, las características y métricas de los resultados a obtener. Identificada las métricas es importante definir las variables críticas en analizar para la obtención de los resultados esperados. La construcción de mapas de valor hace que este proceso de implementación sea claro para cada integrante del proceso, identificando claramente las brechas de tiempos a mejorar y hacer que los tiempos perdidos en el proceso sean cada vez más menores. Finalmente, el adecuado seguimiento de cada proceso y la buena alimentación de datos al registro, hacen que se forme una base de datos rica para un adecuado análisis estadístico y detección de oportunidades de gestión, no solo para obtener el valor deseado, sino también para tener la oportunidad de obtener el máximo valor del resultado esperado. Esto lleva a que la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma sea una combinación potente de principios, herramientas, metodologías y estadística que llevan a obtener herramientas de control para el seguimiento de los resultados esperados y permitan analizar desvíos del proceso, así poder ajustar continuamente el estándar y tener personal altamente calificado enfocado en la mejora continua, calidad e incremento de la productividad.

Por ende, la investigación se enfocó en dos aspectos clave para el desarrollo competitivo de la compañía, alineados con la perspectiva del mejoramiento continuo: la implementación del método Lean Six Sigma y el incremento de la productividad.

En este contexto, se planteó la hipótesis de que la aplicación del método Lean Six Sigma mejoraría la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona en la región Lima durante los años 2021 y 2022. Para ello, se abordó en detalle la implementación del método Lean Six Sigma en el área de la mina, siguiendo cada etapa y utilizando diversas herramientas específicas. Los resultados de esta implementación y la evaluación de su impacto en la productividad se presentan en el estudio.

A través de los resultados obtenidos, se procedió a validar la hipótesis, comparando las mejoras logradas mediante la implementación de la filosofía Lean Six Sigma con los cambios

en la productividad observados después de su implementación. Esto permitió determinar si se había producido un cambio positivo significativo.

Finalmente, en base a la efectividad demostrada por los resultados en productividad, se presenta un plan detallado para la implementación del método Lean Six Sigma. Este plan puede ser adaptado y aplicado en diferentes áreas y tipos de empresas mineras, ya sean de producción o de servicios, como una propuesta que busca generar cultura, impulsar el mejoramiento continuo y la competitividad en las operaciones mineras.

3.1. Evaluación de la hipótesis

Considerando los resultados previos, llevamos a cabo un análisis estadístico comparativo con el objetivo de determinar el valor de la relación positiva generado en la productividad al utilizar la filosofía conocida como Lean Six Sigma.

3.1.1. Evaluación del efecto de la productividad a partir de ejecutar el Lean Six Sigma

La evaluación de la relación positiva en la productividad, tras la implementación de la filosofía Lean Six Sigma tiene como objetivo responder al objetivo general establecido: determinar si la ejecución de la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022.

En este contexto, el cambio experimentado en la productividad, debido a la aplicación del método Lean Six Sigma y la cuantificación de esta mejora se aborda mediante el coeficiente de contingencia, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 4: Medidas simétricas

		Valor	Sig. Aproximada
Productividad y Filosofía Lean Six Sigma	Coefficiente de contingencia	0,272	0,000363
N de casos válidos		231	

Fuente: Elaboración propia.

En relación con este aspecto, el coeficiente de contingencia resulta en 0.272 o 27.2%. Este valor refleja el incremento porcentual en la productividad que se logra al implementar el método Lean Six Sigma. Por lo tanto, se puede concluir que la ejecución exitosa del método Lean Six Sigma conlleva a una mejora significativa del 27.2% en la productividad de la Compañía Minera Sierra Metals Corona en Lima, durante los años 2021 y 2022.

3.1.2. Discusión de los resultados de la hipótesis

El resultado obtenido previamente se alinea con diversos investigadores que han abordado la filosofía Lean Six Sigma, como Wijaya et al y Yingling et al, mencionados por Castillo (2017), entre otros. Estos autores sostienen que los principios de esta filosofía son aplicables de manera favorable en la industria minera, lo que puede conducir a una mejora continua y efectiva en la productividad. Además, Klippel, también citado por Castillo (2017), sostiene que la implementación de esta metodología en la industria minera es compatible tanto con procesos y técnicas tradicionales como modernizadas.

En este contexto, se ha verificado que el enfoque de la filosofía Lean Six Sigma es adaptable al sector minero, y su aplicación presenta resultados satisfactorios y alineados con los objetivos establecidos. La empresa minera Sierra Metals está actualmente orientada hacia la mejora de la calidad de sus procesos, con miras a alcanzar un posicionamiento de liderazgo en la industria minera. Este enfoque implica mantener costos bajos al mismo tiempo que se aumenta la producción, y se fundamenta en una cultura de mejora constante, utilizando la filosofía Lean Six Sigma en este caso. Los resultados obtenidos hasta ahora respaldan la efectividad de este enfoque. Por lo tanto, la empresa Sierra Metals está avanzando hacia la competitividad basada en la calidad y el continuo mejoramiento.

Para alcanzar estos resultados, se abordaron las etapas fundamentales de la metodología, denominadas DMAIC por sus siglas en inglés: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En cada una de estas fases, se emplearon diversas herramientas tanto descriptivas como analíticas, ajustadas a las necesidades particulares de cada etapa. Estos procedimientos encuentran respaldo en las investigaciones de Hernández et al. (2021), quienes enfatizan en que la filosofía Lean Six Sigma ofrece un conjunto de técnicas para optimizar el rendimiento en los procesos productivos y para una toma de decisiones más informada. De manera similar, en concordancia con el propósito central de la filosofía Lean Six Sigma, que es lograr un alto

desempeño con un mínimo de fallos, Pyzdek y Keller citados por Castillo (2017) explican la efectiva utilización de herramientas estadísticas para evaluar y analizar el avance en la implementación de esta metodología.

Como resultado, la estrategia adoptada en esta investigación, que consiste en la integración de la filosofía Lean Six Sigma, se adaptó de manera fluida a los objetivos establecidos por la compañía. Dado que esta filosofía se centra en la mejora de la calidad, se logró una optimización efectiva del sistema productivo en el ámbito minero. El proceso se desarrolló de manera gradual y sistemática, lo que permitió un constante avance en los resultados. Además, se fundamentó en un profundo entendimiento de cada proceso y contó con la participación activa y el destacado desempeño de todos los colaboradores, quienes se adaptaron de manera eficiente a los cambios implementados, siendo fundamental la incorporación de un personal Black Belt y dos personales Green Belts, y mitigar el riesgo de falta de continuidad y seguimiento a los procesos de control y asegurar la incorporación de nuevo conocimiento al personal involucrado.

Dentro de estos resultados podemos enfatizar los siguientes cuadros para poder dar viabilidad al valor generado en la unidad minera Yauricocha:

1. Valores presupuestados y reales

		Presupuestado	Real
Ingresos totales	ml US\$	247	272
Mineral tratado	tm	1,117,860	1,256,848
Mineral producido	tm	1,081,028	1,298,058
Laboreo ejecutado	m	13,101	13,637
Mineral preparado obtenido	tm	105,766	213,925

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del periodo de evaluación y seguimiento del proyecto de implementación de la filosofía Lean Six Sigma, se pudo evidenciar resultados favorables dentro de la valuación de indicadores estratégicos y tácticos, los cuales resalta en el siguiente esquema; un incremento de 536 metros de ejecución de laboreo minero, involucrando este a la generación de 217 030 toneladas de mineral producido, llegando a cumplir en un 112% el mineral tratado con un total de 213 925 toneladas de mineral preparado, siendo esta un logro del 102% de incremento con respecto al

presupuestado. Teniendo un valor de total de ingresos en el periodo de gestión de 25 millones de dólares.

2. Flujo proyectado del proyecto

	0	1	2	3
Flujo del proyecto US\$	-2,218,457	1,021,507	1,021,507	1,021,507
VAN				321,881
TIR				18%

Fuente: Elaboración propia.

El flujo del proyecto de implementación de la filosofía Lean Six Sigma, considera en la etapa de inversión el costo directo e indirecto del personal del equipo Lean Six Sigma y el costo total valorizado del laboreo ejecutado extra incurrido en este proyecto de implementación. El flujo de ganancia es considerado como el valor del mineral puesto en cancha de beneficio, es decir se deduce los costos de explotación y tratamiento del mineral obtenido. Dándonos un VAN de 321 881 US\$ y un TIR de 18%.

3. Resultado tradicional y Lean Six Sigma

Resultado Tradicional	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Mineral tratado tm	101,394	90,012	98,731	97,571	103,085	91,882	100,816	91,715	95,815	92,710	94,281	59,849	1,117,860
Mineral producido tm	90,309	82,101	94,434	100,685	97,426	100,944	94,303	95,069	80,066	83,586	85,120	76,984	1,081,028
Laboreo ejecutado m	1,287	1,350	1,143	1,341	1,251	1,329	915	980	1,050	944	843	669	13,101
Total Venta US\$	30,334,435	23,043,853	25,528,789	24,030,619	30,341,880	24,944,529	28,029,431	24,057,193	26,244,973	24,577,048	22,792,474	14,083,997	298,009,220
Costos por áreas													
Geología US\$	142,994	129,182	217,296	360,311	180,758	333,352	174,578	281,942	232,627	325,362	302,992	167,144	2,848,538
Mina US\$	3,366,886	3,322,751	3,683,179	4,107,898	3,125,764	3,452,529	3,598,762	3,066,593	3,391,555	3,338,643	3,077,032	2,647,767	40,179,357
Planta concentradora US\$	1,042,214	1,040,641	1,002,303	1,041,503	915,333	1,053,687	953,916	1,048,086	1,168,001	1,158,855	1,154,500	751,475	12,330,514
SopORTE US\$	1,670,171	1,555,180	1,921,544	1,727,031	1,587,335	1,665,256	1,668,432	1,525,936	1,634,584	1,810,154	1,398,752	1,267,813	19,432,188
Cash cost US\$	6,222,265	6,047,754	6,824,322	7,236,743	5,809,190	6,504,824	6,395,688	5,922,557	6,426,767	6,633,014	5,933,276	4,834,199	74,790,597
Flujo de caja US\$	24,112,170	16,996,099	18,704,468	16,793,876	24,532,690	18,439,705	21,633,742	18,134,636	19,818,207	17,944,035	16,859,197	9,249,798	223,218,623

Resultado Lean Six Sigma		01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total
Mineral tratado	tm	114,001	101,203	111,007	109,702	115,902	103,306	113,351	103,118	107,728	104,237	106,003	67,290	1,256,848
Mineral producido	tm	108,440	98,584	113,393	120,899	116,986	121,210	113,236	114,155	96,140	100,367	102,209	92,439	1,298,058
Laboreo ejecutado	m	1,340	1,405	1,190	1,396	1,302	1,383	953	1,020	1,093	983	878	696	13,637
Total Venta	US\$	30,822,039	23,414,266	25,939,147	24,416,894	30,829,604	25,345,494	28,479,984	24,443,896	26,666,843	24,972,107	23,158,847	14,310,387	302,799,508
Costos por áreas														
Geología	US\$	142,994	129,182	217,296	360,311	180,758	333,352	174,578	281,942	232,627	325,362	302,992	167,144	2,848,538
Mina	US\$	3,631,140	3,543,285	3,871,601	4,327,013	3,330,914	3,669,777	3,751,712	3,229,624	3,565,489	3,496,073	3,218,780	2,762,406	42,397,814
Planta concentradora	US\$	1,042,214	1,040,641	1,002,303	1,041,503	915,333	1,053,687	953,916	1,048,086	1,168,001	1,158,855	1,154,500	751,475	12,330,514
SopORTE	US\$	1,670,171	1,555,180	1,921,544	1,727,031	1,587,335	1,665,256	1,668,432	1,525,936	1,634,584	1,810,154	1,398,752	1,267,813	19,432,188
Cash cost	US\$	6,486,519	6,268,288	7,012,744	7,455,858	6,014,340	6,722,072	6,548,638	6,085,588	6,600,701	6,790,444	6,075,024	4,948,838	77,009,054
Flujo de caja	US\$	24,335,520	17,145,978	18,926,403	16,961,036	24,815,264	18,623,422	21,931,346	18,358,308	20,066,142	18,181,663	17,083,823	9,361,549	225,790,454

Fuente: Elaboración propia.

Dentro los aspectos más importantes en la comparativa del flujo de resultados del enfoque proyectado tradicional, versus el resultado del enfoque obtenido en el proceso de implementación de la filosofía Lean Six Sigma, se refleja el costo de inversión valuado mes a mes dentro de los proceso del área de mina, siendo esta el área modelo de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma, el cual refleja un costo de inversión del periodo 2021 de 2 218 457 US\$ con un incremento en el valor de venta total de 4 790 288 US\$, el cual tenemos un resultado de costo beneficio del proyecto de implementación de 1.16.

3.1.3. Discusión sobre el desarrollo de la implementación

En el proceso de desarrollo de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma en la unidad minera Yauricocha, se presentaron las siguientes características según las fases a detallar:

- Gestión del plan

En este proceso se realizó las evaluaciones y mediciones a los indicadores ya establecidos en el proceso tradicional, la cuestión al paso a paso de cada proceso, la adaptación a la definición y el modo de gestionar el proyecto. En la filosofía Lean Six Sigma, se integra y conforma un equipo que lidere estos procesos de absorción e integración, siendo liderados por 01 black belts y 02 green belts, patrocinados por el gerente del proyecto. A comparación con el

Project Management Institute que también sugiere el liderar estas fases con 01 director de proyecto con las cualidades de liderar un equipo para cumplir los objetivos del proyecto. Características importantes que se consideraron al plan de gestión, ya que en la unidad minera Yauricocha no se tenía implementada un área de control, mejora continua o seguimiento.

Principios importantes que se consideraron para llevar a cabo una adecuada distribución del plan.

En la evaluación y asignación de responsabilidades, se replanteó y consideró la matriz RACI, adoptada por el Project Management Institute y también la adopción del EDT (estructura de desglosamiento del trabajo).

Se estableció el cronograma de implementación realizada por el líder black belt, herramienta relevante para la valuación de cumplimientos realizados, y como todo proyecto de implementación Lean Six Sigma, se establecerá el acta de cierre del proyecto a implementar.

- Fase: Definición

En esquemas como el Scrum, PDCA, el objetivo de la definición es identificar el problema, en función a la realidad de cada líder. Para la filosofía Lean Six Sigma en la etapa de definición se creó el Charter Project, para identificar adecuadamente el caso de negocio y el valor agregado que se dará a la empresa minera Yauricocha, adjuntado mediciones, tiempos, flujogramas y el SIPOC a los procesos en definir.

- Fase: Medición

En las metodologías ágiles, PDCA, buscan el informe de los datos a medir en función al problema identificado a desarrollar. Con la filosofía Lean Six Sigma, se generó una estructura de medición adecuada, desde la colección del dato, la forma de medir, la forma de ingresar la información a una plantilla establecida y controlada, para una adecuada generación de información en una determinada base de datos.

- Fase: Análisis

La filosofía Lean Six Sigma te permite analizar la información obtenida por la base de datos generada, la cual su principal valor es el uso de la estadística para la toma de decisiones y

control, estas valuaciones se hicieron a través del uso del Minitab para la interpretación de resultados.

- **Fase: Implementación**

En esta fase muy importante de la filosofía Lean Six Sigma, se implementaron formatos de registro, técnicas nuevas al proceso, nuevas herramientas en el proceso, nuevas tecnologías para el desarrollo óptimo del proceso, detallando:

- Propuesta y ejecución de un nuevo diseño estandarizado de malla de perforación para arranques en frentes de avance, se sabe que, una buena voladura depende mucho del buen diseño de arranque, para ello se elaboró una plantilla con los ajustes respectivos en burden y espaciamiento.
- Para tener mayor rendimiento se está tomando en cuenta varias referencias técnicas y teóricas, y dentro de ello uno de los más resaltantes se encuentra en el factor humano, considerando que sin el soporte de los colaboradores nada de esto sería posible; por ello, con el soporte de los ingenieros de perforación y voladura, se está desarrollando diversas capacitaciones y entrenamientos a los colaboradores (perforistas, ayudantes, cargadores) con el fin de sensibilizar la importancia de cada una de las técnicas de perforación y voladura para obtener mejores resultados de avance por disparo.
- En cada turno se está buscando optimizar el número de frentes por guardia; por lo que, en algunos casos se está dejando en el siguiente turno los frentes que no pueden completarse.
- Se realizó seguimiento de la perforación y voladura mediante un Check List de Control Operativo.
- Se aplicó herramientas lean como trabajo estandarizado, equipo de alto rendimiento, herramientas de resolución de problemas y manejo de inventario.
- Se inició un programa de mantenimiento autónomo y preventivo para los equipos de perforación.

- **Fase: Control**

Metodologías como Scrum, PDCA, ágil, buscan ir de manera directa a la fase de control, evaluando resultados con la generación de cuadros comando o gráficas de medición. La filosofía

Lean Six Sigma genera controles con el objetivo de asegurar la consistencia, la sostenibilidad y la gestión eficiente de las mejoras implementadas. Mediante la estandarización de procesos, el monitoreo de indicadores, la gestión de riesgos y la identificación de futuras oportunidades de mejora, dentro de ello tenemos:

Proceso				Proceso de medición				Muestreo			Toma de decisiones		
Paso proceso	¿Qué controlamos?	Critico	Entrada / Salida	Límites especificación	Método de medición	Lugar	Método de Control	Tamaño de muestra	Frecuencia	Quien o que lo mide	Donde se registra	Regla de decisión	No. doc
Toneladas Preparadas	TMS para producción	Sí	Salida	400-600	Conversión del avance acumulado por el KPI de tms/m	CCOI	Gráfica I-MR	1	Suma del avance ejecutado diario	Jefe de Productividad	Formato toneladas preparadas	Avisar al Superintendente de Mina	CONTROL DE MINERAL PREPARADO V02
Avance	Metros ejecutados	Sí	Salida	30-40	Registro de levantamiento topográfico	CCOI	Gráfica I-MR	1	Suma del avance ejecutado diario	Jefe de Productividad	Formato de control de avances	Avisar al Superintendente de Mina	CONTROL DE AVANCES V02
Perforación de labor	Tiempo de perforación	Sí	Entrada	1.5 - 2.5	Registro de horómetro	Equipo Jumbo	Gráfica I-MR	1	por frente perforado	Líder de labor	Formato de equipo	Avisar al Jefe de Guardia	JUMBO V02
Utilización de Jumbo	Horas de uso	Sí	Entrada	40%-60%	Suma total horómetro	Central de Operaciones	Gráfica I-MR	1	por actividad realizada	Supervisor Técnico	Formato de equipo	Avisar al Jefe de Guardia	JUMBO V02
Metro de avance	metro disparado	Sí	Salida	3 - 3.4	Levantamiento topográfico	Labor disparada	Gráfica I-MR	1	por frente disparado	Topógrafo	Formato de levantamiento	Avisar al Superintendente de Planeamiento	REPORTE DE AVANCES V02
Número de labores perforadas	Labores entregadas	Sí	Entrada	6 - 10	Registro en el reporte de guardia	Central de Operaciones	Gráfica I-MR	1	por guardia reportada	ing. De Procesos	Reporte de Guardia	Avisar al Superintendente de Mina	REPORTE DE GUARDIA V02

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

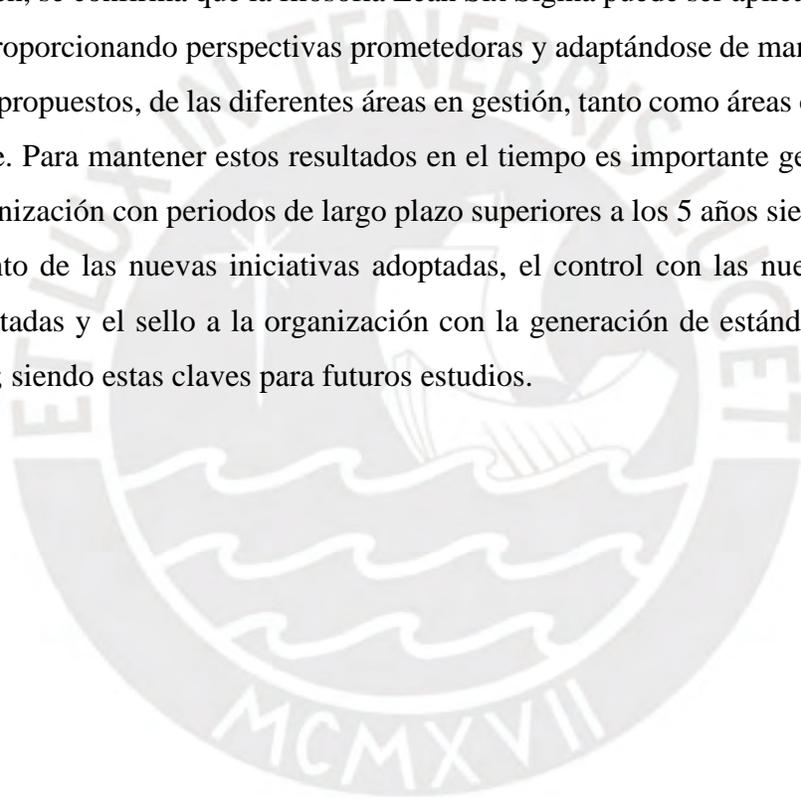
Las siguientes conclusiones se extrajeron de la investigación que se realizó:

1. La investigación se centró en dos aspectos de gran relevancia para el desarrollo competitivo de la compañía unidad minera Yauricocha, alineados con la perspectiva de mejora continua con resultados sostenibles en el tiempo. Estos aspectos son; la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y su impacto en la productividad.
2. La filosofía Lean Six Sigma, se enfoca en la eliminación constante de desperdicios, para optimizar tiempos y minimizar actividades que no generan valor al proceso. Actúa como una cultura de calidad y puede integrarse en los procesos críticos estratégicos de la organización, fortaleciendo la filosofía y cultura empresarial. Esta filosofía busca optimizar el proceso crítico estratégico en estudio y aumentar la efectividad de los recursos; como el uso de inventarios, personal, espacios físicos o herramientas, con el objetivo de generar impactos positivos en la productividad.
3. La implementación de la filosofía Lean Six Sigma demanda la participación y desempeño óptimo de todos los involucrados, cuyos efectos se reflejan en la productividad y constituyen un punto esencial para la mejora continua. Se busca que tanto los líderes de la organización, así como sus colaboradores se adapten efectivamente a los cambios, lo que les permitirá obtener resultados sostenibles.
4. El enfoque de la filosofía Lean Six Sigma no solo se centra en el crecimiento económico y la generación de valor, sino también en el desarrollo de los colaboradores, cuyos conocimientos y roles resultan fundamentales para alcanzar los objetivos organizacionales, siendo un pilar muy importante el adecuado liderazgo y gestión de la motivación al personal.
5. La compañía minera Sierra Metals, unidad minera Yauricocha, objeto de este estudio, se encuentra actualmente enfocada en mejorar la calidad de sus procesos y alcanzar sus metas establecidas. Está emprendiendo transformaciones en sus procedimientos de gestión y operación, guiada por el principio del mejoramiento continuo y la perspectiva de calidad. Reconociendo la necesidad de mantener un desarrollo productivo, en línea con este enfoque, la empresa busca mantener una ventaja competitiva, optimizar sus procesos y reducir costos asociados a desperdicios. En este contexto, la implementación de la filosofía

Lean Six Sigma se alinea con los objetivos de la unidad minera Yauricocha, ya que se basa en un análisis y comprensión profunda de los procesos críticos estratégicos de la organización para su óptima gestión.

6. La filosofía Lean Six Sigma emplea diversas herramientas en cada fase de su desarrollo; ya sea en la definición, medición, análisis, implementación o control, ya sea implementación de rutinas de reuniones, plan de visitas de liderazgo visible, implementación de estándares, gestión de semáforos andón, análisis de variables, un value stream map entre otros, lo que aumenta la probabilidad de éxito en el alcance de los objetivos. Siendo el impacto estratégico en el involucramiento activo de los líderes y trabajadores, lo que resalta la importancia de utilizar este recurso de manera efectiva.
7. Para la dirección de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma se optó por la incorporación de un profesional Black Belt y dos profesionales Green Belt, siendo un costo de inversión anual de 128 mil dólares americanos.
8. La filosofía Lean Six Sigma es de enfoque dinámico que busca la constante eliminación de desperdicios, basándose en un profundo conocimiento de los procesos de la organización. Siendo relevante la formación de un equipo de transformación liderado por los profesionales Black Belt y Green Belt con respaldo de la alta gerencia de la organización, así como la asignación de recursos.
9. El involucramiento de los socios estratégicos en la implementación de la filosofía Lean Six Sigma es relevante, así como su participación en las visitas de campo para la verificación de cumplimientos, adoptar el liderazgo visible dentro de la agenda de los gerentes de cada socio estratégico, generar el adecuado incentivo al personal y estar convencidos en la adopción de tecnologías que ayuden a eliminar desperdicios en el proceso.
10. Tras el análisis llevado a cabo, se observa que el avance en la implementación de la filosofía Lean Six Sigma refleja un 54.16% completado, mientras que un 26.66% está en proceso de implementación y un 19.18% está sin implementar, dando resultados óptimos en bases tempranas de implementación. El incremento de productividad entre la implementación de la filosofía Lean Six Sigma y la productividad línea base histórica muestra un crecimiento considerablemente significativo. Según estos resultados, se concluye que la implementación de la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en un 27.2%.

11. En este periodo de implementación en la unidad minera Yauricocha 2021, se obtuvo como resultados relevantes, un incremento del 20.1% en la producción de mineral, un incremento de 4% en la ejecución de laboreos mineros y un incremento de 102.3% en la entrega de mineral preparado, siendo el valor económico extra de este mineral preparado de 7 millones de dólares americanos con respecto al presupuestado.
12. El proyecto de implementación de la filosofía Lean Six Sigma nos da un VAN de 321 881 US\$, con un TIR de 18% y un beneficio costo del proyecto de 1.16. Siendo valores aceptables para la continuidad del proyecto.
13. En resumen, se confirma que la filosofía Lean Six Sigma puede ser aplicado en la industria minera, proporcionando perspectivas prometedoras y adaptándose de manera efectiva a los objetivos propuestos, de las diferentes áreas en gestión, tanto como áreas operativas y áreas de soporte. Para mantener estos resultados en el tiempo es importante generar una cultura en la organización con periodos de largo plazo superiores a los 5 años siendo importante el seguimiento de las nuevas iniciativas adoptadas, el control con las nuevas herramientas implementadas y el sello a la organización con la generación de estándares de la mejora obtenidas; siendo estas claves para futuros estudios.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, A., Ramirez, J., y Bedoya, L. (2018). Modelo para la implementación de un sistema integrado de gestión de la calidad y ambiental en una empresa Siderúrgica. *Ciencias Administrativas*, 15. <https://doi.org/10.24215/23143738e032>
- Barrera, A., Cambra, A., y Gonzales, J. (2017). Implementación de la metodología Six Sigma en la gestión de las mediciones. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 8–17. <http://rus.ucf.edu.cu/index>
- Benzaquen, J. (2018). La ISO 9001 y la administración de la calidad total en las empresas peruanas. *Universidad y Empresa*, 20(35), 281-312. <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.uosario.edu.co/empresa/a.6056>
- Blasco, M., Gisbert, V., y Perez, E. (2019). Metodología de integración: ISO 9001, ISO 31000 Y SIX SIGMA. *3C Empresa. Investigación Y Pensamiento crítico*, 76–91. <https://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-empresa/article/view/662>
- Bolaño, R. (2018). *Implantación Filosofía Seis Sigma en un Proceso Aeronáutico* [Tesis de Pregrado, Universidad de Sevilla]. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60432/fichero/PFC-432-BOLA%C3%91O.pdf>
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la Investigación Científica. Pautas para elaborar el proyecto de investigación*. SAN MARCOS EIR LTDA. ISBN 978-9972-38-344-1.
- Carrillo, M., Vargas, L., Severiche, C., Peralta, J., y Ortega, V. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081
- Carro, R., y Gonzáles, D. (2017). *Productividad y Competitividad*. Universidad Nacional del Mar de Plata. http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Castillo, G. (2017). *Implementación de metodologías Lean en el desarrollo minero* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/4939/000627180.pdf>
- Cochoy, F., Hagberg, J., y Kjellberg, H. (2018). The technologies of price display: mundane retail price governance in the early twentieth century. *Economy and Society*, 47(4), 572-606. <https://doi.org/10.1080/03085147.2018.1528102>
- ComexPerú. (2022). *El Perú ocupa el último lugar en competitividad minera, ¿Cómo impactará esto nuestra economía?* Semanario 1139. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/el-peru-ocupa-el-ultimo-lugar-en-competitividad-minera-como-impactaria-esto-nuestra-economia>.

- Evans, J., y Lindsay, W. (2015). *Administración y Control de la Calidad (9a edición)*. México: CENGAGE Learning.
- Fontalvo, T., De la Hoz, E., y Morelos, J. (2017). Productivity and its factors: impact on organizational improvement. *Dimensión Empresarial*, 15(2). <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2>
- Fontalvo, T., Granadillo, E., y Morelos, J. (2018). LA productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimens.empres*, 18(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000100047
- Forrester, E. (2015). *CMMI for Services*. Guidelines for Superior Service.
- Francis, A., y Thomas, A. (2020). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347833>
- Galindo, M., y Ríos, V. (2015). *Productividad*. México: Serie de Estudios Económicos. V.01-2015.
- George, M. (2010). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos*. Dallas TX, USA: Accenture.
- González, R. G., León, S. J., Ramírez, I. G., y Pérez, J. E. (2021). *DMAIC–SIX SIGMA: DMAIC Six Sigma*. . Revista Relayn-Micro y Pequeñas empresas en Latinoamérica, 5(3), 164-190.
- Gutiérrez, P. (2019). Los retos actuales de la mejora de la calidad y la productividad en las organizaciones. *Ingeniería industrial. Actualidad y nuevas en línea*, 1(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215016873011>
- Hernández, C. (2016). *La metodología Lean seis sigma, sus herramientas y ventajas* [Tesis de Pregrado, Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47599/HernandezMartinezCuauhtemoc.pdf?sequence=1>
- Hernandez, L. C., Romero, J. L., Lopez, Y. B., Sanchez, A. P., y Mendoza, D. T. (2021). *Lean Healthcare y DMAIC para mejorar el proceso de suministro en un hospital público*. . DYNA management, 9(1), 20-p.
- Hernández, R., y Mendoza. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- Herrera, R. J., y Fontalvo, T. J. (2017). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Colombia: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.
- Jamila, N., Gholamia, H., Mat, M., Streimikiene, D., y Nayari, S. (2020). DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system. *ECONOMIC RESEARCH*, 33, 331–360.

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/1331677X.2020.1715236?needAccess=true&role=button>

- Klein, L., Vieira, K., y Dibi, L. (2022). The Influence of Lean Management Practices on Process Effectiveness: A Quantitative Study in a Public Institution. *Sage Journals*. <https://doi.org/10.1177/21582440221088837>
- Klippel, A., Petter, C., y Antunes Jr., J. (2008). Management innovation, a way for mining companies to survive in a globalized world. *Utilities Policy*, 16(4), 332-333.
- Koontz, H., Weihrich, H., y Cannice, M. (2012). *Administración. Una Perspectiva Global y Empresarial (14a edición)*. Interamericana - McGraw-Hill.
- Maestri, F., y Gamio, M. (2018). *Propuesta de mejora en el proceso de atención al cliente aplicando la metodología Lean Service en una empresa que brinda servicios financieros* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625021/Maestri%20%20FC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Marín, A., Valenzuela, M., Cuamea, G., y Brau, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ing. invest. y tecnol*, 24(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432023000100007
- Martínez, J. R., García, E., y Carlos, C. E. (2019). *Efecto de Seis Sigma en el Almacén de una Empresa Manufacturera*. *Conciencia Tecnológica*, (58), 32-39.
- Medina, J. (2020). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista escuela de administración de negocios*, 69. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602010000200007
- Miranda, F., Chamarro, A., y Rubio, S. (2017). *Introducción a la gestión de la calidad*. España, Madrid: Delta.
- Perales, M. (2018). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos administrativos de la dirección general de administración en una universidad pública aplicando Lean Six Sigma*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Pérez, L., Pérez, J., García, L., y Gómez, P. (2020). Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad. *Mundo Fesc*, 10(19), 55-66. <http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/15888/Paper-MunduFesc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramírez, G., Magaña, D., y Ojeda, R. (2020). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 7(20), 189-196. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tcg/v7n20/2448-6388-tcg-7-20-189.pdf>
- Sanchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística* [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma].
- Siles, R., y Móndeolo, E. (2012). *Guía de Gestión de Proyectos para Resultados PM4R, 2ª edición*, . BID-INDES.
- Suárez, K., y Zeña, J. (2022). El ciclo Deming y la productividad: Una Revisión Bibliográfica y Futuras Líneas de Investigación. *Revista Científica y Tecnológica QANTU YACHAY*, 2(1). <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.21>
- Suarez, R. M. (2018). Estrategias administrativas para la mejora de la productividad laboral y su impacto en el factor humano. *TECKNE*, 16, 10-13.
- Summers, D. C. (2016). *Administración de la calidad: Sistemas de calidad*. México: Pearson.
- Travieso, C. (2022). *La productividad y las teorías de crecimiento económico*. Cofin vol.16 no.1 La Habana ene.-jun. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2073-60612022000100004.
- Voehl, F., Harrington, J., Mignosa, C., y Charron, R. (2013). *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*. https://www.researchgate.net/publication/331414541_The_Lean_Six_Sigma_Black_Belt_Handbook_Tools_and_Methods_for_Process_Acceleration
- Weinstein, J. (2010). *Executive Coaching and the Process of Change*. A Practioner's Guide.
- Zimmermann, G. D., Siqueira, L. D., y Bohomol, E. (2020). Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma nos cenários de assistência à saúde: revisão integrativa. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 73.



Anexo 1:

Matriz de consistencia

Título: Gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en una Compañía Minera 2021

Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿De qué manera la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022?	Determinar si la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022	La gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma mejora la productividad laboral en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022	<p>Variable 1 Gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma</p> <p>Dimensiones Dimensión 1 Definición del problema</p> <p>Dimensión 2 Medición del funcionamiento.</p> <p>Dimensión 3 Análisis de las causas del problema.</p> <p>Dimensión 4 Determinación de mejoras.</p> <p>Dimensión 5 Control de las mejoras continuas</p> <p>Variable 2 Productividad tms prep / hdía</p> <p>Dimensiones Dimensión 1 Productividad metros / hdía</p> <p>Dimensión 2 Toneladas preparadas</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Básica</p> <p>Alcance: Descriptivo</p> <p>Diseño: Correlacional Causal</p> <p>Población: Compañía Minera Sierra Metals Corona</p> <p>Muestra: UEA</p> <p>Muestreo: Intencional</p> <p>Técnica de recolección: Observación</p> <p>Instrumento de recolección: Ficha de observación de datos</p> <p>Método de análisis: Análisis descriptivo porcentual Análisis inferencial, chi cuadrado</p>
Preguntas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
<p><u>Pregunta específica 1</u> ¿De qué manera se desarrolla la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022?</p> <p><u>Pregunta específica 2</u> ¿De qué manera se desarrolla la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022?</p> <p><u>Pregunta específica 3</u> ¿Cuál es la relación entre la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022?</p>	<p><u>Objetivo específico 1</u> Examinar el modo en que se desarrolla la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022</p> <p><u>Objetivo específico 2</u> Examinar el modo en que se desarrolla la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022</p> <p><u>Objetivo específico 3</u> Analizar la relación entre la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022</p>	<p><u>Hipótesis específica 1</u> La gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma se encuentra en un nivel de ejecución en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022</p> <p><u>Hipótesis específica 2</u> La productividad se encuentra en un nivel de ejecución en la Compañía Minera Sierra Metals Corona, Lima, durante los años 2021 y 2022</p> <p><u>Hipótesis específica 3</u> Existe relación significativa entre la gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en la Compañía Minera Sierra Metals Corona durante los años 2021 y 2022</p>		

Nota: Elaborado en base al marco teórico



Anexo 2:

Matriz de operacionalización de variables

Título: Gestión basada en la filosofía Lean Six Sigma y la productividad en una Compañía Minera, Lima, 2021

Variable 1: Filosofía Lean Six Sigma

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Nivel de medición
La filosofía Lean Six Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios que se concreta en eliminar los aspectos que impidan o dificulten el ajuste del producto a los requisitos del cliente, en consecuencia, permiten solucionar problemas, mejorar procesos con más rapidez y aumentar la eficacia. (Herrera y Fontalvo, 2017)	Metodología enfocada en la solución de problemas bajo la premisa de un mejoramiento continuo en base al uso de herramientas unidas generan mejores resultados a cualquier organización. (Herrera y Fontalvo, 2017)	Definición del problema	Se define con claridad	1 – Completo 2 – En proceso 3 – Sin completar Técnica: Observación Instrumento: Guía de observación sobre filosofía Lean Six Sigma
			Se ajusta a las características de la empresa	
			Se basa en las necesidades de la empresa	
		Medición del funcionamiento	Se mide las pérdidas	
			Se miden las inversiones adicionales	
		Análisis de las causas del problema	Se evalúa las causas - raíz principales	
			Se determinan soluciones	
			Se identifican los factores principales que deben prevenirse	
			Se buscan soluciones de las causas - raíz	
			Se realiza control de tiempos	
			Se realiza capacitaciones	
			Determinación de mejoras	
		Se manejan los equipos de comunicadores		
Se identifican tareas repetitivas				
Control de las mejoras continuas	Se cuenta con registros y documentos necesarios			
	Se profundiza el análisis de resultados			
	Se realiza de manera constante			

Se cuenta con la documentación que asegure el funcionamiento continuo de la implementación

Variable 2: Productividad

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Nivel de medición
La productividad es un indicador que refleja, que tan bien se están usando los recursos en la producción de bienes y servicios, con el fin de promover la competitividad de la economía nacional, mejorar la sustentabilidad de la empresa (Ramírez et al. 2020).	Es la relación existente entre cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, donde se denota la eficiencia, eficacia y efectividad con la cual los recursos humanos, capital, conocimientos, energía, etc. son usados para producir bienes y servicios en el mercado (Ramírez et al. 2020).	Eficiencia	Se utilizan los recursos adecuadamente	1 – Alto 2 – Medio 3 – Bajo
			Capacidad de disponer de menores recursos	
		Eficacia	Cumple con las metas trazadas	
			Optimiza el desempeño	
		Efectividad	Se cumple con los objetivos	Técnica: Observación Instrumento: Cuestionario sobre Productividad
			Se logran los resultados esperados	
			Mejora la productividad	
			Se realiza un trabajo correcto	
			Existe una relación óptima entre la eficiencia y la eficacia	

Nota: Elaborado en base al marco teórico