

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

ESCUELA DE POSGRADO



Business Consulting - Summa Gold

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO
POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

PRESENTADO POR:

Francesca Rominna Lara Chanduví, DNI: 70151674

Rómulo Renato Ramírez Paredes, DNI: 45585243

Nehemías Daniel Rodríguez Trujillo, DNI: 42727674

Allison Mariel Valera Saavedra, DNI: 44888173

ASESOR

Carlos Manuel Vílchez Román, DNI: 25712923

ORCID 0000-0002-6802-053X

JURADO

Guevara Sánchez Daniel Eduardo

Véliz Palomino José Carlos

Carlos Manuel Vílchez Román

Surco, mayo 2023

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, Carlos Manuel Vílchez Román, docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis/el trabajo de investigación titulado “Business Consulting -Summa Gold”, de los autores,

Francesca Rominna Lara Chanduví,

Rómulo Renato Ramírez Paredes,

Nehemías Daniel Rodríguez Trujillo,


Allison Mariel Valera Saavedra,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 8%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 12/04/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Surco, abril 2023

Apellidos y nombres del asesor: <u>Vílchez Román, Carlos Manuel</u>		Firma 
DNI: 25712923		
ORCID: 0000-0002-6802-053X		

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a la compañía Summa Gold que nos dio las facilidades y apertura para realizar la presente consultoría. Un agradecimiento especial a CENTRUM por acogernos y brindarnos las enseñanzas a lo largo de esta maestría, a través de los profesores que tienen un alto nivel de conocimientos y hacerlo por medios virtuales y presenciales; y a nuestro asesor Carlos Manuel Vílchez Román, por saber guiarnos con paciencia, dedicación y entusiasmo. Finalmente, agradecer a Dios por darnos salud y fuerza para culminar esta consultoría y a nuestras familias por todo el amor, paciencia, soporte y apoyo brindado a lo largo de este tiempo de estudio.



Dedicatorias

A mis queridos padres Julio y Rosa, por todo su amor y enseñanzas que forjaron el profesional y persona que soy ahora. A mi amada esposa Cristina e hijos Renzo y Santiago por ser el motivo de mi crecimiento y ganas de trascender, y por último mis estrellitas Estefano y Emiliano que desde el cielo guían el camino para lograr mis objetivos personales y profesionales.

Renato Ramírez Paredes

A mis padres Lorenza y Víctor por su amor y ejemplo, a mi hija Yadira por ser mi inspiración y a mi esposa Ana Cecilia por su apoyo incondicional.

Daniel Rodríguez Trujillo

A mis padres Amada y James por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, y a mis hermanos Alex, Edward y David por apoyarme y motivarme en todo momento.

Allison Valera Saavedra

Agradecimiento a mis padres, a mi amado esposo por su apoyo y motivación en aquellos momentos en el que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo.

Finalmente, a CENTRUM y a todas aquellas personas que colaboraron en este gran logro, mi más sincero agradecimiento.

Rominna Lara Chanduví

Resumen Ejecutivo

El presente documento constituye una consultoría para la empresa Summa Gold Corporation S.A.C., empresa minera que tiene un modelo de gestión moderna que explota, desarrolla, procesa y comercializa el recurso del oro, y trabaja continuamente en ser reconocida por buenas prácticas empresariales a nivel mundial, generando desarrollo sostenible a través de la extracción responsable.

En el *business consulting* se realizó un análisis acerca de la problemática que se enfrenta actualmente Summa Gold, con respecto al porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción. A la fecha, la mina tiene un plan de producción con un objetivo de recuperación de oro del 74.2% de material fresco, sin embargo, de acuerdo la información proporcionada, la recuperación histórica promedio es del 69.8%, es decir 4.4% por debajo del objetivo establecido.

Luego de conocer las causas del problema y analizar las oportunidades de mejora, se procedió a ejecutar un plan de implementación con alternativas de solución que permitan a Summa Gold tener una mejor recuperación de oro y así incrementar la rentabilidad de la empresa. Por lo expuesto anteriormente, se presentan como propuestas de solución la implementación de un plan de actividades de tres fases, los cuales están planificados en un periodo de 12 meses. Por último, el delta de extracción incremental alcanzado genera una rentabilidad mayor al 12% como promedio anual, generando un incremento en el flujo de caja de más de 5.5MM de dólares.

Abstract

This document constitutes a consultancy for the company Summa Gold Corporation S.A.C. A mining company with a modern management model that develops, bursts, processes, and commercializes the gold resource. It continuously works to be recognized for best business practices worldwide, generating sustainable development through responsible extraction.

Regarding the percentage of gold recovery below the production plan, *business consulting* analyzed the problems that Summa Gold is currently facing. To this date, the mine has a production plan with a gold recovery target of 74.2% in fresh material. However, according to the information provided, the average historical recovery is 69.8%, which means about 4.4% below the set goal.

After acknowledging the causes of the problem and analyzing the opportunities for improvement, it executed an implementation plan with all the alternative solutions that allow Summa Gold to have a better gold recovery and thus increase the company's profitability. Therefore, is presented as a solution proposal implementation of a three-phase plan of activities scheduled for 12 months. And finally, the achieved Delta incremental extraction generates a return greater than 12% as an annual average, generating an increase in cash flow of more than 5.5MM dollars.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	x
Lista de Figuras.....	xi
Capítulo I. Situación General de la Empresa.....	1
1.1. Presentación de la Compañía	1
1.2. Modelo de Negocio.....	1
1.3. Propósito, Misión, Visión y Valores de la Compañía.....	3
1.4. Objetivos a Largo Plazo	5
1.5. Conclusión	6
Capítulo II: Análisis del Contexto	7
2.1. Análisis Externo	7
2.1.1. PESTE.....	7
2.1.2. Las Cinco Fuerzas de Porter	9
2.1.3. Oportunidades y Amenazas	12
2.2. Análisis Interno	13
2.2.1. Administración	13
2.2.2. Marketing.....	15
2.2.3 Operación.....	15
2.2.4 Financiero	16
2.2.5 Recursos Humanos	16
2.2.6 Fortalezas y Debilidades.....	18
2.2.7 Conclusión.....	19
Capítulo III: Problema Clave	20
3.1. Metodología de Trabajo	20
3.2. Lista de Problemas	21

3.3. Matriz de Complejidad Versus Beneficio	22
3.4. Problema Central.....	23
3.5. Conclusión	23
Capítulo IV: Revisión de Literatura	24
4.1. Mapa de Literatura.....	24
4.2. Revisión de Literatura.....	24
4.2.1 Proceso de Extracción del Oro	24
4.2.2. Yacimiento Mineralógico del Tajo.....	26
4.2.3. Avance de Minado.....	27
4.2.4. Geometalurgia	28
4.2.5. Elementos Contaminantes del Proceso.....	29
4.2.6. Pad de Lixiviación.....	30
4.2.7. Proceso de Recuperación del Oro por Carbón Activado.....	33
4.2.8. Balance Metalúrgico del Proceso	34
4.2.9. Decisiones Data Driven.....	34
4.3 Conclusión	37
Capítulo V: Análisis de Causa Raíz	38
5.1 El Ciclo Operativo UM Summa Gold Corporation SAC.....	38
5.2. Análisis de las 7M's.....	41
5.3. Análisis de Métricas.....	45
5.4. Valoración de la Causa Raíz	45
5.5. Conclusión	47
Capítulo VI: Alternativas de Solución, Implementación y Control	50
6.1. Mejora y Control.....	50
6.2. Priorización de Alternativas de Solución.....	53

6.3. Relevancia Social de la Solución.....	56
6.4. Implementación.....	57
6.5 Conclusión	57
Capítulo VII: Resultados Esperados.....	60
7.1. Mejora de la Calidad de Mineral al <i>PAD</i> de Lixiviación.....	61
7.2. Análisis Cuantitativo de la Implementación de las Mejoras.....	70
Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones.....	75
8.1. Conclusiones.....	75
8.2. Recomendaciones	76
Referencias.....	78
Apéndice A: Sesión de Definición del Problema Central.....	81
Apéndice B: Gantt de Actividades para el Plan de Implementación	82
Apéndice C: Figuras Complementarias.....	86
Apéndice D: Carta de Autorización	87
Apéndice E: Agendas de Reuniones de Trabajo	88

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Priorización del Problema</i>	23
Tabla 2 <i>Análisis de Métricas</i>	46
Tabla 3 <i>Matriz Desarrollo Pareto</i>	48
Tabla 4 <i>Proceso de Selección de las Alternativas de Solución</i>	55
Tabla 5 <i>Acciones Propuestas Versus Controles de Evidencias</i>	56
Tabla 6 <i>Alternativas de Solución</i>	59
Tabla 7 <i>Tabla de Alternativas de Solución y Métricas de Control</i>	71
Tabla 8 <i>LOM Summa Gold Proyectado</i>	72
Tabla 9 <i>LOM Summa Gold Proyectado Incremento de Extracción</i>	73
Tabla 10 <i>Estado de Ganancias y Pérdidas Proyectado Summa Gold</i>	74

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Modelo de Negocio</i>	4
Figura 2 <i>Las Cinco Fuerzas de Porter de Summa Gold</i>	10
Figura 3 <i>Organigrama Directivo de Summa Gold</i>	14
Figura 4 <i>Mapa de Literatura</i>	25
Figura 5 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	39
Figura 6 <i>El Ciclo Operativo UM Summa Gold Corporation SAC</i>	40
Figura 7 <i>Diagrama de Proceso - Salida</i>	44
Figura 8 <i>Gráfico de Pareto de Causa Raíz</i>	49
Figura 9 <i>Priorización de Acciones Propuestas por Fases</i>	54
Figura 10 <i>Gantt de Implementación</i>	58

Capítulo I. Situación General de la Empresa

En este capítulo se presenta a la empresa Summa Gold Corporation S.A.C. y se describe el modelo de negocio que actualmente maneja, asimismo, se muestra el propósito, misión, visión y valores que forman parte de la compañía, así como los objetivos a largo plazo del plan de vida que tienen en la operación minera y la erradicación de la minería ilegal.

1.1. Presentación de la Compañía

Summa Gold Corporation S.A.C. es una minera que cuenta con una certificación ambiental y tiene un modelo de gestión moderna que explota, desarrolla, procesa y comercializa el recurso del oro. Se encuentra ubicada en la zona norte del Perú, en un caserío llamado Coigobamba, perteneciente a la localidad de Huamachuco en la provincia de Sánchez Carrión, en la región de La Libertad. Dicha compañía está situada entre los 3,200 y 3,600 m.s.n.m. en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, a 180 km del departamento de Trujillo.

Las operaciones de Summa Gold concentran una reserva de 1.1 millón de onzas de oro con una ley promedio de 0.43 gramos por tonelada, según el último informe emitido por la empresa Ausenco Canadá (2020). Es decir que se tendrá una operación de aproximadamente 10 años a un ritmo de producción de 80 mil onzas por año, según Jaime Polar, gerente general. Summa Gold Corporation tiene el compromiso de estar alineado al progreso de una gestión sostenible y con la adaptación al cumplimiento de los más altos y rigurosos estándares, que tiene como objetivo proteger la vida y la salud, cuidar el medio ambiente, respetando los derechos humanos y generando valor social en las comunidades del área de influencia donde se opera.

1.2. Modelo de Negocio

En la Figura 1 se muestra el modelo de negocio *canvas* y se observa que la mina tiene

como actividad principal la extracción y venta del oro y plata. La producción de estos minerales tienen previamente un contrato de venta con la empresa hindú Khandwala Finstock Pvt Ltd (KFPL), este documento define un cronograma de fechas y toneladas a entregarse que deben cumplirse estrictamente.

Uno de los aspectos más importantes que debe cuidar la mina es la imagen institucional, no sólo por su cliente, sino también por las comunidades aledañas a la concesión, y es que cualquier impacto negativo al ecosistema de los pobladores puede generar protestas, y en algunos casos, detener la producción de los minerales, razón por la cual se trabaja de la mano con las autoridades locales para gestionar mejoras en el aspecto social, ambiental e incluso económico.

Las actividades claves están centradas principalmente en la extracción, procesamiento y venta del mineral, razón por la cual los recursos más importantes son los que se detallan en la Figura 1, apartado seis. A continuación, se describe cada elemento del modelo de negocio:

1. Segmento de Cliente: Para Summa Gold, el segmento de mercado es su único cliente, la empresa hindú KFPL quien compra la producción total de oro y plata.
2. Propuesta de valor: Summa Gold tiene como propuesta de valor la producción de oro de forma sostenible, es decir cuidando la naturaleza de las zonas de influencia y las personas con las que trabaja directamente, todo esto sin descuidar la disciplina financiera de la compañía.
3. Canales de distribución: Las autoridades locales sirven como nexo para gestionar los beneficios económicos que la mina brinda a las zonas de influencia, otro canal importante es el área de finanzas quien se encarga de la comercialización y logística de los minerales que produce la mina.
4. Relaciones con los clientes: En este apartado es importante no solo cuidar la relación con el cliente quien compra el oro, sino también la relación con las

comunidades aledañas a la concesión minera ya que permiten mantener una continuidad operativa, por lo tanto, es importante realizar demostraciones de la pureza del oro y realizar monitoreos ambientales demostrando el cumplimiento de los estándares.

5. Fuentes de ingreso: La principal fuente de ingresos de la empresa es la venta de oro y planta.
6. Recursos clave: Los recursos más importantes para la operación son la maquinaria pesada, campamentos adecuados y planta de procesamiento de mineral, mano de obra local, profesionales especializados en minería y los minerales.
7. Actividades clave: Las actividades más importantes del negocio son la extracción del oro, procesamiento del mineral, la cadena de abastecimiento y un marketing que promueva una mina con una operación sostenible.
8. Alianzas estratégicas: Una de las principales alianzas que tiene la mina es con las comunidades aledañas, ya que son quienes facilitan la continuidad operativa de la mina y por otro lado están las empresas que proveen los suministros/servicios necesarios para la operación de la mina.
9. Estructura de costos: Los costos más importantes para Summa Gold son aquellos que le permiten realizar la producción del oro y plata, el detalle esta descrito en la Figura 1, apartado nueve.







1.3. Propósito, Misión, Visión y Valores de la Compañía

Propósito. Crear valor implementando proyectos sostenibles y sostenibles en el futuro, en línea con estándares basados en el respeto a los empleados y al entorno social, la protección del medio ambiente, la seguridad y la disciplina financiera.

Misión. Generar desarrollo sostenible a través de la extracción responsable de recursos.

Figura 1

Modelo de Negocio

<p>⑧ Alianzas estratégicas </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comunidades 2. Prosering (mantenimiento mecánico - empresa tercera) 3. Prosegur (seguridad patrimonial) 4. Pacífico-seguros (SCTR) 5. Empresas locales de servicios de alojamiento y alimentación. 6. Proveedores de repuestos de maquinaria pesada. 7. Proveedores de materiales indirectos y combustibles. 8. Autoridades locales. 9. Empresas de servicios generales (gas, luz). 	<p>⑦ Actividades claves </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Extracción del mineral 2. Procesamiento del mineral 3. Marketing 4. Cadena de abastecimiento 	<p>② Propuesta de valor </p> <p>Extraer minerales de alto valor, ejecutando proyectos sostenibles y sustentables a futuro, alineados con criterios basados en el respeto a nuestros colaboradores y al entorno social, en el cuidado del medio ambiente, así como en la seguridad, y disciplina financiera.</p>	<p>④ Relaciones con los clientes </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Actividades demostrativas de la pureza del oro. 2. Web y redes sociales 3. Cumplir estándares medio ambientales 4. Monitoreos mensuales participativos 5. Cumplimiento de compromisos comerciales 	<p>① Segmento de clientes </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Khandwala Finstock Pvt Ltd (KFPL) (comprador de oro y plata)
<p>⑨ Estructura de costos </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Remuneración propias y contratistas 2. Servicios generales (agua, luz, internet) 3. Artículos de oficina 4. Traslado del personal , viáticos, alojamiento, alimentación. 5. <i>Leasing</i> de maquinaria y vehículos 6. Perforación, extracción y limpieza. 7. Solicitudes de auditorías externas 8. Material de trabajo para mina. 9. Equipo de protección personal 10. Uniforme 11. Impuestos 12. Mantenimiento preventivo en maquinaria pesada 13. Mantenimiento correctivo en maquinaria pesada 14. Publicidad de minería con responsabilidad social 15. Seguridad (para la mina y traslado del oro) 16. Combustibles 17. Alquiler de oficinas 	<p>⑤ Fuentes de ingresos </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Venta de oro y plata 			

Visión. Ser líderes en minería, reconocidos por nuestras buenas prácticas empresariales, en el ámbito mundial.

Valores.

Integridad y responsabilidad, actúan responsablemente con sus colaboradores y grupos de interés.

Creación de valor, usan los recursos y activos responsablemente para generar valor agregado a las inversiones.

Creatividad y mejora continua, son dinámicos en las decisiones, buscan constantemente nuevas formas de generar valor y trabajo en equipo para mejorar sus procesos en forma continua y así lograr sus objetivos.

Desarrollo Sostenible, buscan garantizar una operación responsable y cada vez más sostenible en el ámbito social, económico y ambiental.

Seguridad, reconocen y controlan los riesgos antes de realizar el trabajo a través de la implementación de una cultura sólida de seguridad.

1.4. Objetivos a Largo Plazo

La mina Summa Gold tiene una concesión que de acuerdo a los estudios realizados tendrán un *life of mine* (LOM) de ocho años, iniciando el año 2019 y terminando aproximadamente en el año 2026. Por otro lado, se tiene también como objetivo la erradicación total de la minería ilegal, mediante estrategias legales, como acciones civiles y penales con apoyo de la fiscalía, PNP, poder judicial; estrategias sociales, como incorporar a ex-mineros ilegales a la planilla de Summa Gold y desarrollar emprendimientos empresariales (construcción civil, comedores, agricultura y servicios varios de la mina); y por último, las estrategias con el sector minería, como inspecciones a mineros ilegales, generación de procesos administrativos sancionadores (PAS) y apoyo en la interdicción de la minería ilegal.

1.5. Conclusión

Summa Gold es una corporación minera que desarrolla todos los procesos, desde la extracción, procesamiento y venta del mineral, su objetivo principal es tener una producción rentable y su propuesta de valor es extraer minerales de alto valor, alineando todos sus procesos productivos en el cuidado del medio ambiente y el bienestar de sus *stakeholders*.

La compañía minera Summa Gold es una empresa ubicada en el norte del Perú y que está dedicada a la explotación, desarrollo, procesamiento y comercialización de oro. Dicha empresa cuenta con una certificación ambiental y una proyección de tener una vida útil de aproximadamente 10 años a un ritmo de producción de 80 mil onzas por año. El logro de este objetivo se basa en su compromiso con estar alineada al progreso de una gestión sostenible y la adaptación al cumplimiento de los más altos y rigurosos estándares, con la finalidad proteger la vida y la salud, cuidar el medio ambiente, respetando los derechos humanos y generando valor social en las comunidades del área de influencia donde opera.

Por otro lado, y debido a diversos factores en su mayoría externos, Summa Gold es una empresa que deberá siempre trazar muy cuidadosamente sus planes a futuro y poner alto énfasis en fortalecer su imagen institucional, debido a que durante toda su vida útil se enfrentará a grandes retos en su lucha contra la minería informal y en el fortalecimiento de su relación con las comunidades aledañas que se encuentran dentro del ámbito de acción de la mina; esto con la finalidad de poder anticipar cualquier problema futuro en su operación, y es que, si se analiza la coyuntura actual del mercado peruano en el sector minero, se puede concluir que este sector estará constantemente expuesto a grandes pérdidas, debido a la paralización no prevista de sus actividades por no poner la debida atención a alguno de estos dos puntos.

Capítulo II: Análisis del Contexto

En este capítulo se presenta el análisis externo de la compañía, incluyendo el análisis PESTE, las cinco fuerzas de Porter y las oportunidades y amenazas en la operación minera. Asimismo, el análisis interno, identificando las diferentes áreas, como administración, marketing, operación, financiero, recursos humanos y las fortalezas y debilidades de la empresa Summa Gold.

2.1. Análisis Externo

2.1.1 PESTE

El siguiente análisis permite identificar los factores externos y cómo estos pueden interferir en la evolución de la operación minera en Summa Gold:

Factor Político. En la actualidad el sistema político en el Perú se encuentra inmerso en continuos escándalos de corrupción, malas decisiones, nombramiento de funcionarios incompetentes o inmorales, esto genera una crisis política permanente que afecta al sector minero. En medio de este contexto el atractivo del Perú para las inversiones mineras viene decayendo, según la encuesta anual de empresas mineras del instituto, Fraser (2011), el Perú bajó al puesto 42 de 84 jurisdicciones del índice de atractivo para inversiones.

Factor Económico. Perú es uno de los países de Latinoamérica con mayor explotación minera, las inversiones mineras han contribuido al crecimiento de la economía del país y a la recuperación durante y post pandemia.

Al mes de junio de 2021, la producción metálica registró un importante incremento en cobre (14.1%), oro (8.2%), plata (36.4%), zinc (53.3%), plomo (25.2%), hierro (113.5%), estaño (73.4%) y molibdeno (8.2%), frente al mismo periodo del 2020.

Asimismo, la actividad minera en el Perú generó un promedio de 214,257 puestos de trabajo directo, lo que ratifica el crecimiento y recuperación de dicho indicador (Summa Gold, 2021, p. 4).

Asimismo, Perú cuenta con 46 proyectos mineros con una inversión conjunta de \$56,158 millones (Summa Gold, 2021). El aprovechamiento de los recursos mineros ha permitido atraer inversión al país, sin embargo, este año 2022 se prevé que la inversión se reduzca ligeramente, y no se visualiza un buen pronóstico para el 2023, porque grandes proyectos como Quellaveco y Toromocho culminaron sus desembolsos este 2022 (“MEM: No habrá nuevos grandes proyectos mineros hasta dentro de siete años,” 2022), además, no hay en cartera nuevos proyectos mineros grandes, y esto se debe a la preocupación por el clima político que ha cobrado cada vez mayor importancia a la hora de atraer y obtener inversiones.

Factor Social. Los conflictos sociales que se presentan alrededor de la actividad minera en Perú son cada vez más radicales y de alto impacto. A inicios de diciembre del 2021 se vienen reportando más de 200 conflictos sociales de manera mensual, según data histórica esto no se registraba desde setiembre del 2018. En las cercanías del yacimiento hay 83 conflictos mineros que han sido informados hasta el mes de febrero, siendo las más afectadas las regiones de Cusco y Ancash (Minería & Energía, 2022).

Estos conflictos mineros tendrían un costo aproximado de 2.3 puntos porcentuales de crecimiento en el 2021. Esto quiere decir que la actividad minera creció 9.7% en el 2021, pero pudo haber crecido 12% sin conflictos sociales. Estos conflictos sociales son equivalentes a más de S/1,500 millones (IPE, 2022). Asimismo, en la industria minera los conflictos sociales son un problema recurrente, y Summa Gold, para enfrentar este problema, promueve la mejora de las condiciones de vida de las personas en el ámbito del impacto social, se impulsa proyectos de desarrollo, y con diversas sociedades se está trabajando en una asociación con organismos e instituciones públicas.

Factor Tecnológico. El uso de la tecnología y transformación digital en el sector minero cada vez va tomando mayor importancia ya que lleva consigo beneficios relacionados

con una mayor productividad, competitividad, cuidado del ambiente, seguridad y automatización de diversos procedimientos. Los avances tecnológicos en el rubro minero se asocian con la implementación de equipos y herramientas que busquen incrementar la eficiencia y seguridad laboral, esto implica las maquinarias y computadoras más modernas que mejoren las condiciones de trabajo, que permitan simplificar los procesos, optimizar los ambientes laborales e incluso, digitalizar y automatizar las operaciones. Es por ello que las empresas mineras, en la mayoría de los casos, se centran en la búsqueda de mejorar constantemente sus recursos tecnológicos, de tal forma que sean cada vez más innovadores y eficientes.

Factor Ecológico. En Perú existen diferentes procesos de formalización de operaciones de minería que incluyen lineamientos y normas para la regularización de la actividad y la minimización de su impacto sobre el medio ambiente. Estos impactos pueden ser cambios en la calidad del suelo, agua, aire y ruido, creando riesgos ambientales tales como deforestación, contaminación, erosión, cambio y pérdida de propiedades físicas y químicas del suelo, cambios de sedimentos, deshidratación, inundaciones, contaminación de agua y vegetación por fuertes metales, cambios en el pH del agua, descargas eléctricas, incendios y cambios en las rutas de migración animal y aumento de la fragmentación del hábitat. Es por ello que se hace de vital importancia la elaboración de un plan de manejo ambiental con la finalidad de mitigar el impacto que se genera en sus alrededores.

En Summa Gold, cuentan con un área de medio ambiente, que se encarga de prevenir la contaminación en todas las operaciones y procesos, realizando inspecciones y sensibilizando a todas las áreas sobre el uso de buenas prácticas ambientales, buscando minimizar los impactos negativos y convivir en armonía con la naturaleza.

2.1.1. Las Cinco Fuerzas de Porter

El análisis de las cinco fuerzas de Porter permite medir sus recursos, las condiciones

óptimas para establecer y planificar estrategias en la compañía que puedan potenciar las oportunidades y que hacer frente a las amenazas. Porter (1980) sostuvo que la estrategia competitiva se basa en crear y mantener ventajas competitivas sobre los rivales, y el potencial de rentabilidad de una empresa viene definido por cinco fuerzas, las cuales son nuevos competidores, proveedores, clientes, productos sustitutos y rivalidad de competidores.

Figura 2

Las Cinco Fuerzas de Porter de Summa Gold



Nuevos Competidores. En la industria minera las empresas se encuentran altamente reguladas y en este rubro se requiere una inversión muy importante para poder entrar y posicionarse. Summa Gold ha logrado posicionarse en el mercado aurífero nacional gracias a una producción que supera las 80 mil onzas por año y al trabajo que conlleva el desarrollo sostenible y responsable. Sin embargo, en este punto pueden aparecer nuevos competidores como proyectos de grandes inversiones, por otro lado, también se puede tener en cuenta que existe minería ilegal, pero estas son empresas que no cuentan con control ni regulación social y ambiental. La valoración en este campo es grado medio, porque si bien es cierto se requiere una inversión grande para entrar y posicionarse, toma tiempo realizar el estudio del proyecto

minero y, por otro lado, los competidores que podrían aparecer más rápido son los informales con la minería ilegal.

Poder de Negociación de los Proveedores. Al ser un proyecto minero reconocido en el ámbito mundial, la compañía cuenta con poder y control sobre los precios y la calidad, ya que cuentan con múltiples proveedores, como empresas de insumos químicos, reactivos, empresas de servicios de obras dentro de la mina, empresas de alquiler de maquinarias, empresas de alquiler de equipos de protección personal (EPP), entre otras. La valoración en este campo tiene un alto grado, porque la compañía es reconocida a nivel mundial y eso le permite tener varias opciones al momento de seleccionar a los proveedores.

Poder de Negociación de los Clientes. La compañía minera cuenta con dos clientes en el exterior, refinería en Suiza y refinería en la India, y por otro lado también se considera como cliente a las comunidades aledañas de la minera. En este caso no existe un gran volumen de clientes, y la compañía tiene que trabajar para que la fidelización sea un proceso más arduo, mediante la creación de valor, desarrollo sostenible y mejora continua. En este punto la valoración es de grado medio, porque al ser dos clientes en el exterior, se tiene que trabajar continuamente por mantener la buena relación comercial y fidelización con estas empresas. En cuanto a los clientes, como las comunidades aledañas, también se considera que es un grado medio, porque la compañía Summa Gold trabaja continuamente por mantener el desarrollo sostenible y brindando tranquilidad a las comunidades.

Productos sustitutos. No aplica por ser un producto específico, un metal que es esencial para la tecnología y la joyería.

Rivalidad de los competidores. Esta fuerza es alta cuando hay un alto número de competidores en cuanto a tamaño y poder de la empresa, en actualidad existen algunos competidores como minera Yanacocha, compañía minera Poderosa y Shahuindo. Por lo tanto, la compañía Summa Gold trabaja continuamente en ser reconocida por buenas prácticas

empresariales a nivel mundial, generando desarrollo sostenible a través de la extracción responsable. En este punto la valoración es de grado medio, porque actualmente existen pocas mineras de oro.

2.1.2. Oportunidades y Amenazas

Oportunidades. Se destaca las siguientes oportunidades:

La corporación minera cuenta con un plan de minado a largo plazo, con reservas de oro para diez años de operación en concesiones que se encuentran en la localidad de Huamachuco (La Libertad), el yacimiento de tipo epitermal de alta sulfuración, emplazado en rocas sedimentarias, instruidas por rocas andesíticas válida la expansión de la operación. Este punto le permite a la empresa seguir creciendo de forma sostenible y responsable, fomentando el desarrollo de las comunidades aledañas.

Hay diversidad de iniciativas, como el enfoque de desarrollo sostenible y la participación activa y unificada de las personas en las áreas afectadas, es decir la compañía le da oportunidades de trabajo a los habitantes de las comunidades aledañas con el objetivo de promover la diversificación de actividades económicas y lograr la sostenibilidad a futuro.

Asimismo, se están generando iniciativas en la gestión social y ambiental con manejo responsable de los recursos naturales para impulsar el desarrollo sostenible. Buenas relaciones con las autoridades locales, con las personas del área de influencia y sus representantes, en el marco de un enfoque de intercambio cultural que permita la participación de todas las partes, mediante un diálogo continuo y oportuno alcanzándose la información correspondiente sobre las actividades mineras a desarrollar y de esta manera permitir una operación continua y sostenible. Ingresos Sostenibles. Debido al descubrimiento de reservas de oro con un horizonte de diez años en la minería, contar con 1,1 millones de onzas de oro, con una ley promedio de 0.43 gramos tonelada, permitiría a los yacimientos de Isabelita producir hasta 80,000 onzas de valor nominal.

Amenazas. Se ha detectado las siguientes amenazas:

La minería ilegal en la zona, invasiones ilegales que contaminan el medio ambiente, agua y suelos, no respetan los derechos laborales. Existe también corrupción de autoridades, lavado de activos lo cual provoca accidentes y muertes que muchas veces quedan impunes. Hay conflictos sociales por la expansión de Summa Gold, esto comprometería el destino del territorio y las poblaciones afectadas de las comunidades aledañas, las que podrían generar la destrucción de sus fuentes de abastecimiento de agua, además ocasionar rajaduras de las viviendas y centros educativos debido a las explosiones, que a su vez causan daños en la integridad física y emocional de niños y personas de la tercera edad.

2.2. Análisis Interno

2.2.1. Administración

La gestión de Summa Gold está representada por Jaime Polar, como gerente general, con un modelo de gestión moderna gestiona todos los procesos necesarios para obtener los minerales de alto, para finalmente comercializarlos. El objetivo de la empresa es operar de manera segura y responsable, debido a esto, han implementado las mejores prácticas de la industria en proyectos sostenibles a largo plazo hacia el futuro. También cuentan con un área medio ambiental donde se encargan de la calidad ambiental (agua, aire y ruido), manejo integral de residuos sólidos, reporte de incidentes ambientales, manejo de derrames y guía de cumplimiento ambiental. Por otro lado, existe el área de operaciones, donde tiene bajo su reporte las siguientes sub áreas: (a) gerencia de servicios técnicos, (b) superintendencia de mina, (c) superintendencia de procesos, (d) superintendencia de proyectos, (e) jefatura de mantenimiento, (f) jefatura de seguridad y salud ocupacional y (g) jefatura de medio ambiente. Asimismo, existen otras áreas que reportan a gerencia general, como administración y finanzas, logística y abastecimiento, área legal, área de asuntos corporativos, superintendencia de gestión humana y área de asuntos regulatorios (ver Figura 3).

Figura 3

Organigrama Directivo de Summa Gold



Nota. Informe se Sustentabilidad, Summa Gold, 2021.

2.2.2. Marketing

La propuesta de valor de Summa Gold es extraer minerales de alto valor, ejecutando proyectos alineados al cuidado del medio ambiente y el bienestar de sus *stakeholders*, esto incluye a las comunidades aledañas a la concesión, que, aunque no son clientes directos tienen una gran influencia para la continuidad de la operación minera.

Dentro de las estrategias establecidas por la mina están: difundir proyectos y mejoras de la minera, gestión ambiental en las zonas de influencia, promover una cultura de sostenibilidad entre todos los trabajadores; priorizar el uso eficiente de los recursos en todos los procesos productivos, identificar elementos críticos y evaluar constantemente el progreso de la implementación de medidas de control ambiental para gestionar las medidas correctivas.

2.2.3 Operación

La Compañía Minera Summa Gold opera uno de los yacimientos más importantes del norte del país en la extracción de minerales de oro y plata en su concesión minera “Isabelita”, ubicada en la localidad Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, departamento de la Libertad. El yacimiento minero es un epitermal de alta sulfuración característico del corredor chimú de la zona norte del país, con una matriz de rocas areniscas y cuarcitas como roja caja para la ocurrencia del oro. El intrusivo volcánico que generó la formación mineralógica de composición andesítica, están controladas por estructuras mineralógicas diseminadas en microfracturas y en brechas de contacto, que adyacentes a la matriz sedimentaria forman estructuras de brecha hidrotermal y una arenisca cuarzosa.

El mineral extraído del yacimiento es llevado al *pad* de lixiviación transportados por una flota de modernos camiones mineros, para extraer el metal valioso mediante el proceso de lixiviación en pilas. Para la recuperación del oro, Summa Gold cuenta con una moderna planta instrumentada para optimizar sus procesos e instalaciones auxiliares para el correcto manejo medioambiental. El talento humano es importante para hacer posible el proyecto en

las áreas de procesos, operaciones mina, geología y exploraciones, logística, administración y finanzas, medio ambiente, seguridad y salud, recursos humanos, responsabilidad social, comunicaciones, proyectos, mantenimiento, legal y asuntos corporativos, entre otras.

2.2.4 Financiero

Los resultados financieros de la corporación Summa Gold han generado tributos y aportes para el país en el 2020 por un valor total del S/70'901,038 de los cuales el impuesto a la renta representa un 79% con un valor de S/56'271,600, en cuanto a regalías mineras un 10% con un valor de S/7'279,836, el impuesto especial minero un 9% con un valor de S/6'390,634, el fondo de jubilación minera 1% con un valor de S/958,968 y el fondo de empleo con 1% que representa S/862,918. Por otro lado, en el 2020 favorecieron la creación y desarrollo de empresas locales, estas contrataciones suman un total de más de 34 millones de soles, donde se incluyen equipo pesado, programa procura (comedores), obras civiles, transporte de personal, atención médica y transporte de carga.

2.2.5 Recursos Humanos

En Summa Gold el capital de mayor valor son los colaboradores, cuyo talento es el éxito de la organización. La operación inició en el año 2019, cerrando con 386 trabajadores, de los cuales los principales datos demográficos son los siguientes: El 60% del total de los colaboradores tiene entre 30 y 50 años, el 73% del total de los colaboradores proviene de la región La Libertad y el 6% del total de colaboradores está conformada por mujeres.

Al cierre del periodo 2019, el índice de rotación general de personal es de 5% (octubre a diciembre). Entre los datos más resaltantes, el 58% de colaboradores provienen de la región La Libertad y el 56% de los colaboradores tienen edades entre 30 y 50 años. Al cierre del 2020 se tuvo 292 trabajadores (-94) de los cuales los principales datos demográficos son los siguientes: El 61% del total de los colaboradores tiene entre 30 y 50 años, incrementando en 1% dicho grupo de interés, el 73% del total de los colaboradores proviene de la región La

Libertad, manteniendo el porcentaje de la principal región cercana a la operación y el 9% del total de los colaboradores está conformado por mujeres, incrementando en 3% dicho grupo de interés. Al cierre del periodo 2020, el índice de rotación general de personal es de 3% (-2%). Entre los datos más resaltantes, el 78% de colaboradores provienen de la región La Libertad y el 61% de los colaboradores tienen edades entre 30 y 50 años. El activo más importante de Summa Gold Corporation es el capital humano, por lo que se promueve el desarrollo y el crecimiento de los colaboradores, asimismo se generan acciones para fortalecer la cultura e identidad corporativa, mediante la constante mejora de los procesos y estrategias de gestión de personal orientadas a atraer, capacitar y potenciar el talento. Los objetivos estratégicos de gestión humana están basados en los valores, competencias y el plan estratégico de Summa Gold Corporation, expresadas en las siguientes bases:

Gestión del Talento. Atraen, desarrollan y retienen a los colaboradores, a través de una línea de carrera y un plan de sucesión. Se apuesta por la inclusión y la diversidad de talentos, ya que permite la adaptación constantemente a las exigencias del medio, haciendo de Summa Gold un gran lugar para trabajar con altos estándares de clase mundial.

Gestión del Conocimiento. Se genera el aprendizaje teórico-práctico que busque fortalecer el capital intelectual de los colaboradores, en función al plan estratégico de la compañía.

Gestión del Desempeño. Se fomenta, alinea y contribuye a la consolidación de las competencias *soft* y *hard* de los colaboradores para el logro de objetivos profesionales y organizacionales.

Gestión de Cultura y Clima Organizacional Se generan planes de acción para fortalecer la identidad corporativa y brindar las condiciones necesarias para tener colaboradores altamente competitivos, leales e integrados. El valor más importante es el personal, quienes con su talento y liderazgo contribuyen al crecimiento y sostenibilidad de

Summa Gold Corporation.

Gestión de Administración y Cumplimiento Laboral. Se cumple con las obligaciones que conforman las normas laborales vigentes, a través del proceso de administración de personal, a fin de evitar contingencias laborales.

Gestión de Bienestar Social. Se fomenta la adecuada adhesión del trabajador a la empresa, a través de planes y/o programas en respuesta a la detección de necesidades sociales, salud, recreación y condiciones para el desarrollo óptimo de labores, siendo el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la organización.

2.2.6 Fortalezas y Debilidades

A través del análisis interno realizado con el comité encargado del proyecto de Summa Gold se pudo determinar las fortalezas y debilidades de la empresa.

Fortalezas.

F1: Fortaleza en atraer, retener y desarrollar los mejores talentos locales, brindando oportunidad de empleo y crecimiento profesional a los pobladores de la zona de influencia, además, fortaleciendo los conocimientos técnicos y habilidades blandas garantizan procesos eficientes y productivos, demostrando cada miembro de la organización gran consideración, paciencia y persistencia que es necesaria para desarrollar una colaboración eficiente y que estos puedan crear valor a la empresa.

F2: El gerente general de la compañía es un profesional que cuenta con más de 25 años de experiencia en operaciones mineras, aporta valor a la organización.

F3: Summa Gold cuenta trabaja con empresas contratistas, las cuales le brindan mano de obra y maquinarias especializada permitiendo flexibilidad cuando se requiere contar con un mayor o menor número de personal según la producción.

F4: Summa Gold brinda capacitaciones y soporte técnico de forma constante a sus

colaboradores para mantener al personal altamente calificado.

F5: Tiempo de vida de la explotación minera aproximadamente 10 años, lo cual permite una planificación a largo plazo alineado al progreso de una gestión sostenible.

Debilidades. Se ha detectado las siguientes debilidades, que pueden indicar una alteración en la continuidad de la operación minera:

D1: Conflictos sociales en las comunidades aledañas, por afectación en la salud humana y ambiental por la emanación de partículas que afectan la calidad del agua y aire.

D2: Minería ilegal en las localidades cercanas, con altas probabilidades de contaminación ambiental. Falta de comunicación sobre los procesos de la operación minera y los planes de mejora hacia las comunidades.

2.2.7 Conclusión

El análisis interno de la corporación Summa Gold ha permitido entender el modelo de negocio de la minera y la relevancia que existe en cuanto a la responsabilidad social con el objetivo de contribuir a mejorar la calidad de vida de las comunidades aledañas, asimismo, la gestión ambiental que tiene que velar por cumplir con lo dispuesto por la legislación ambiental del país para prevenir la contaminación en todas las actividades de los procesos en mina, y por último la gestión humana, seguridad y salud ocupacional, que tiene como objetivo implementar mecanismos y acciones necesarias para prevenir la ocurrencia de accidentes. Sin embargo, también ha permitido identificar los factores que afectan de forma negativa la operación minera, y cómo poder mitigarlos para reforzar la propuesta de valor.

Capítulo III: Problema Clave

Después de realizar el análisis de la situación y contexto de la minera Summa Gold, en este capítulo se detalla la identificación del problema clave, el cual se analiza y se propone soluciones como parte del desarrollo de esta consultoría. Asimismo, en este capítulo se indica la metodología de trabajo, lista de problemas, matriz de complejidad y la descripción del problema central.

3.1. Metodología de Trabajo

Para la identificación de los problemas principales se decidió utilizar las metodologías de *customer centricity* y *design thinking*, ya que utilizan herramientas centradas en los clientes de manera creativas, colaborativas y sobre todo amigables para todo tipo de usuarios. Estas metodologías se trabajaron vía Zoom y también de forma presencial con los diferentes representantes de Summa Gold, tanto de la gerencia de operaciones, procesos, mina y servicios técnicos, para identificar los principales problemas.

Customer centricity es la metodología orientada al cliente, alineada a sus objetivos, procesos, cultura y tecnología, utilizada al implementar el trabajo. De esta forma se ha centrado todas las acciones y planificaciones en Summa Gold, siendo el objetivo principal garantizar las mejores soluciones para resolver el problema de recuperación del oro. La orientación al cliente tiene como principal tarea determinar las percepciones, las necesidades y los deseos de los clientes, y de esta forma satisfacerlos a través del diseño, la comunicación, el precio y el servicio (Saxe & Weitz, 1982).

La metodología *design thinking* ha permitido de manera grupal crear y proponer diferentes soluciones creativas para el problema, permitió construir ideas con el fin de conseguir la mejor respuesta. Según Brown (2008), la mejor forma de describir el proceso de *design thinking*, es metafóricamente, como un sistema de espacios que determinan diferentes actividades relacionadas entre sí, y que, al formarlas en conjunto, pasan a ser el continuo de la

innovación.

Esta metodología considera tres etapas: (a) presentación del FODA para validar los hallazgos identificados por el grupo de tesis, como resultado de las diferentes sesiones de trabajo realizadas con las diferentes áreas de la empresa, (b) desarrollo de la metodología *brainstorming* para la identificación de los principales problemas en conjunto con las diferentes áreas de la empresa (gerencia de operaciones, procesos, mina y servicios técnicos), (c) priorización de los problemas identificados con la matriz de complejidad y beneficio. A continuación, se detallan los problemas identificados.

3.2. Lista de Problemas

Porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción. A la fecha, la mina tiene un plan de producción con un objetivo de recuperación de oro del 74.2% de material fresco, sin embargo, de acuerdo la información proporcionada por Summa Gold la recuperación histórica promedio es del 69.8%, es decir 4.4% por debajo del objetivo establecido.

La relevancia de mejorar este indicador permite tener una operación rentable según la proyección del LOM. De acuerdo con las estimaciones del área de operaciones cada 1% de incremento en la recuperación de oro equivale aproximadamente a 3,000 onzas adicionales, generando un incremento directo en el flujo de caja de hasta cinco millones de dólares al año.

Paralización de las Actividades Operativas por Conflictos Sociales. En la actualidad, Summa Gold tiene de dos a tres paralizaciones al año, condicionando la continuidad operativa en la producción de oro y plata, especialmente por conflictos sociales, estas paralizaciones se dan cuando las comunidades aledañas sienten que están viendo afectado su ecosistema, como consecuencia bloquean las carreteras por donde la mina lleva los suministros para su funcionamiento. La necesidad de la población por mejorar su calidad de vida a razón de convenios con la mina, hacen que la organización elabore estrategias para

mitigar los problemas de pobreza, salud y educación, con la generación de puestos de trabajo y emprendimientos locales, así como programas para mejorar la salud y educación de las comunidades de influencia directa. La consecuencia de detener la producción genera pérdidas económicas por el incremento de los costos operativos para la empresa e incluso puede afectar los compromisos comerciales que están programados con mucha antelación.

Erradicación de Minería Ilegal. Otro de los principales problemas que enfrenta Summa Gold es la minería ilegal y se desarrolla principalmente en los terrenos adyacentes a la concesión minera teniendo como principales consecuencias: la contaminación de suelos y aguas, hurtos del mineral internándose en terrenos que son concesionados por la mina, corrupción de las autoridades, explotación infantil, tráfico de cianuro y explosivos, lavado de activos y a la fecha más de 100 muertes por el incumplimiento de derechos laborales lo que termina afectando la imagen institucional de la compañía.

En el contexto nacional este problema no sólo afecta a Summa Gold si no que está diseminado en muchas zonas mineras del país y tienen las mismas consecuencias, pero en diferentes escalas, generando un desfaldo al país y vulnerando los derechos humanos, también genera actividades ilícitas afectando a todos los peruanos de forma indirecta.

3.3. Matriz de Complejidad Versus Beneficio

Luego de identificar los principales problemas, se utilizó la matriz de complejidad versus beneficio para priorizar el problema principal a desarrollar en la consultoría. La dinámica consiste en la puntuación de las principales variables: beneficio y complejidad, esta puntuación se dio acorde a las siguientes reglas: El eje del “beneficio” está basado en el impacto positivo que puede tener la solución de este problema sobre la operación, la puntuación mínima es cero y la puntuación máxima es de tres (es posible indicar la puntuación con decimales).

La segunda variable es la “complejidad”, esta variable indica el uso requerido de

recursos para la solución y se han definido los siguientes niveles: (1) bajo, (2) medio y (3) alto. En base a la puntuación obtenida por cada problema se puede definir el problema principal (ver Tabla 1).

Tabla 1

Matriz de Priorización del Problema

Problema	Beneficio	Complejidad	Criticidad
Porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción.	0.6	2	1.2
Paralización de las actividades operativas por conflictos sociales.	0.2	1	0.2
Erradicación de minería ilegal.	0.2	3	0.6

3.4. Problema Central

El resultado de la matriz de priorización del problema ha permitido identificar el problema principal de Summa Gold, el cual es: el porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción. La mejora de este indicador tendrá un impacto positivo directo en el flujo de caja de la mina, para lograrlo Summa Gold debe mejorar los procesos de extracción y procesamiento del mineral, asimismo deberán mejorar la gestión del conocimiento con la finalidad de que la mejora de este indicador sea constante en el tiempo.

3.5. Conclusión

El análisis realizado en el siguiente capítulo permite una visibilidad completa de los problemas más resaltantes dentro de la compañía, para con ello poder escoger el más complejo y crítico por resolver de acuerdo con la matriz establecida, este debe ser de alta importancia ya que ayudará positivamente en el flujo de caja y está alineado a los objetivos generales de la compañía, como también tomando en cuenta el beneficio de todos los interesados.

Capítulo IV: Revisión de Literatura

En este capítulo se incluye la revisión de los términos técnicos según el contexto de la problemática y las alternativas de solución, para poder comprender el tecnicismo de los factores que influyen en la solución del problema es importante entender los términos importantes del problema ya que algunas alternativas de solución contextualizan la mejora de muchos factores identificados que tienen como finalidad incrementar la recuperación del oro.

4.1. Mapa de Literatura

En este capítulo se revisó la literatura para poder entender el problema principal el cual es el porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción, y buscar las alternativas de solución en el proceso de extracción del oro apoyadas en decisiones *data driven*.

La selección de artículos está alineada principalmente al proceso de extracción de oro que actualmente tiene la empresa, es decir, se han considerado aquellos artículos que explican métodos y técnicas que usa la empresa o por lo menos están alineados a sus prácticas. La recopilación detallada consta de cinco artículos que explican de forma clara y sencilla los siete pasos del proceso de extracción, así mismo se incluyeron dos artículos en relación con *data driven* por la importancia en la toma de decisiones gerenciales (ver Figura 4). Las fuentes consultadas fueron *Google Scholar*, Springer y artículos científicos relacionados, algunos ejemplos de términos utilizados son: *intitle:"gold extraction and recovery"* e *intitle:"adsorption of pyridine onto activated"*.

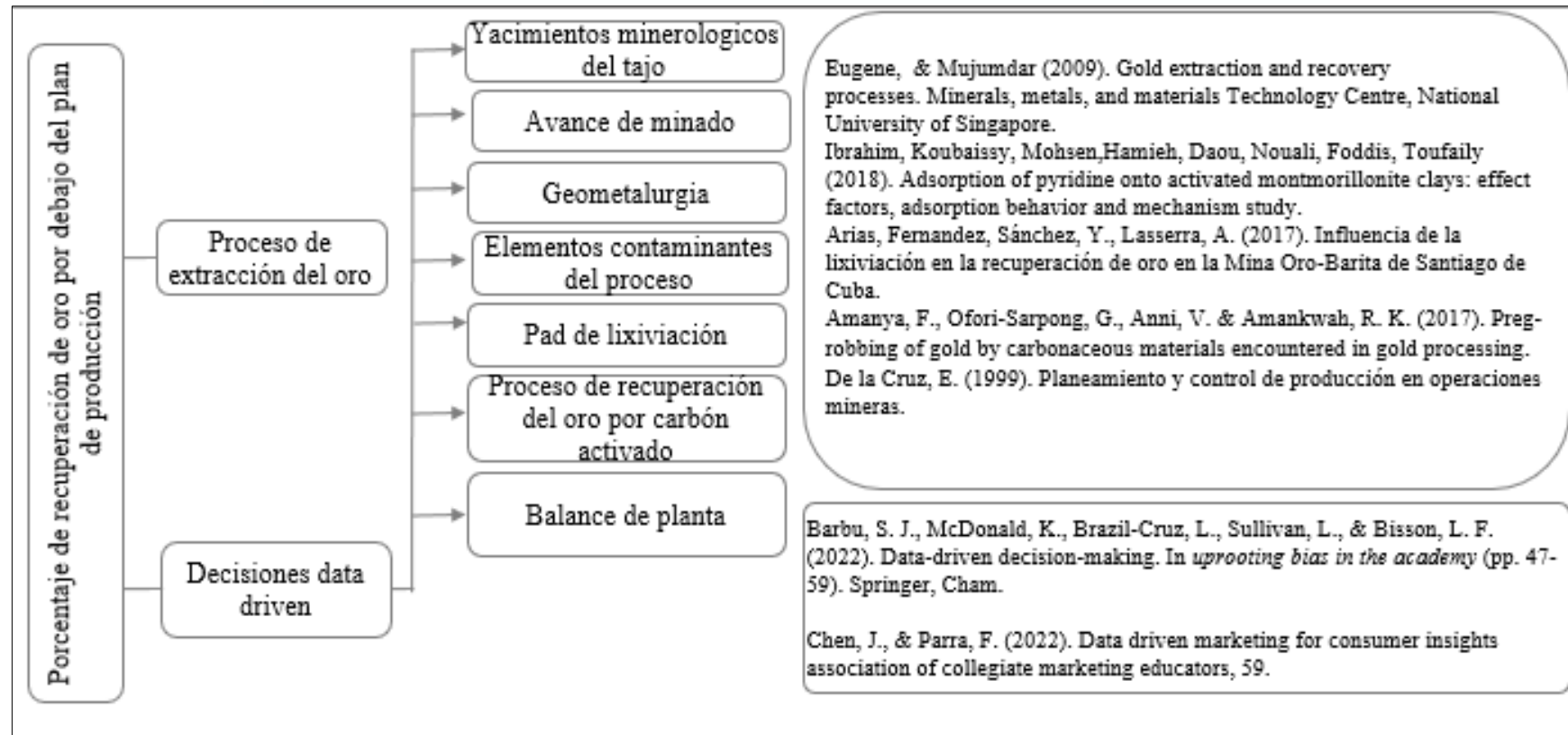
4.2. Revisión de Literatura

4.2.1 Proceso de Extracción del Oro

El método de extracción de oro utilizado en la mina es la cianuración, este método es el más utilizado en la gran minería, (Eugene & Mujumdar, 2009). De acuerdo con las características mineralógicas los yacimientos que tienen como objetivo la extracción de oro

Figura 4

Mapa de Literatura



muestra un patrón importante de la ocurrencia del oro en una matriz rocosa permeable, que hace que este método de extracción de oro sea rentable, ya que es un proceso mucho más barato que los procesos de flotación. Arias et al. (2017) estudiaron la influencia de la lixiviación en la recuperación de oro de un yacimiento con características geológicas compatibles al de Summa Gold, es importante resaltar que el proceso de cianuración es un proceso antiguo que viene trascendiendo desde los años setenta, y ganó importancia debido a los bajos costos asociados al proceso y a la versatilidad del método. Conocer las variables del proceso de lixiviación y estudiarlas a detalle es un factor importante de éxito ya que incrementan la eficiencia de la extracción del oro. El cianuro se asocia fácilmente a los metales para el proceso de disolución a una fase acuosa, pero muestra una selectividad exponencial a los metales preciosos por su estructura cristalina de formación, el cual será posteriormente tratado mediante los métodos de adsorción por carbón activado o *merrill crowe*.

En el proceso productivo de Suma Gold, se utiliza el proceso de cianuración en pilas de lixiviación dinámicas y *pad* múltiples, es decir el mineral es apilado en las pilas de lixiviación según el plan de apilamiento y minado, para ser regado con una solución cianurada y obtener la extracción del oro y plata. El oro y plata disuelto en solución es llevado a la planta de carbón activado para atrapar por intercambio iónico el oro dentro del carbón en un proceso conocido como adsorción.

4.2.2. Yacimiento Mineralógico del Tajo

Existen diferentes tipos de yacimientos mineralógicos en Perú, característica de los eventos mineralógicos sucedidos dentro de su formación, influenciado de la roja matriz y los fluidos hidrotermales de formación. El yacimiento aurífero epitermal lo emplaza un anticlinal volcánico, creando una geoforma cómica de 1.0x1.5 Km de elongación, en cuyo eje se sitúa un filón dacítico, consecuente del ascenso del fluido hidrotermal que ocasiona

alteraciones estructurales (argílica, sílica/fílica), brechas y fijación de menas.

La caracterización geoquímica y ensambles mineralógicos confirman la mineralización aurífera de alta sulfuración debido a la presencia de sulfuros primarios y secundarios dentro del cuerpo mineralógico. El corredor Chimú que empezó su formación en el cretáceo inferior, acoge al yacimiento de alta sulfuración de Summa Gold ubicado en La Libertad que se refugia en sedimentos clásticos que caracteriza a los yacimientos del norte del país, como Lagunas Norte, La Arena, Virgen de la Puerta, Yanacocha.

Por otro lado, Hedenquist y Arribas (2017) señalaron que la presencia de sulfuros secundarios y primarios dentro del yacimiento como enargita, tenantita, calcopirita o piritita evidencia la formación de un yacimiento epitermal de alta sulfuración. Esta estructura mineralógica favorece al proceso de lixiviación en pilas debido a las características de la disseminación de los metales preciosos en su formación y que la roca caja que ocurre al oro y la planta tiene características de permeabilidad alta, donde la solución cianurada podrá entrar en contacto con el oro característico del mineral.

4.2.3. Avance de Minado

Según De la Cruz (1999) el planeamiento y el control de la operación minera es vital para optimización de los procesos de minado y descarga, ya que ayudan a definir los parámetros importantes para incrementar la productividad, reflejado en el incremento del tonelaje y la correcta disposición del mineral en el proceso. Resalta la importancia de la planificación conjunta de las áreas involucradas como mina, geología, planeamiento, servicios técnicos, procesos, etc., ayudarán a definir criterios en conjunto para dar soluciones inmediatas, reducción de costos, incremento de rendimientos, mayor desarrollo de fases, intercambiar experiencias y planteamiento de soluciones con el objetivo de cumplir las metas de producción.

El avance de minado en un tajo se da por fases de desarrollo, que son planificados de

manera operativa de tal manera que haya un secuenciamiento correcto de la extracción del mineral al proceso, donde los criterios predominantes con el acarreo, carguío y distancia para encontrar un equilibrio operativo entre la recuperación del mineral y el descarte de las zonas inertes o desmonte. En Summa Gold actualmente hay tres fases en desarrollo para la elaboración del plan y avance de minado, fase 6C, 7A y 8A.

Una de las actividades importantes para la planificación minera es la adecuada estimación de los polígonos del tajo. Los polígonos son segmentos distribuidos en el tajo, de tal manera que se pueda discriminar el mineral rico en oro o aprovechable para el proceso y el material inerte o desmonte que serán destinados a los botaderos. Con las leyes de oro emitidas por laboratorio químico, geología utiliza el programa Datamine para sobreponer geoespacialmente los valores de oro y poder identificar las zonas del tajo que son rentables para su procesamiento, clasificándolos según la cantidad de contenido metálico de oro en el avance de minado, con esta configuración se pueden planificar correctamente el avance de mineral y desmonte para ser enviados al *pad* de lixiviación(mineral) o al botadero (desmonte).

4.2.4. Geometalurgia

La geometalurgia nace de la necesidad de la industria mineral por incrementar la productividad de sus procesos, era difícil eliminar paradigmas y romper barreras para la interacción multidisciplinario de un equipo de profesionales se dé en la planificación adecuada de la secuencia de minado. La geometalurgia integra y asocia a geólogos, metalurgistas y mineros, con el objetivo común de valorar los recursos con aporte de cada uno en un proceso integral minero con una comunicación multilingüística (Torres et al., 2021).

Torres et al. (2021) concluyeron que la geometalurgia comienza con la identificación de las muestras geológicamente identificadas, para obtener información mineralógica,

metalúrgica y química, que permitan distribuir mediante herramientas geoestadísticas estas características del comportamiento metalúrgico en el tajo, creando un modelo de bloques geometalúrgicos que ayudará a elaborar una correcta estimación de los recursos y un plan optimizado del proceso de minado.

La geometalurgia tiene como único objetivo incrementar el valor actual neto (VAN) de los proyectos mineros y ayuda a mitigar el riesgo originado de la variabilidad de los parámetros metalúrgicos en el yacimiento, mejorando los diseños de una planta y sus procesos, precisión en el plan de producción, incrementar las reservas del yacimiento, reducción de los costos operativos, mitigar los impactos socioambientales y maximizar la productividad de los procesos.

4.2.5. Elementos Contaminantes del Proceso

Dentro del proceso de lixiviación del oro existen materiales que influyen inversamente en el porcentaje de extracción de oro debido a sus características mineralógicas y estructurales, que sin ser llevados al *pad* de lixiviación podrían causar un efecto negativo en la recuperación del oro. Es importante caracterizar en el tajo estos materiales para ser derivados con material inerte al botadero y evitar que afecten a los demás materiales que, con apilados, ya que son altos consumidores de cianuro, presentan el efecto *preg-robbing* del oro (atrapan oro dentro de su estructura), convirtiéndolos en materiales refractarios.

Materiales con alto contenido de azufre como sulfuro. Parga y Carrillo 1996, señalaron que los materiales con alto contenido de azufre como sulfuro, por encima del 0.2%, tenían una influencia negativa en la recuperación del oro, debido al incremento de una estructura cristalina refractaria de la ocurrencia del oro, es decir que hay más probabilidad del oro en una matriz sulfurada que en una oxidada que favorece al proceso de lixiviación en *pad*. Estos materiales al no ser procesados eficientemente con los procesos convencionales de cianuración necesitan otros métodos mucho más complicados y costosos para su

procesamiento que baja la rentabilidad de la empresa si no cuenta con los recursos necesarios para procesarlos, como lo son los procesos de flotación y oxidación a presión con autoclaves.

Materiales con alto contenido de carbón orgánico, o también conocido como total carbonaceous material (TCM). En un estudio reciente, Amany et al. (2017) identificaron que el carbón orgánico presente en el mineral por la misma formación geológica tiene una capacidad importante de absorber oro en el proceso de lixiviación, este fenómeno hace que el oro no se disuelva en la solución y quede atrapado en el mineral carbonáceo reduciendo la cantidad de oro que sale del proceso de lixiviación. El efecto del material con alto contenido de TCM no sólo es a la porción contaminada si no a los materiales adyacentes que van disolviendo el oro pero que el carbón contenido en el *pad* va atrapando al material sin dejarlo lixiviar con la solución cianurada. Valores superiores a 0.1% de TCM pueden afectar en más de 40% en la recuperación del oro, esto en estudios realizados en el departamento de metalurgia de Summa Gold.

Materiales con alto contenido de arcillas. En un estudio reciente, Ibrahim et al. (2018) postularon que las arcillas con alto grado de alteración como montmorillonita, caolinita e illita, poseen una influencia negativa en la extracción del oro. La distancia interplanar de las arcillas es grande lo que hace que los complejos aurocianurados queden atrapados por un fenómeno de adsorción ejerciendo un efecto *preg-robbing*, es complicado extraer el oro una vez atrapado en las arcillas ya que pueden significar tiempo operativo prolongados en la lixiviación para la saturación de su estructura y pueda ir liberando el oro disuelto, se necesitan cantidades exponenciales de cianuro para revertir este fenómeno. Para mitigar este efecto se puede mezclar las arcillas con un alto ratio de mineral competente para mejorar la conductividad hidráulica.

4.2.6. Pad de Lixiviación

El *pad* de lixiviación es un espacio acondicionado constructivamente para evitar la

filtración de las soluciones cianuradas, impermeabilizado y con un sistema de drenaje principal y secundario para captar la solución rica en oro y ser enviada al proceso. Sobre el revestimiento impermeable se colocan capas de material fino *over liner* para evitar los daños a la geomembrana de aproximadamente dos metros y una cama de mineral para asegurar la alta permeabilidad de la solución.

Los minerales extraídos del tajo con un tamaño de partícula P80 de tres pulgadas (ROM) son transportados al *pad* de lixiviación y descargados en las pilas de una manera ordenada según la secuencia de apilamiento programada por el área de procesos y planeamiento. Las pilas tienen una altura aproximada de 10 a 12 metros por cada nivel de apilamiento distribuir uniformemente el peso del mineral y no dañe la geomembrana, también para formar un talud con un ángulo de reposo que permita a la pila de lixiviación tener la estabilidad geotécnica suficiente el proceso de riego.

Terminado el apilamiento de mineral en cada nivel se realiza la remoción de toda el área superior de la pila usando un tractor con *ripper*, esto para eliminar la compactación del mineral en la superficie que ocasiona encharcamientos y canalizaciones en el proceso. Las celdas se construyen de manera similar en diferentes partes del *pad* en función a la disponibilidad de área y los criterios operativos de producción. Es importante el control de las variables en el proceso de lixiviación en el *pad*, debido a que permiten optimizar el proceso de recuperación del oro si es que estos con parametrizados, medidos y controlados, y los más importantes son:

Ratio de riego. Es la cantidad de solución cianurada que se dosifica al mineral en todo el ciclo de producción para la extracción de oro, esta variable se mide en m^3/t de mineral y es de gran importancia ya que es la variable controlante de la extracción.

Tasa de riego. Es la cantidad de solución que se adiciona en un área específica del *pad* por un tiempo determinado, esta variable se mide el $lt/hr-m^2$ como control diario de la

solución cianurada que se está dosificando, ayuda a poder llegar al ratio de riego final del ciclo de producción.

Distribución granulométrica. Los minerales antes de ser procesados necesitan una preparación y acondicionamiento necesario para entrar proceso de lixiviación, es importante tener una distribución de tamaño que le permita al mineral ser apilado en el *pad* y a que la solución lixivante con cianuro pueda percolar sobre esta pila de material acumulado por los intersticios entre tamaño de partículas. También es importante para la liberación del oro del mineral y en incrementar la superficie de contacto entre mineral y solución cianurada.

Ciclo operativo de riego. Es la configuración del riego en el ciclo productivo del mineral, normalmente un mineral apilado en el *pad* tiene un ciclo de riego total de 45 a 60 días, pero la distribución de la tasa de riego es diferente en cada etapa de humectación, producción y agotamiento. Esta configuración permite optimizar la cinética de extracción de oro pues en la etapa de producción se necesita mayor cantidad de solución cianurada que en las otras etapas.

Conductividad hidráulica. Es la capacidad del mineral para dejar pasar la solución cianurada dentro de su configuración en el apilamiento, el material apilado y con una distribución granulométrica ejerce una resistencia al paso del flujo el cual tiene que ser controlado para favorecer al proceso de lixiviación. Tiene una influencia directa en la granulometría, litología, porcentaje de finos, cantidad de arcillas y altura del *pad* de lixiviación.

Sistemas de riego. En Summa Gold se utilizan los sistemas de riego por inspección y goteo, estos sistemas son armados en las pilas de lixiviación para entregar de manera controlada la solución cianurada que requiere el mineral para el proceso de lixiviación.

Riego de taludes. Los taludes son las partes laterales de las pilas, que en el proceso de apilamiento ejercen un ángulo para el reposo y estabilidad del mineral, representan un área

importante de la pila de lixiviación, pero una dificultad significativa para el riego debido al ángulo de reposo. El riego de taludes es importante pues hay una importante fracción de mineral fresco que puede ayudar a incrementar la extracción del oro y sobre todo garantizar el ratio de riego óptimo de todo su ciclo operativo en lixiviación.

Coeficiente de uniformidad. Es la medición de la uniformidad del riego en toda la celda, por eso la importancia del diseño de la malla de riego para que cada m² de área de la celda sea regada por la misma cantidad de solución.

Porcentaje de taponamiento. Es la medición del porcentaje de los aspersores del sistema de riego que no tiene una buena eficiencia y que no riega al mismo caudal que los demás, es importante para programar los mantenimientos o cambios de aspersores para incrementar la uniformidad de la celda y la tasa de riego.

4.2.7. Proceso de Recuperación del Oro por Carbón Activado

En el proceso de adsorción la solución *Pregnant* (rica) proveniente del *pad* con alto contenido de complejos oro y plata, pasa en contracorriente por el lecho de 5 columnas de carbón activado que expone una gran área superficial de contacto, y por un proceso físico intersticial los complejos aurocianurados quedan atrapados en los poros del carbón y la solución progresivamente va descargándose del metal valioso que queda depositado en el carbón.

El proceso de desorción es el proceso inverso al de la adsorción. El carbón rico en oro es procesado en reactores a presión y temperatura para debilitar los enlaces entre el carbón y el complejo aurocianurados y que en contracorriente es liberado por la solución de elución. La solución super rica extraída del carbón activado es enviada a las celdas de electrodeposición para formar los lodos que posteriormente serán fundidos y transformados en barras doré, producto final del procesamiento de minerales auríferos (Wills, 1992). En la etapa de desorción se extrae los valores adsorbidos por el carbón activado, mediante el

proceso denominado desorción a presión. Para ello se calienta la solución *strip* a la temperatura de 142 °C a una presión de 55 psi, a las condiciones indicadas se recircula la solución eluyente por el reactor cargado con el carbón activado.

4.2.8. Balance Metalúrgico del Proceso

Los balances metalúrgicos realizados en el proceso tienen la finalidad de verificar la contabilidad del oro en cada etapa del proceso, es importante gestionar un balance para poder realizar los modelos de producción proyectados y la producción diaria ejecutada. En Summa Gold se elabora el balance por soluciones y el balance por carbones, cada uno tiene un objetivo específico, el de soluciones en elaborar la producción diaria de los procesos y del carbón en conciliar el balance por soluciones y el oro en recirculación en los procesos de adsorción y desorción

4.2.9. Decisiones Data Driven

Idealmente los datos son recopilados para responder las preguntas del negocio, sin embargo, dependiendo de la estructura de datos, volumen y velocidad en la que se pueden almacenar van a limitar las preguntas que se pueden hacer (Barbu et al., 2022). En Summa Gold se tiene diferentes fuentes de información que se van trabajando en diferentes áreas de la compañía, sin embargo, en muchos casos estas no son aprovechadas/compartidas con otras áreas y se pierde la riqueza de la información, las limitaciones que esto podría generar son principalmente para las jefaturas que toman decisiones.

En la Figura C1, del Apéndice C, se describe el proceso para tomar decisiones basadas en datos, en primer lugar, es necesario recolectar y organizar la información; en segundo lugar, esta información debe ser resumida y analizada; y, en tercer lugar, se debe sintetizar y priorizar acorde a las necesidades del negocio. Luego de seguir los tres pasos mencionados anteriormente se puede tomar una decisión basada en datos, pero además es necesario implementar y medir el impacto de este proceso para encontrar oportunidades de mejora

(Chen et al., 2022).

Para el caso de la mina, las pruebas de campo realizadas constantemente contienen información valiosa para el área de producción, ya que permite tener una visión general del comportamiento que tendrá zonas de trabajo y por ende gestionar de forma eficiente los recursos de la compañía. De acuerdo con lo descrito en la Figura C2, del Apéndice C, es necesario organizar y consolidar información no solo individualmente por áreas sino también en conjunto como compañía, esto permitirá que tener un análisis robusto y mejores decisiones para las jefaturas encargadas.

Las herramientas que ayudan a mejorar la toma de decisiones son:

Caracterización litológica. La formación geológica del yacimiento de mineral de Summa Gold, comprende eventos geológicos característicos de la zona norte del Perú – formación chimú, la concesión Isabelita es producto de múltiples eventos del fluido hidrotermal controlados por diferentes etapas tectónicas. En la médula del pliegue tectónico anticlinal se situaron los intrusivos dacítico, generando zonas de brechas en contacto con la matriz de mineralización. La permeabilidad del manto rocoso o roca caja favorece ascenso del fluido hidrotermal que trae consigo a la zona mineralizada características de una zona de falla que en el tajo se describen como las brechas de contacto.

A partir de la difusión de la mineralización hacia la roca caja de matriz silicificadas rocas areniscas bien definidas, se encuentra a las brechas hidrotermales como transición y las areniscas cuarzosas con presencia de enriquecimiento de metales valiosos como el oro y la plata, y en ciertas zonas de mayor alteración por el interperismo o la presencia de arcillas están las andesitas. La mineralización es en venillas o betilleo en las zonas de fractura de las cuarcitas y areniscas principalmente, así como en zonas de contactos hospedadas en las brechas hidrotermales, con ocurrencia mineralógica principalmente en Jarosita y Goethita. Presencia de sulfuros primarios y secundarios como la pirita, calcopirita, enargita, bornita,

covelina y calcosina característicos de un epitermal de alta sulfuración. Esta caracterización litológica permite conocer el yacimiento de tal manera que los materiales enviados al proceso son caracterizados correctamente y las decisiones operativas en los parámetros metalúrgicos ayudan a incrementar la eficiencia de los procesos.

Modelo geometalúrgico de bloques. Este modelo consiste en la integración geoespacial de variables metalúrgicas dentro del procesos de planificación minera, antes los modelos de estimación de recursos se centraban en características geoquímicas sin importar el comportamiento particular del material. Esta optimización ayuda a interpretar el yacimiento de una manera diferente ya que normalmente el comportamiento metalúrgico no sólo lo define el material valioso a extraer sino los compuestos mineralógicos inertes que lo acompañan. Muchas operaciones han fracasado o reducido su rentabilidad por no caracterizar geo metalúrgicamente su tajo, incrementando sus costos, reduciendo su productividad, deficiencia en la recuperación metalúrgica, malos diseños de planta, etc.

Softwares geometalúrgicos. Son programas geoestadísticos que sirven como herramienta para el diseño cuantificado de los recursos del tajo, pueden georeferenciar cualquier variable en el mapa del tajo para un control eficiente del plan de minado, los más utilizados son *Argis*, *Datamine* y *Minesight*.

Selectividad de mineral. Control operativo colaborativo para la identificación de los materiales que van a ingresar al proceso de lixiviación, análisis de los polígonos de manera particular incluyendo el porcentaje de extracción para optimización en la categorización de los polígonos.

Modelos de extracción de extracción de oro. Para elaborar los planes de producción de corto y largo plazo, se necesita un modelo de recuperación metalúrgica de cada litología del tajo, ya que cada uno tiene una característica mineralógica diferente, por ende, un comportamiento metalúrgico distinto. El proceso de lixiviación es a largo plazo por lo que se

necesita modelar el aporte diario de oro del *pad* para el balance de producción mensual, este modelo es obtenido del conglomerado de pruebas metalúrgicas realizadas en laboratorio metalúrgico

4.3 Conclusión

En el presente capítulo se encuentra una descripción general de los principales términos del proceso de extracción del oro en todas sus fases, la finalidad de este es facilitar el entendimiento de términos técnicos que serán utilizados en adelante. Asimismo, este apartado permitirá evaluar las alternativas de solución que más impacto puedan tener y finalmente lograr el objetivo principal del presente caso de estudio.

Otro aspecto que precisa este capítulo es el uso del *data driven* como herramienta en la toma de decisiones, no sólo como análisis *post mortem* si no también el uso de modelos analíticos para pronosticar el rendimiento de los yacimientos, con el fin de hacer uso óptimo de los recursos, este trabajo es realizado con *softwares* geometalúrgicos.

Capítulo V: Análisis de Causa Raíz

En el presente capítulo, se procedió a identificar las principales causas raíz del problema central, para ello se utilizó el diagrama de Ishikawa (ver Figura 5). Asimismo, se utilizó el análisis de las 7M's del proceso operativo de Summa Gold, y finalmente, para priorizar las causas raíz, se utilizó la metodología DMAIC (Peterka, 2012).

5.1 El Ciclo Operativo UM Summa Gold Corporation SAC.

Summa Gold Corporation es una empresa líder en Perú en el procesamiento de minerales de oro y plata, actualmente la superintendencia de planta procesos es la encargada de gestionar el KPI productivo del porcentaje de extracción de oro y gestionar las estrategias productivas de planta procesos, liderando a 73 personas entre jefes, supervisores, técnicos y personal obrero, con el propósito de cumplir con los planes de producción de oro y plata, garantizando procedimientos eficientes para maximizar la productividad de los procesos. El proceso productivo inicia con la recepción del mineral proveniente de la mina para ser apilado en las celdas de lixiviación del *pad*, donde se extrae el oro y la plata mediante el proceso de lixiviación con solución cianurada, para obtener una solución rica en oro y plata.

Luego la solución percolada rica en oro y plata pasa al proceso de adsorción con carbón activado captando los metales valiosos de la solución en el carbón, el proceso inverso se da en la desorción pues el carbón rico es sometido a presión y temperatura para liberar la carga valiosa en una solución súper rica concentrada de oro y plata.

Con esto se obtiene un precipitado el cual es llevado al horno de retorta para eliminar el mercurio y luego procesado en los hornos de fundición, donde se obtiene el producto final que son las barras doré de oro y plata, las cuales finalmente son comercializadas (ver Figura 6). El área de operaciones es parte fundamental del ciclo operativo, sobre todo porque son los responsables del producto final del modelo de negocio, es decir, las barras doré que finalmente serán comercializadas.

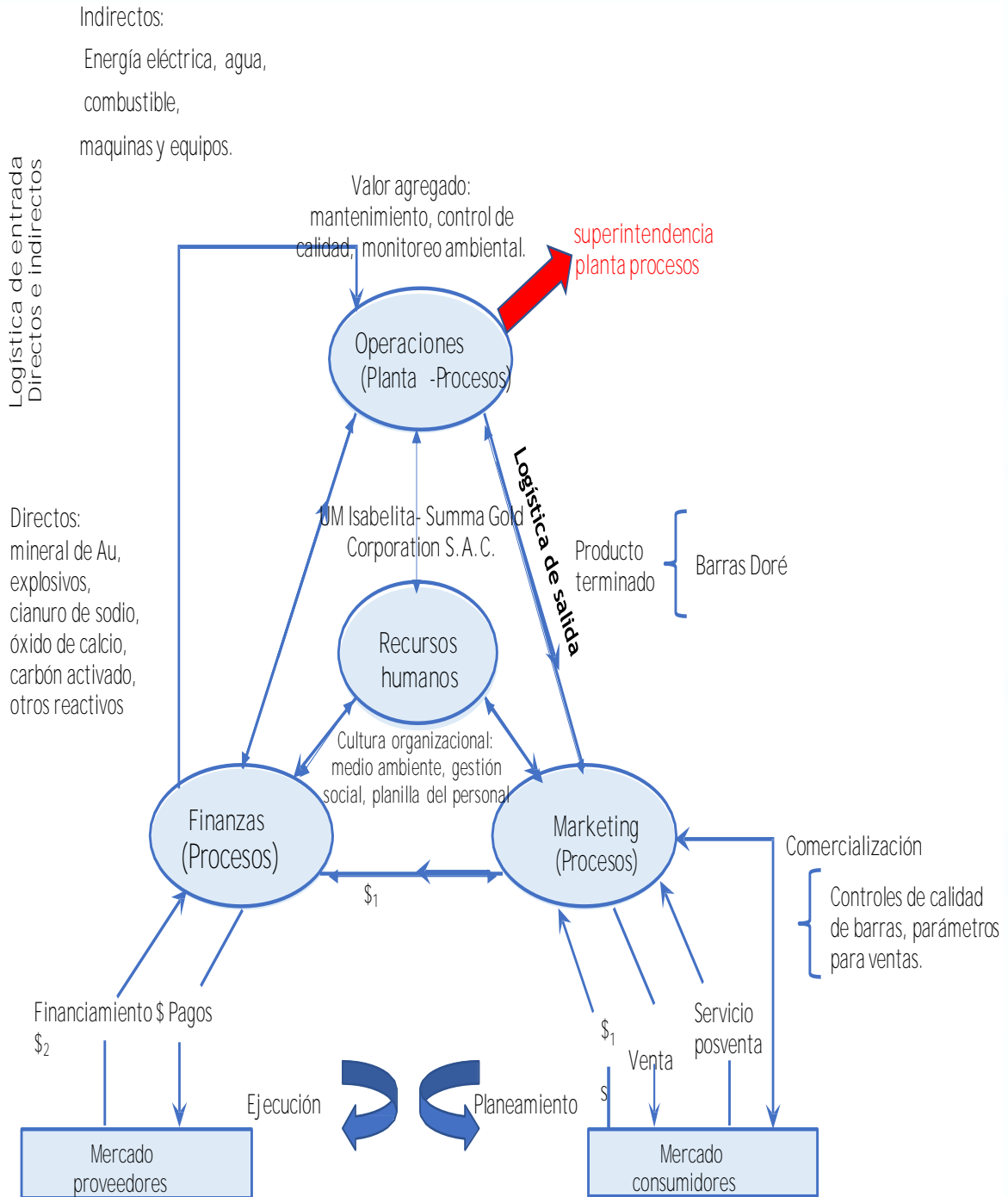
Figura 5

Diagrama de Ishikawa



Figura 6

El Ciclo Operativo UM Summa Gold Corporation SAC



- Orica SA - Cianuro de sodio.
- Exsa - Explosivos.
- Calera Santa Huamachuco - óxido de Calcio.
- Mercantil SA - Carbón activado.
- Certimin SA y ALS Laboratorio - Control de calidad.
- Quimpac SA - Otros reactivos.
- BCP - Financiamiento bancario.

KFPL Refinery - India

Sin embargo, no es la única área si no que trabaja en sinergia con las demás áreas funcionales, en la figura se observa cómo funciona la empresa y sus diferentes áreas: finanzas, principalmente se encargan de gestionar el financiamiento adecuado para que todo el proyecto minero se ejecute, desde la exploración hasta la extracción del mineral; recursos humanos, tiene la responsabilidad de gestionar el mejor capital humano para toda la operación, pero también de tiene que velar por tener una relación cordial con las comunidades aledañas al yacimiento; logística, se encarga de proveer todos los recursos materiales, directos e indirectos, y se mantiene alta comunicación con las demás áreas y, por último, el área de marketing se encarga de todo el proceso de venta y entrega a su principal cliente: KFPL Refinery.

Los clientes internos normalmente son todas las áreas de mina y geología, pues hay una fluida gestión estratégica entre todos para garantizar la cadena productiva, la gestión por procesos en la empresa hace que el propósito principal sea el aliado para lograr el objetivo conjunto buscando siempre el desarrollo sostenible.

5.2. Análisis de las 7M's

El análisis casusa raíz se desarrolló usando el diagrama de Ishikawa representado en la Figura 5, el cual se pueden se detallan las causas del problema en cada una de las 7M's.

Métodos. El método de trabajo para lograr el proceso de recuperación de Au y Ag (Doré), es el proceso de lixiviación en pilas y adsorción con carbón activado. Las causas identificadas son: procedimiento inadecuado del ciclo de riego del mineral, falta de creación de nuevos procedimientos, inadecuado control de variables de proceso de lixiviación y planta e inadecuada interacción de *stakeholders* internos.

Materiales. Los insumos necesarios para el proceso de recuperación de Au y Ag (Doré) son los siguientes: El mineral de Au es el insumo más importante para la producción de dore, los explosivos son utilizados en la excavación del mineral, el cianuro de sodio es el

material utilizado en el proceso de lixiviación del mineral, el óxido de calcio, carbón activado, soda caustica, antiincrustante, ácido clorhídrico. En este apartado se identificaron las siguientes causas: falta consumir cianuro de sodio para la lixiviación, falta de identificación de fases y alto índice de material contaminado.

Mano de Obra. En la mano de obra se requiere un grado de conocimiento y experiencia para que el proceso salga conforme a lo planeado y a lo que se requiere, los puestos involucrados en este proceso son los siguientes: El superintendente de planta es la máxima autoridad, responsable en la mina y la producción. El jefe de metalurgia es el encargado del cumplimiento de los procesos de producción del mineral. Los jefes de guardia son los encargados de la seguridad del yacimiento minero. Los supervisores de planta son los encargados de coordinar y supervisar las actividades necesarias para la producción del oro. Los técnicos de procesos son los encargados de velar por la seguridad en los procesos de extracción. Los operadores de planta son quienes trabajan directamente en la extracción y tratamiento del mineral. Las causas del problema identificado en este apartado son: inadecuada supervisión del avance de minado, bajo índice de personas con conocimientos de programas metalúrgicos, inadecuada ejecución de los procedimientos y personal nuevo sin expertiz.

Moneda. El presupuesto operativo (OPEX) incluye lo siguiente:

La gestión financiera de los recursos gestiona los insumos necesarios para la producción del oro, el responsable del pago planillas gestiona la planilla de toda el área de producción, los responsables de la compra de maquinaria y equipos gestionan la compra de máquinas y equipos necesarios para el procesamiento del mineral. La causa del problema identificado en este apartado fue la ejecución del presupuesto.

Maquinarias. En este punto se definen las maquinarias y equipos necesarios para el proceso que involucran las siguientes áreas y plantas:

Pad de lixiviación, que es el área donde se extraen los solutos utilizando un disolvente, la planta de adsorción, planta de desorción, planta de regeneración química y térmica, planta de fundición, que es el lugar donde se funden las barras de Doré para ser entregadas al cliente. Las causas del problema identificados son: equipos de planta subdimensionados, insuficiente disponibilidad de equipos operativos y falta de utilización de los equipos.

Medio Ambiente. Dentro de la empresa y alrededores existen los siguientes factores: trabajos de alto riesgo, ruido, debido al uso de explosivos para la perforación del yacimiento, lluvias, tormentas, granizo y rayos. Las causas del problema identificados son: insatisfacción laboral y falta de ejecución de monitoreo de mercurio y gas cianhídrico.

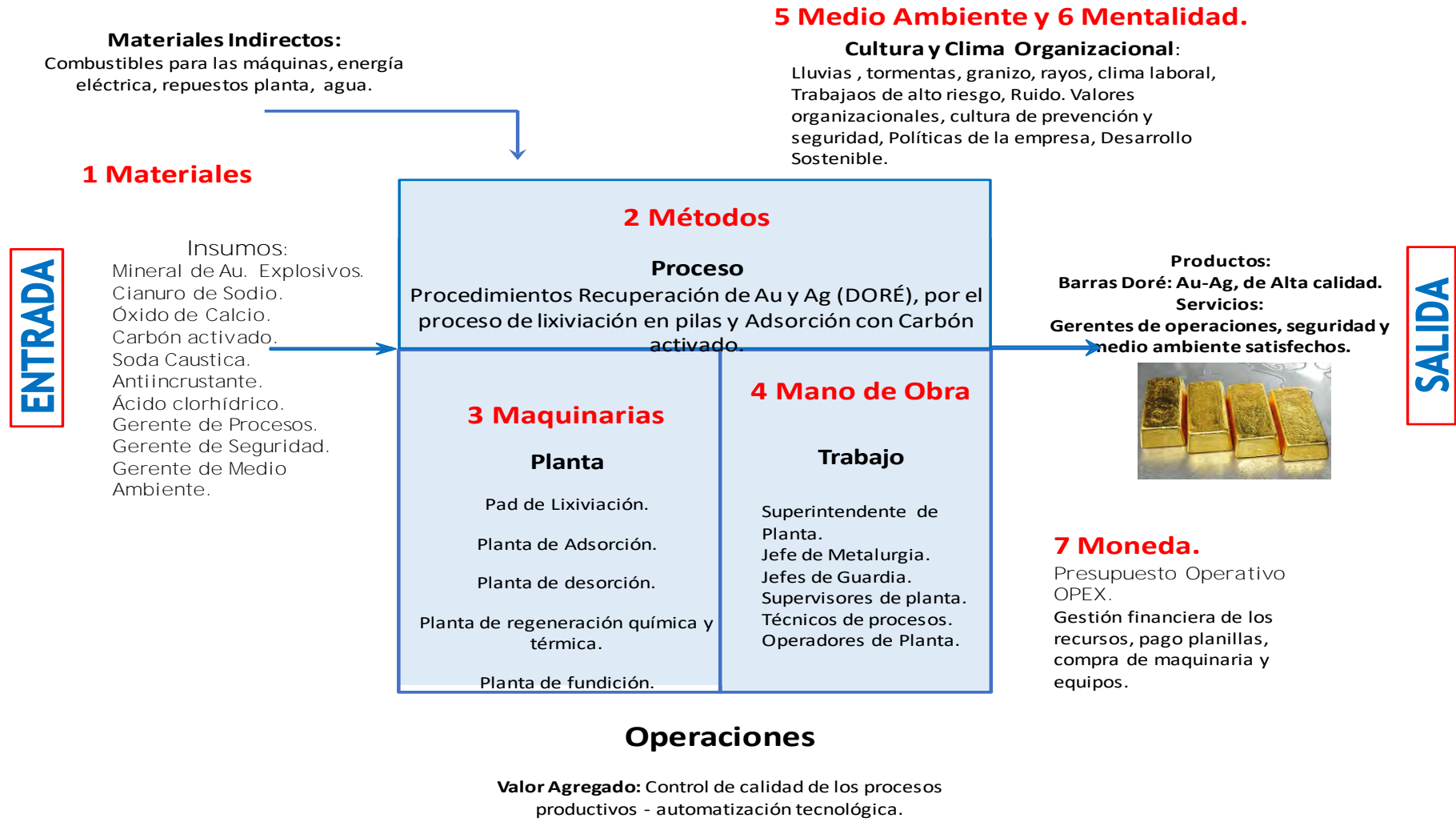
Mentalidad. Se considera:

Clima laboral, la empresa trabaja arduamente para darles el mejor clima laboral, tanto en los campamentos mineros como en los beneficios que les brinda a sus colaboradores, organizacionales, los valores organizaciones de la empresa buscan integridad, responsabilidad, mejora continua y en todos sus procesos el desarrollo sostenible, cultura de prevención y seguridad, debido a los trabajos realizados la seguridad y prevención son temas de mucha relevancia, políticas de la empresa, las políticas de la empresa buscan tener un ambiente sano para trabajar y desarrollo sostenible. Summa Gold tiene un enfoque de producción con enfoque sostenible. En este apartado se identificó que la causa raíz son las sanciones por incumplimiento de los procedimientos.

En la Figura 7 se describe el proceso productivo del *dore*, el cual consiste en la extracción de minerales, procesamiento y refinamiento del mineral, asimismo, se detalla los insumos necesarios y cómo interactúan las áreas para transformar y refinar los minerales con la finalidad de obtener oro y plata de alta pureza, sin dejar de lado el cuidado del medio ambiente.

Figura 7

Diagrama de Proceso - Salida



5.3. Análisis de Métricas

Para la identificación y análisis de métricas optó por usar el método o enfoque DMAIC, este es considerado el enfoque para la resolución de problemas que trabaja con datos de la organización para poder realizar mejoras/optimizaciones incrementales de los diferentes productos, procesos, diseños, etc., este método fue escogido ya que se quiere mejorar un proceso actual en la organización.

Para la recopilación de datos se aplican algunas herramientas ya consideradas en las secciones anteriores como son, el diagrama de Ishikawa, Pareto, entre otras. Además, se listaron las principales métricas que afectan la producción de oro en cada una de las 7M's que se analizaron en el capítulo anterior. Esta metodología permitirá encontrar las causas raíz del problema: el porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción.

Una vez identificado el problema a resolver, el siguiente paso fue listar cada una de las métricas que afectan el problema central, luego se indicaron las metas y los alcances reales, posteriormente se obtuvieron los gaps que presentaban. Por último, se indicó una observación que permita obtener más información sobre la métrica analizada.

5.4. Valoración de la Causa Raíz

Luego de analizar cada una de las causas raíz se procedió a valorar cada una de ellas teniendo en cuenta las siguientes variables: frecuencia del evento, impacto del evento en el problema y probabilidad de solución. De acuerdo con el análisis de métricas se pudieron definir 18 causas raíz por lo que la puntuación máxima será 18 y la puntuación mínima será uno, siendo el número más alto el de mayor probabilidad de ocurrencia.

En la Figura 8 se muestra el gráfico de Pareto, el cual ayuda en la priorización de las causas raíz. Este gráfico ordena de mayor a menor las causas raíz y permite identificar aquellos que suman el 80% de aporte en la solución principal. De las 18 causas raíz se han identificado siete quienes aportan el 80% en la solución, asimismo, este listado es

Tabla 2

Análisis de Métricas

Nro.	Ms	Fórmula	Métricas			Observaciones
			Meta	Real	Diferencia	
1	Mano de Obra	# procedimientos ejecutados correctamente / # procedimientos Monitoreados.	95%	75%	20.0%	Inadecuada ejecución de los procedimientos de Planta.
		#visitas ejecutadas al tajo / # nro. de visitas programadas	100%	20%	80.0%	Inadecuada supervisión del avance de minado
		# trabajadores nuevos en Planta / # trabajadores de Planta.	10.0%	30.0%	20.0%	Alto índice de personal nuevo, carencia de <i>expertise</i> del personal.
		# supervisores capacitados en programas metalúrgicos / # de total de supervisores	60%	20.0%	40.0%	Bajo índice de personas con conocimientos de programas metalúrgicos
2	Método	# procedimientos actualizados / # procedimientos totales.	100%	50%	50.0%	Procedimiento inadecuado del ciclo de riego del mineral
		# de reportes compartidos / # nro. de reportes generados	30%	5%	25.0%	inadecuada interacción de <i>stakeholders</i> internos
		# de controles implementados/ # de controles totales	100%	50%	50.0%	Inadecuado control de variables de proceso de lixiviación y planta
		# procedimientos creados / # procedimientos requeridos.	95%	75%	20.0%	Falta crear nuevos procedimientos.
3	Materiales	cantidad de cianuro de sodio consumido mensual / cantidad de cianuro de sodio proyectado mensual.	98.5%	80.0%	18.5%	Falta consumir cianuro de Sodio para la lixiviación.
		% de material contaminado del plan de minado / % de material extraído	3.0%	10.0%	7.0%	Alto índice de material contaminado enviado al proceso de Lixiviación.
		# de fases identificadas del tajo / # total de fases del tajo	100.0%	15.0%	85.0%	falta de identificación de fases con % de extracción esperada.
4	Maquinaria	# Horas utilizadas de equipos operativos / # horas disponibles de los equipos operativos.	99.5%	98.5%	1.0%	Falta de utilización de los equipos operativos.
		capacidad nominal real/ capacidad nominal requerida	100.0%	80.0%	20.0%	Equipos de planta sub dimensionados
		# equipos operativos en planta / # equipos requeridos en planta.	95.0%	94.0%	1.0%	Insuficiente disponibilidad de equipos operativos en Planta.
5	Medio Ambiente	# monitoreos ambientales ejecutados / Cantidad de monitoreos ambientales planificados.	100%	85%	15.0%	No se ejecutaron algunos monitoreos de mercurio y gas cianhídrico.
		# encuestas satisfactorias de clima laboral / # total de encuestas clima laboral.	100%	92.0%	8.0%	Existen tres personas que están insatisfechas con el clima laboral.
6	Mentalidad	# sanciones por procedimiento incumplido / # máximo sanciones por procedimiento incumplido.	100%	400%	300.0%	No se están cumpliendo los procedimientos. Se registraron ocho sanciones.
7	Moneda	Presupuesto ejecutado / presupuesto estimado.	100.0%	110%	10.0%	Falta de actualización del presupuesto para ejecución del plan de producción.

desarrollado con la ayuda del juicio de expertos del equipo multidisciplinario asignado en el análisis del problema y con la colaboración de las diferentes áreas de Summa Gold.

El siguiente paso que se realizó fue asignarle la frecuencia del evento, seguido por el impacto del evento en el problema, luego la probabilidad de solución, este punto enfocado a que tan rápido podría solucionar el evento la organización. Por último, el producto y la participación que tiene dentro de Summa Gold. Después de todo este proceso se seleccionó los eventos con las mejores puntuaciones, obteniendo una nueva lista de siete causas de las 18 listadas inicialmente, esto quiere decir que si se soluciona el 20% de estas causas se podría asegurar un mayor impacto en el problema central.

5.5. Conclusión

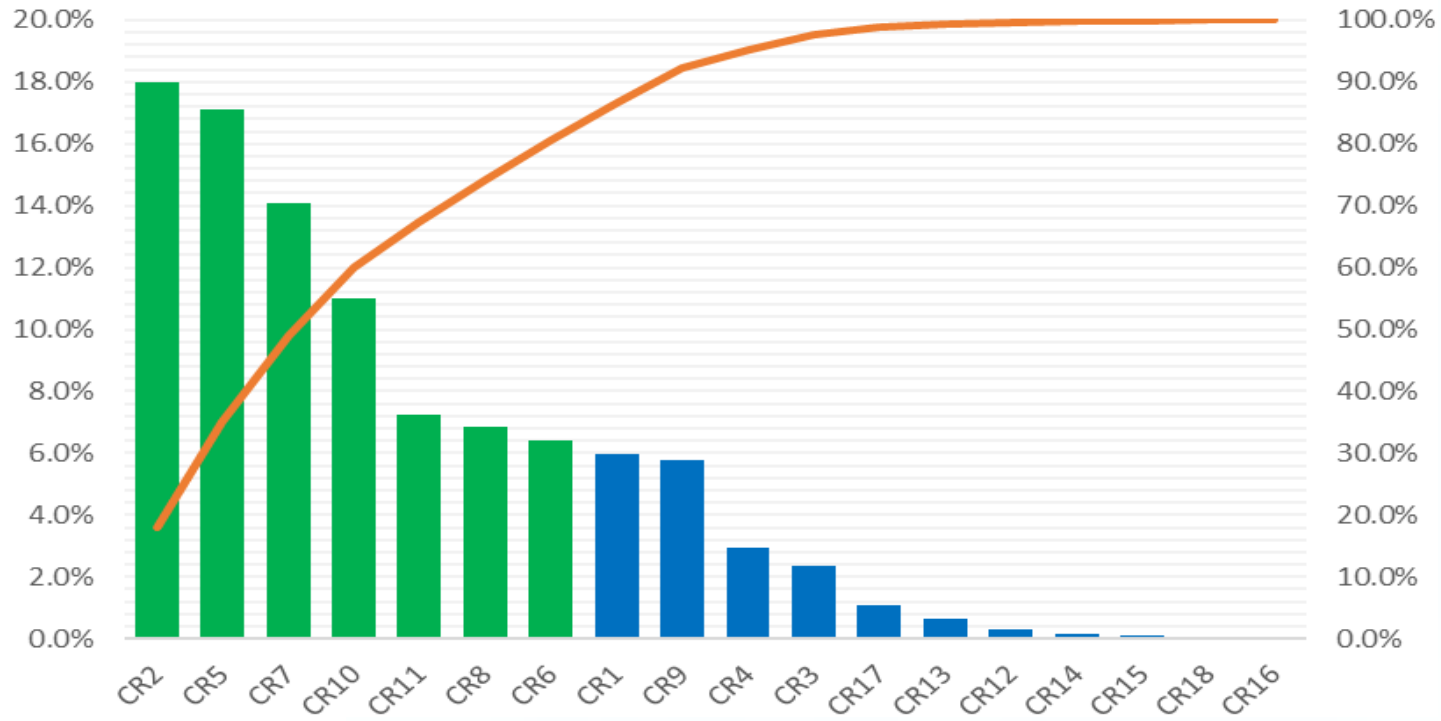
Se concluye que la inadecuada supervisión del avance de minado es la causa principal de no lograr la recuperación de oro esperada. También se identificó que el procedimiento inadecuado del ciclo de riego de mineral, el inadecuado control de variables de proceso de lixiviación y planta, y, además, el alto índice de material contaminado enviado al proceso de lixiviación, son causas que impactan el problema central. Asimismo, la falta de identificación de fases con el porcentaje de extracción esperada, la falta creación de nuevos procedimientos y la inadecuada interacción de *stakeholders* internos forman parte de las causas del problema.

Tabla 3*Matriz Desarrollo Pareto*

Matriz para desarrollar Pareto						
Causa Raíz	Descripción	Frecuencia del Evento	Impacto del evento en el problema	Probabilidad de solución	Producto	% Participación
CR1	Inadecuada ejecución de los procedimientos de Planta.	9	12	15	1,620	6.0
CR2	Inadecuada supervisión del avance de minado	18	15	18	4,860	18.0
CR3	Alto índice de personal nuevo, carencia de <i>expertise</i> del personal.	10	8	8	640	2.4
CR4	Bajo índice de personas con conocimientos de programas metalúrgicos	8	11	9	792	2.9
CR5	Procedimiento inadecuado del ciclo de riego del mineral	16	17	17	4,624	17.1
CR6	inadecuada interacción de <i>stakeholders</i> internos	12	9	16	1,728	6.4
CR7	Inadecuado control de variables de proceso de lixiviación y planta	17	16	14	3,808	14.1
CR8	Falta crear nuevos procedimientos.	11	13	13	1,859	6.9
CR9	Falta consumir cianuro de sodio para la lixiviación.	13	10	12	1,560	5.8
CR10	Alto índice de material contaminado enviado al proceso de Lixiviación.	15	18	11	2,970	11.0
CR11	falta de identificación de fases con porcentaje de extracción esperada.	14	14	10	1,960	7.2
CR12	Falta de utilización de los equipos operativos.	4	4	5	80	0.3
CR13	Equipos de planta sub dimensionados	6	7	4	168	0.6
CR14	Insuficiente disponibilidad de equipos operativos en Planta.	5	3	3	45	0.2
CR15	No se ejecutaron algunos monitoreos de mercurio y gas cianhídrico.	2	2	6	24	0.1
CR16	Existen tres personas que están insatisfechas con el clima laboral.	1	1	2	2	0.0
CR17	No se están cumpliendo los procedimientos. Se registraron ocho sanciones.	7	6	7	294	1.1
CR18	Falta de actualización del presupuesto para ejecución del plan de producción.	3	5	1	15	0.1
		171	171	171	2,7049	100

Figura 8

Gráfico de Pareto de Causa Raíz



Capítulo VI: Alternativas de Solución, Implementación y Control

Después de haber analizado la causa raíz para la solución de los problemas identificados en Summa Gold, en este capítulo se propone y detalla las alternativas de mejora y control para abordar el problema, se analiza la relevancia social de la solución, y se propone actividades para la correcta implementación.

6.1. Mejora y Control

Para poder abordar el problema central de la recuperación del oro esperada y las principales causas raíz, se ha propuesto las siguientes acciones:

Inadecuada Supervisión del Avance de Minado. Las acciones para resolver esta causa es establecer una frecuencia de supervisión en campo del avance del minado en el tajo, e implementar controladores en los procesos de carguío y descarga de mineral. Asimismo, debe haber reuniones diarias del avance de minado con las áreas de geología y mina, implementando el control de los parámetros metalúrgicos de las celdas. El responsable para estas acciones es el superintendente de planta de procesos, y la duración será de dos meses.

Además, el control de evidencias será llevar a cabo mediante registros y reportes como el diario del número total de visitas al tajo y al *pad* de lixiviación por parte de la supervisión de procesos, mina y geología. Los controladores tendrán una hoja de registro del mineral que sale del tajo y del mineral que ingresa al *pad*, para una conciliación de la zona de minado. Se implementará una minuta diaria de las reuniones en campo con la participación de las áreas de geología, mina y procesos, y por último se realizará un reporte semanal del comportamiento metalúrgico de las celdas de lixiviación.

Procedimiento Inadecuado del Ciclo de Riego del Mineral. Las acciones que se realizarán incluyen la reconfiguración de las tasas de riego en función a las etapas de lixiviación del mineral, incrementar la ratio de riego final de los materiales según sus características mineralógicas, el cambio en la distribución granulométrica del mineral a

lixiviación, para mejorar la conductividad hidráulica. También, va a reconfigurar las matrices del sistema de riego de solución cianurada y se va incrementar el ratio de riego en los taludes. El responsable para estas acciones es el superintendente de planta de procesos, y la duración será de tres meses.

El control de evidencias será llevar a cabo, mediante una verificación diaria de las tasas de riego en las celdas del *pad* de lixiviación, un registro del cierre de las celdas con un informe final de los parámetros operativos. Existirá un control diario del P80 (distribución granulométrica), con la ayuda del *portametric*, control diario de los flujos de solución cianurada para cada celda del *pad*, y control del ratio de riego final en los taludes.

Inadecuado Control de Variables de Proceso de Lixiviación y Planta. Para mitigar esta causa se implementará los controles del porcentaje de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego en el *pad*, también se implementará la secuencia de apilamiento por litología, ley de oro y porcentaje de extracción en las celdas de lixiviación. Debe existir un balance de oro para control de las onzas en recirculación del proceso de desorción, y se elaborará memorándum de cada parte del proceso para establecer los valores de los parámetros del proceso. El responsable para estas acciones es el superintendente de planta de procesos, y la duración será de tres meses.

El control de evidencias será llevar a cabo mediante la elaboración del registro diario del mantenimiento de celdas y el % de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego por celda en el *PAD* de lixiviación. Además, se elaborará el diagrama de bloques por celda para el control geometalúrgico y diseño de riego del mineral. Por último, se realizará un balance de oro en todos los *batch* de carbón desorbido de planta de procesos y se tendrá un registro de las capacitaciones a todo el personal involucrado sobre el conocimiento de los parámetros del proceso.

Alto Índice de Material Contaminado Enviado al Proceso de Lixiviación. Para

este punto se va a identificar mineral libre de contaminantes (azufre como sulfuro, TCM, cobre alto, etc.), además, se va a realizar un adecuado proceso de mezclado de mineral con baja conductividad hidráulica, y se llevará un control de la selectividad del material que ingresa al *pad* de lixiviación, definiendo los valores máximos de cada elemento contaminante para el proceso. El responsable para estas acciones es el jefe de metalurgia, y la duración será de tres meses.

Asimismo, el control de evidencias se llevará a cabo mediante un análisis de todos los *blastholes* del tajo de los elementos contaminantes para su identificación, modelo geológico de contaminantes. Se llevará registros del controlador de *pad* de los viajes de material con baja conductividad hidráulica que ingresa al *pad* de lixiviación y se elaborará el informe de la evaluación de cada polígono del mineral que ingresa al *pad* de lixiviación. Por último, se tendrá un registro de pruebas metalúrgicas para definir los parámetros de los materiales contaminantes y su adecuado comportamiento metalúrgico.

Falta de Identificación de Fases con Porcentaje de Extracción Esperada. Las acciones propuestas son llevar un análisis de nuevos controles geo-metalúrgicos (uso de softwares, control de ingreso de mineral por fase, tonelaje y contenido metálico), identificar los comportamientos metalúrgicos de mineral y geolocalización por cada fase del tajo y elaborar los modelos metalúrgicos para cada litología del mineral. El responsable para estas acciones es el jefe de metalurgia, y la duración será de cuatro meses.

Asimismo, el control de evidencias será llevar a cabo mediante el informe de modelamiento geológico por fases de mineral en el tajo, el informe del modelamiento geoespacial de las fases con leyes de contaminantes y porcentaje de extracción, y el informe de las pruebas metalúrgicas para la elaboración de los modelos de extracción por litología.

Falta Crear Nuevos Procedimientos. Para este punto se considera elaborar estándares de trabajo para maximizar los tiempos en cada tarea realizada en planta, trabajar

los nuevos procedimientos para los procesos de lixiviación y planta procesos, así como también la actualización de los procedimientos con los nuevos parámetros establecidos en el proceso. El responsable para estas acciones es el jefe de planta de procesos, y la duración será de dos meses.

Asimismo, el control de evidencias será llevar a cabo mediante el procedimiento y control de la revisión mensual de cada proceso, con un registro de capacitación del personal en procedimientos nuevos y un registro diario de la planificación de los trabajos en los reportes a la gerencia.

Inadecuada Interacción de Stakeholders Internos. Se va a implementar reuniones del comité de geometalúrgia, donde haya la participación de todas las áreas involucradas, de tal forma que se pueda compartir la información de los ensayos de leyes y porcentaje de extracción del modelo para el mapeo geometalúrgicos., y se va redefinición de los polígonos del tajo para evaluar el destino final del mineral. El responsable para estas acciones es el gerente de operaciones, y la duración será de dos meses.

Asimismo, se llevará el control de evidencias mediante la minuta de las reuniones semanales de planificación geometalúrgia de los proyectos, se compartirá la carpeta con la información generada por las áreas de geología, mina y procesos. También se tendrá la minuta de reunión diaria de definición de los destinos de cada polígono del tajo y la creación del grupo de geometalúrgia para las coordinaciones diarias del proceso.

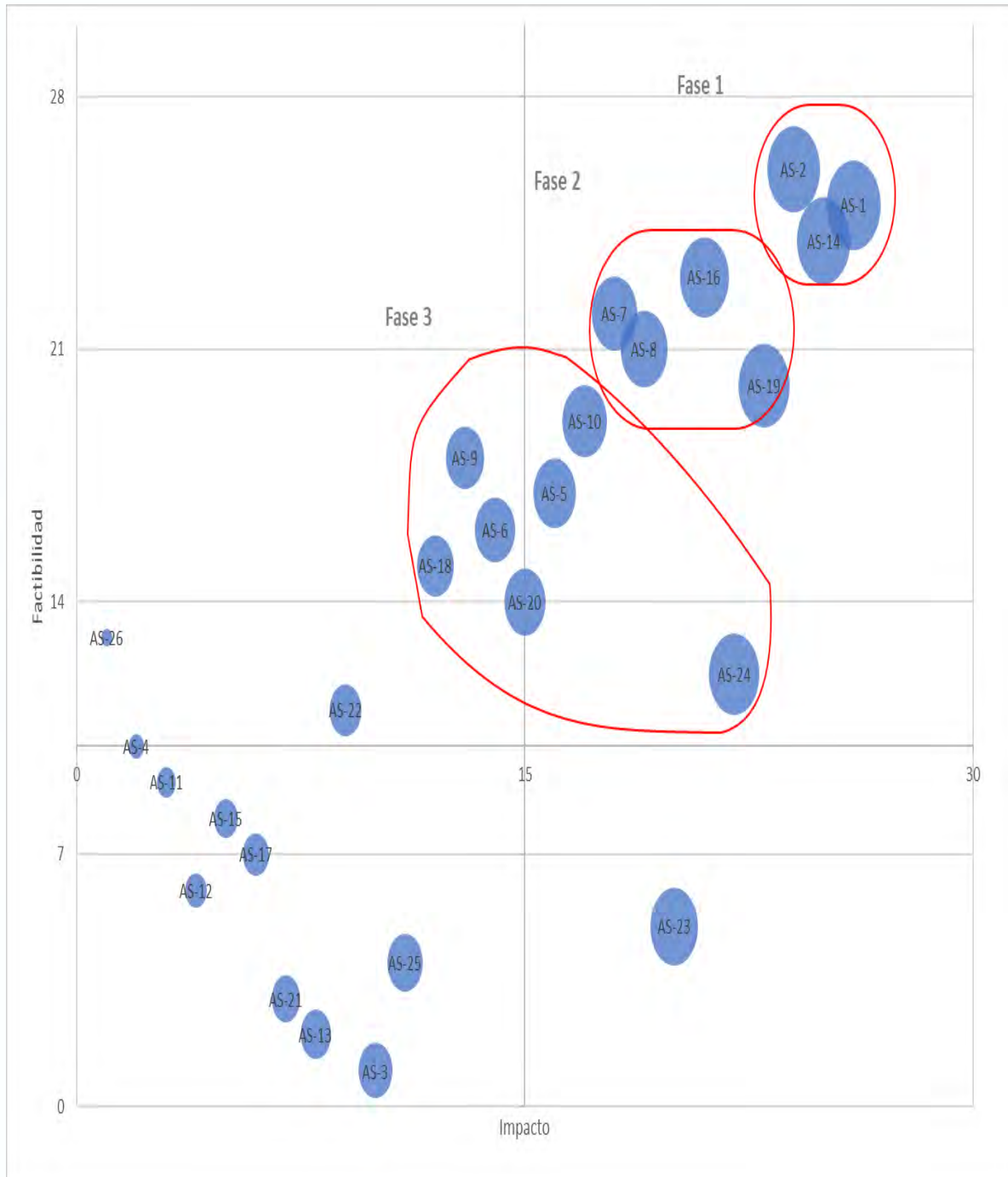
6.2. Priorización de Alternativas de Solución

En este apartado se realizó un proceso de selección de las alternativas de solución (ver Tabla 4), tomando en cuenta la factibilidad y el impacto de cada acción propuesta para resolver las causas raíz detalladas en el capítulo anterior. Una vez obtenida la puntuación para cada acción se agruparon en tres fases para la implementación, la primera con un puntaje promedio de 50, la segunda con un puntaje promedio de 42 y la tercera con un puntaje

promedio de 31, las demás alternativas con un puntaje mejor a 27 fueron descartadas, porque no fueron consideradas como relevantes para la solución (ver Figura 9).

Figura 9

Priorización de Acciones Propuestas por Fases



En la Tabla 4 se muestra el ID y su descripción para una mejor lectura de la Figura 12.

Tabla 4*Proceso de Selección de las Alternativas de Solución*

ID	Acción para resolver la causa raíz a detalle	Suma de Puntaje
AS-2	Implementar controladores en los procesos de carguío y descarga de mineral.	50
AS-14	Identificación de mineral libre de contaminantes (Azufre como sulfuro, TCM, cobre alto, etc.).	49
AS-1	Establecer una frecuencia de supervisión en campo del avance del minado en el tajo.	51
AS-7	Cambio en la distribución granulométrica del mineral a lixiviación, para mejorar la conductividad hidráulica.	40
AS-8	Reconfiguración de los matrices del sistema de riego de solución cianurada.	40
AS-16	Control de la selectividad del material que ingresa al <i>pad</i> de lixiviación.	44
AS-19	Identificación de los comportamientos metalúrgicos de mineral y geolocalización por cada fase del tajo.	43
AS-18	Análisis de nuevos controles geo-metalúrgicos (Uso de softwares, control de ingreso de mineral por faseo, tonelaje y contenido metálico).	27
AS-9	Incremento del ratio de riego en los taludes.	31
AS-6	Incrementar el ratio de riego final de los materiales según sus características mineralógicas.	30
AS-20	Elaboración de los modelos metalúrgicos para cada litología del mineral.	29
AS-5	Reconfiguración de las tasas de riego en función a las etapas de lixiviación del mineral.	33
AS-10	Implementación de con controles del porcentaje de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego en el <i>pad</i> .	36
AS-24	Implementar las reuniones del comité de geo metalurgia, donde haya la participación de todas las áreas involucradas.	34
AS-26	Redefinición de los polígonos del tajo para evaluar el destino final del mineral.	14
AS-4	Implementar el control de los parámetros metalúrgicos de las celdas.	12
AS-11	Implementación de la secuencia de apilamiento por litología, ley de oro y porcentaje de extracción en las celdas de lixiviación.	12
AS-12	Balance de oro para control de las onzas en recirculación del proceso de desorción.	10
AS-15	Adecuado proceso de mezclado de mineral con baja conductividad hidráulica.	13
AS-17	Definición de los valores máximos de cada elemento contaminante para el proceso.	13
AS-21	Elaborar estándares de trabajo para maximizar los tiempos en cada tarea realizada en planta.	10
AS-13	Elaborar memorándum de cada parte del proceso para establecer los valores de los parámetros del proceso.	10
AS-22	Elaborar los nuevos procedimientos para los procesos de lixiviación y planta procesos.	20
AS-3	Reuniones diarias del avance de minado con las áreas de geología y mina.	11
AS-25	Compartir la información de los ensayos de leyes y porcentaje de extracción del modelo para el mapeo geo metalúrgico.	15
AS-23	Actualización de los procedimientos con los nuevos parámetros establecidos en los procesos.	25

Para que las acciones propuestas se desarrollen apropiadamente se incluye los controles de evidencias para cada una de ellas (ver Tabla 5).

Tabla 5*Acciones Propuestas Versus Controles de Evidencias*

Acciones propuestas	Control de evidencias
Establecer una frecuencia de supervisión en campo del avance del minado en el tajo.	Registro diario del número total de visitas al tajo y al <i>pad</i> de lixiviación por parte Los controladores tendrán una hoja de registro del mineral que sale del tajo y del mineral que ingresa al PAD, para una conciliación de la zona de minado.
Implementar controladores en los procesos de carguío y descarga de mineral.	
Reconfiguración de las tasas de riego en función a las etapas de lixiviación del mineral.	Control diario de las tasas de riego en las celdas del <i>pad</i> de lixiviación.
Incrementar el ratio de riego final de los materiales según sus características mineralógicas.	Registro del cierre de las celdas con un informe final de los parámetros operativos.
Cambio en la distribución granulométrica del mineral a lixiviación, para mejorar la conductividad hidráulica.	Control del P80 diario (distribución granulométrica), con la ayuda del <i>portametric</i> .
Reconfiguración de los matrices del sistema de riego de solución cianurada.	Control diario de los flujos de solución cianurada para cada celda del <i>pad</i> .
Incremento del ratio de riego en los taludes.	Control del ratio de riego final en los taludes.
Implementación de los controles del porcentaje de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego en el <i>pad</i> .	Registro diario del mantenimiento de celdas y el % de taponamiento, coeficiente Análisis de todos los <i>blasholes</i> del tajo de los elementos contaminantes para su identificación, modelo geológico de contaminantes.
Identificación de mineral libre de contaminantes (Azufre como sulfuro, TCM, cobre alto, etc.).	
Control de la selectividad del material que ingresa al <i>pad</i> de lixiviación.	Informe de la evaluación de cada polígono del mineral que ingresa al <i>pad</i> de lixiviación.
Análisis de nuevos controles geo-metalúrgicos (Uso de softwares, control de ingreso de mineral por faseo, tonelaje y contenido metálico).	Informes del modelamiento geológico por fases de mineral en el tajo.
Identificación de los comportamientos metalúrgicos de mineral y geolocalización por cada fase del tajo.	Informe del modelamiento geoespacial de las fases con leyes de contaminantes y % de extracción.
Elaboración de los modelos metalúrgicos para cada litología del mineral.	Informe de las pruebas metalúrgicas para la elaboración de los modelos de extracción por litología
Implementar las reuniones del comité de geo-metalurgia, donde haya la participación de todas las áreas involucradas.	Minuta de las reuniones semanales de planificación geo-metalúrgica de los proyectos.

6.3. Relevancia Social de la Solución

El proyecto comprende un importante índice de personal del área de influencia que trabajan para las áreas de geología, mina y procesos. Capacitados en procesos novedosos que darán oportunidad en su formación profesional y gestionar nuevas oportunidades de trabajo. La correcta gestión de los recursos hídricos del entorno podrá mitigar el impacto ambiental de su ecosistema, mejorando la calidad del agua para el consumo humano y la agroindustria.

El incremento de la rentabilidad del proyecto ayuda a generar nuevas oportunidades

de inversión para programas de salud, educación, procura local, saneamiento y mayor inversión en obras por impuesto y favorecer a la creación de desarrollo de empresas locales. Uno de los objetivos principales de Summa Gold es erradicar la minería ilegal, que afecta la imagen institucional y los procesos productivos, esto se logrará con el desarrollo de las fases de minado del tajo según la proyección de *LOM*.

6.4. Implementación

Luego de indicar las alternativas de solución para el problema principal de Summa Gold, se propone un plan de actividades de tres fases, los cuales están planificados en un periodo de 12 meses desde la entrega del documento. En el Apéndice B se muestra la planificación de actividades descritas en este capítulo, en este apartado se especifican los tiempos y personas responsables necesarias, el inicio sugerido de cada actividad y la duración estimada para la implementación. Se tiene un total de 52 actividades que requiere un total 3498.57 horas hombre con un presupuesto estimado de S/28,932.71.

6.5 Conclusión

Gracias a la metodología DMAIC se pudo identificar las siete principales causas raíz que afectan el problema central. En este apartado se procedió a detallar las acciones correctivas para cada una de ellas, así como los controles pertinentes para que se puedan resolver. Un aspecto importante de esta metodología es ir mejorando cada uno de los procesos productivos de la compañía por lo que el uso de esta metodología se deberá usar de forma frecuente.

El plan de implementación de las tres fases detalla las actividades propuestas, los tiempos y responsables, con el fin de tener un mejor control en las interacciones entre los diferentes procesos involucrados para la recuperación de oro esperada, de modo que se pueda evaluar el avance y realizar los cambios necesarios. En la Tabla 6, se resumen en una lista las alternativas de solución.

Figura 10

Gantt de Implementación

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	nov	dic	tri 1,
1	Proyecto de Implementación Summa Gold	365 días	jue 1/12/22	sáb 18/11/23					
2	Mejoras Fase I	120 días	jue 1/12/22	lun 27/03/23					
3	Minado en el tajo (frecuencia de supervisión)	40 días	jue 1/12/22	lun 9/01/23					
8	Implementar controladores (carguío y descarga miner	30 días	lun 9/01/23	mar 7/02/23					
12	Identificación elementos (contaminantes y límites ope	120 días	jue 1/12/22	lun 27/03/23					
17	Resumen Mejoras #1 Completo	0 días	lun 27/03/23	lun 27/03/23	12;3;8				
18	Mejoras Fase II	152 días	jue 1/12/22	mié 26/04/23	17				
19	Control de selectividad de material (ingreso al Pad de lixiviación)	32 días	lun 27/03/23	mié 26/04/23					
24	Cambio de granulometría del mineral	69 días	jue 1/12/22	lun 6/02/23					
28	Identificación de comportamientos y geolocalización (30 días	lun 27/03/23	mar 25/04/23					
32	Reconfiguración de matrices del sistema	57 días	jue 1/12/22	mié 25/01/23					
36	Resumen Mejoras #2 Completo	0 días	mié 26/04/23	mié 26/04/23	28;32;19;24				
37	Mejoras Fase III	308 días	mié 25/01/23	sáb 18/11/23					
38	Implementación de controles operativos de taponami	14 días	mié 25/01/23	mar 7/02/23					
41	Incremento de ratio de riego en taludes	57 días	mié 25/01/23	mar 21/03/23	35				
45	Reconfiguración de tasas de riesgo	62 días	lun 6/02/23	jue 6/04/23					
49	Elaboración de modelos metalúrgicos	30 días	mar 25/04/23	mié 24/05/23					
52	Incremento de ratio de riego final	15 días	mié 24/05/23	mié 7/06/23	7;11;17;23;27	WB[10%]			
53	Análisis de Nuevos Controles Geo-Metalúrgicos	60 días	jue 6/04/23	sáb 3/06/23	45	Jefe Metalurgia (2)[30%]			
54	Implementar comité de metalúrgia	15 días	mié 24/05/23	mié 7/06/23	7;11;17;23;27	Superintendente Proceso			
55	Resumen Mejoras #2 Completo	0 días	mié 7/06/23	mié 7/06/23	38;28;45;41;5				
56	Supervisión postImplementación	170 días	mié 7/06/23	sáb 18/11/23	51;52;54;53	WB[10%]			

Tabla 6*Alternativas de Solución*

Número Iniciativa	Alternativas de Solución
1	Establecer una frecuencia de supervisión en campo del avance del minado en el tajo.
2	Implementar controladores en los procesos de carguío y descarga de mineral.
3	Reconfiguración de las tasas de riego en función a las etapas de lixiviación del mineral.
4	Incrementar el ratio de riego final de los materiales según sus características mineralógicas.
5	Cambio en la distribución granulométrica del mineral a lixiviación, para mejorar la conductividad hidráulica.
6	Reconfiguración de los matrices del sistema de riego de solución cianurada.
7	Incremento del ratio de riego en los taludes.
8	Implementación de los controles del porcentaje de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego en el <i>pad</i> .
9	Identificación de mineral libre de contaminantes (azufre como sulfuro, TCM, cobre alto, etc.).
10	Control de la selectividad del material que ingresa al <i>pad</i> de lixiviación.
11	Análisis de nuevos controles geo-metalúrgicos (uso de softwares, control de ingreso de mineral por fase, tonelaje y contenido metálico).
12	Identificación de los comportamientos metalúrgicos de mineral y geolocalización por cada fase del tajo.
13	Elaboración de los modelos metalúrgicos para cada litología del mineral.
14	Implementar las reuniones del comité de geo metalurgia, donde haya la participación de todas las áreas involucradas.

Capítulo VII: Resultados Esperados

Las estrategias planteadas generan valor para la empresa, y para que puedan tener una ejecución más práctica se ha conversado con la dirección de la empresa y las áreas técnicas operativas involucradas, pues hay muchas actividades que van relacionadas y que se centran en un objetivo específico para poder incrementar el porcentaje de recuperación de oro en el *pad* de lixiviación. En la planificación estratégica las acciones de mejora, se pudo identificar que se puede centrar en dos puntos claves como medida central de ejecución, en mejorar la calidad del mineral enviada al *pad* de lixiviación y en mejorar el control de los parámetros operativos de lixiviación, con ello se obtuvo los siguientes resultados:

El proyecto está dividido en tres fases, la primera fase se enfoca en identificar correctamente los elementos contaminantes que afectan al proceso de lixiviación y mejorar el control operativo, evitando que estos elementos contaminantes sean enviados al *pad* de lixiviación, esta fase tiene una duración de 120 días para su implementación y son la base principal para ejecutar la segunda fase, es decir, son actividades predecesoras para la implementación. La segunda fase se enfoca en la optimización de procesos, análisis e identificación de variables críticas que afectan al proceso, en esta fase no sólo es importante la calidad de mineral que ingresa al *pad*, sino también de mejorar las condiciones operativas/óptimas para asegurar el buen performance metalúrgico, esta fase tiene una duración de 152 días y son actividades que se pueden trabajar en paralelo a la primera fase. La tercera fase se enfoca en el control y aseguramiento de la alta eficiencia de los procesos, con el objetivo de optimizar la variabilidad e incrementar la probabilidad de superar los valores esperados en la recuperación de oro y plata, conjugando las variables analizadas, iterando el buen control de la calidad de mineral con el incremento de la eficiencia de riego en el *pad* de lixiviación, esta fase tiene una duración de 308 días, son actividades de gran importancia y para poder ejecutarlas se deben de haber realizado las fases uno y dos del proyecto. Todo lo

descrito se presenta en el diagrama Gantt (ver Apéndice B).

7.1. Mejora de la Calidad de Mineral al *PAD* de Lixiviación

Este plan de acción tiene como objetivo el mejorar las características del mineral que se va a enviar al *pad* de lixiviación, para que no altere el comportamiento metalúrgico y mitigar la extracción del mineral. Hay materiales dentro del yacimiento que perjudican significativamente el comportamiento metalúrgico, y cualquier acción complementaria para mejorar la extracción va a ser influenciada negativamente, si no se controla esa variable significativa del proceso.

Establecer una Frecuencia de Supervisión en Campo del Avance del Minado en el Tajo. Esta iniciativa sugiere una frecuencia diaria de supervisión de campo en conjunto de las áreas que puedan interpretar el comportamiento geometalúrgico del yacimiento, con la finalidad de establecer un procedimiento efectivo del control mineralógico y la toma de decisiones interpretativas para evitar enviar mineral contaminado al *pad* de lixiviación que afecten significativamente al objetivo de incrementar la recuperación de oro.

El indicador de éxito es porcentaje de cumplimiento de supervisión, la formulación sugerida es: días supervisados / días del mes.

El resultado esperado es tener un alcance de 100%, en otras palabras, se pretende tener una supervisión efectiva constante de dos veces por turno, en los cambios de guardia se debe planificar a detalle el envío de mineral y revisar todos los frentes de minado. Esta actividad impacta directamente al porcentaje de mineral contaminado que ingresará al *pad* de lixiviación y será un nuevo procedimiento aplicado en la unidad minera para mejorar el control de mineral al *pad*, esta actividad es un estándar en otras unidades mineras y han obtenido resultados favorables para el control de su mineral.

Implementar Controladores en los Procesos de Carguío y Descarga de Mineral.

Esta iniciativa pretende mejorar el control y direccionamiento de recursos, los supervisores

de lixiviación, metalurgia y geología dirigen el proceso de minado en el carguío y descarga, pero sobre todo esta interacción hace que la estimación de los recursos sea la correcta y permiten gestionar mejor los equipos de carguío y acarreo en zonas productivas, lo controladores se encargaran de ejecutar las decisiones del avance de minado, y ser el control visual del efectivo carguío de mineral limpio. La complejidad del yacimiento hace que el proceso de minado no sea selectivo por las brechas carbonosas y sulfuradas que interceptan el material limpio en las zonas de contacto, por lo que es importante la supervisión de los controladores para asegurar la selectividad del mineral y minimizar el envío de mineral contaminado al *pad* de lixiviación.

El indicador de éxito es porcentaje de cumplimiento de supervisión de los controladores en la descarga de mineral la formulación sugerida es: número de controladores / frentes de minado. El resultado esperado es tener un alcance de 100% de frentes de minado con una supervisión visual de los controladores para evitar el envío de mineral contaminado al *pad* y el control de la selectividad del polígono.

Reconfiguración de las Tasas de Riego en Función a las Etapas de Lixiviación del Mineral. Esta iniciativa tiene como objetivo redistribuir las tasas de riego en función al ciclo operativo de riego del mineral, ya que en la etapa inicial del proceso de lixiviación los ratios de riego deben de ser mayores por dos motivos: para asegurar una cinética de lixiviación rápida y el aporte de oro según el plan de producción de las celdas, en la etapa de agotamiento las tasas de riego son más bajas ya que el mineral ya no contiene mucho oro por lixiviar y así evitar la dilución de la ley de percolación de la celda. Esta reconfiguración permite asegurar un ratio de riego final mayor a 0.8 m³/T para garantizar el cumplimiento de los parámetros operativos de lixiviación y acusar la baja extracción de oro en las celdas a una mala ejecución de los procedimientos metalúrgicos correctos para garantizar la máxima extracción de oro, pues la variable controlante de la extracción de oro en las celdas es el ratio

de riego.

El indicador de éxito es el ratio de riego, la formulación sugerida es: Ratio de riego $> 0.8 \text{ m}^3/\text{T}$. El resultado esperado es tener el 100% de las celdas apiladas en *leach pad*, con un ratio de riego final mayor a $0.8 \text{ m}^3/\text{T}$, para garantizar el cumplimiento de un ciclo de riego efectivo de las celdas y que esta variable operativa asegure el control de la recuperación metalúrgica del oro.

Incrementar el ratio de Riego Final de los Materiales según sus Características Mineralógicas. Esta iniciativa tiene como objetivo en establecer ratios de riego diferentes para cada litología de mineral, ya que cada litología o tipo de mineral obedece a un requerimiento diferente de ratio de riego, debido a cinéticas de lixiviación y conductividad hidráulica diferente. El tratar de manera particular a cada litología según el requerimiento operativo óptimo ayudará a reducir la variabilidad en la extracción del proceso de lixiviación, ya que en las celdas el apilamiento no es selectivo por litología debido a la disponibilidad del material en el tajo, esto hace que en las celdas de lixiviación haya una distribución heterogénea de mineral por litología, por lo cual esto puede alterar la recuperación final de los materiales con cinética lenta como las brechas y andesitas ya que las celdas por disponibilidad de área de apilamiento tienen un ciclo de riego definido entre 55 a 65 días.

El indicador de éxito es el ratio de riego, la formulación sugerida es: ratio de riego final de celdas con litologías de cinética lenta $> 1.0 \text{ m}^3/\text{T}$. El resultado esperado es tener un ratio de riego final del ciclo operativo de lixiviación mayor a $1.0 \text{ m}^3/\text{t}$. para todas las celdas que se apilen mineral con cinética lenta como brechas y andesitas

Cambio en la Distribución Granulométrica del Mineral a Lixiviación, para Mejorar la Conductividad Hidráulica. Para que el proceso de lixiviación del oro se dé normalmente, se necesita que el metal valioso dentro de la roca matriz se encuentre liberado o expuesto, para que el contacto con la solución cianurada, dependiendo mucho de las

propiedades físicas de la roca (permeabilidad) y de las características mineralógicas del mineral para determinar si el oro está libre dentro de la composición o se encuentra asociado a matrices sulfuradas o silicatos que hacen mayor la probabilidad de encontrar oro refractario con bajo performance en el comportamiento metalúrgico. La reducción de tamaño de mineral en el apilamiento del *pad* aumenta la superficie de contacto mineral/solución, esto ayuda a incrementar la cinética de lixiviación y la probabilidad a que el oro ingrese en matrices de poca porosidad como sulfuros y silicatos se exponga al contacto con la solución cianurada. Asimismo, mejora la conductividad hidráulica del mineral, esto permite incrementar significativamente la tasa de riego del mineral y llegar a un ratio de riego final óptimo que garantice una buena extracción de oro en el *pad* de lixiviación.

El indicador de éxito es el ratio de granulometría, la formulación sugerida es: 80% del mineral volado < 3 pulgadas. El resultado esperado es tener un alcance del 80% del mineral que vaya a las celdas de lixiviación tengan una granulometría menor a tres pulgadas para garantizar la liberación de la partícula valiosa, la conductividad hidráulica, y por ende, mayor probabilidad de una alta recuperación metalúrgica.

Reconfiguración de los Matrices del Sistema de Riego de Solución Cianurada.

Esta iniciativa tiene como objetivo mejorar la uniformidad de caudales y presiones de las mallas del riego en el *pad*, debido a que se configure la misma área de riego para cada malla de las sub-celdas y un diámetro de tubería de alimentación óptimo, para que el caudal nominal (velocidad Fluido 2.0 m/s) de esta tubería este por encima del caudal estimado, para tener una tasa de riego promedio de 16 L/h-m². Esta compensación del flujo en función a la distribución de las matrices permite tener un riego uniforme en todos los sectores del *pad* de lixiviación, y que cada metro cuadrado de mineral en riego reciba un flujo proporcional, garantizando la uniformidad en los ratios de riego y la posibilidad de que todo el material apilado llegue a las extracciones esperadas.

El indicador de éxito es el ratio de riego, la formulación sugerida es: tasa de riego promedio >16 L/h-m². Coeficiente de Uniformidad mayor a 90%. El resultado esperado es tener un alcance del 100% de las celdas con una tasa de riego promedio en el ciclo operativo mayor a 16 L/h-m² con un coeficiente de uniformidad de riego en las celdas mayor al 90% con esto asegurar un riego uniforme en las celdas para que el mineral sea regado correctamente y reducir los sectores en las celdas en el *pad* con baja eficiencia operativa de riego.

Incremento del Ratio de Riego en los Taludes. Los taludes representan un área importante de riego dentro de nuestras celdas de lixiviación que no habían estado siendo aprovechadas correctamente, por la dificultad que implica ponerlas en riego y el criterio de cuantificación de las onzas de oro contenidas. Tener una baja eficiencia de riego en los taludes implica tener una baja extracción en esa parte de la celda, básicamente por no llegar al ratio de riego correspondiente para lograr la extracción de oro esperada, esto hace que se pueda llenar de inventario de oro y no cumplir con el plan de producción programado.

Se analizó y determinó que los taludes representan entre 10% a 30% aproximadamente de la cantidad total de mineral apilado en las celdas, siendo esta área una parte importante de riego, si se quiere llegar a la extracción de oro proyectada, por eso se recomienda poner doble línea de riego en los taludes para llegar a los ratios de riego operativos necesarios para asegurad la recuperación metalúrgica esperada.

El indicador de éxito es el ratio de riego, la formulación sugerida es: Ratio de riego final de talud > 1.6 m³/T. Número de taludes con doble malla/ número total de celdas. El resultado esperado es tener un alcance del 100%.de las celdas que se rieguen con doble malla en los taludes y asegurar un ratio de riego mayor a 1.6 m³/T, esto por el ángulo de inclinación de diseño que tienen los taludes en el apilamiento.

Implementación de los Controles Operativos del Porcentaje de Taponamiento,

Coefficiente de Uniformidad y Tasa de Riego en el *pad*. Esta iniciativa tiene como objetivo en iniciar un control de las variables operativas de lixiviación que controlan la tasa de riego y el ratio de riego final. Estas variables hidráulicas interpretan la eficiencia de riego en las celdas de lixiviación, ya que medir la tasa de riego significa cuantificar la cantidad de solución disponible para regar cada metro cuadrado de área de celda en un tiempo determinado, el coeficiente de uniformidad ayuda a ver si el riego es igual en cada parte de la malla de riego, es decir que en cada punto de la celda se riegue de manera uniforme y el coeficiente de taponamiento ayudará a determinar si el sistema de riego sufre alguna alteración y se tapa producto de los restos de carbón fino del sistema y de los lodos generados en el proceso. Todos estos controles ayudan a realizar un seguimiento diario del riego en las celdas y garantizar el ratio de óptimo para el correcto comportamiento metalúrgico de la celda.

El indicador de éxito es la implementación de controles para cada indicador, la fórmula sugerida es: cantidad de reportes por variable/cantidad total de variables críticas, la frecuencia de entrega debe ser semanal, y los resultados esperados de cada variable son: Tasa de riego $> 16 \text{ L/h-m}^2$, % taponamiento $< 10\%$ y coeficiente de uniformidad mayor a 90% . el resultado esperado es tener la implementación y despliegue de los controles a todas las áreas y celdas del *pad*, asegurando un control semanal del 100% de las celdas bajo riego.

Identificación de Elementos Contaminantes y sus Límites Operativos de Apilamiento. Esta iniciativa tiene como objetivo la identificación de los elementos contaminantes presentes en los minerales del tajo y definición de los valores máximos permisibles para el apilamiento en el *pad* de lixiviación, asimismo se recomienda generar rangos operativos de estos elementos para cada litología que definan un comportamiento metalúrgico establecido, es decir para la identificación de materiales limpios, materiales mixtos o de zonas de contacto y los materiales contaminados, para cada uno de estos generar

un modelo de recuperación metalúrgica que caracterice su comportamiento en las celdas del *pad* y cuantifique la influencia de los elementos como el azufre y el carbón en la recuperación metalúrgica. Este control de la cuantificación de la influencia de los elementos contaminantes en la recuperación metalúrgica ayudará a generar modelos de producción precisos y por ende la correcta planificación de los recursos mineralógicos.

El indicador de éxito es: número de análisis por Carbón y Azufre/ Numero de taladros *blastholes*. El resultado esperado es que al 100% de los taladros operativos *blastholes* realizados en el tajo se les realice el análisis de los elementos contaminantes, para poder identificar los materiales problema y posteriormente caracterizar el comportamiento metalúrgico de la recuperación de oro de manera adecuada.

Control de la Selectividad del Material que Ingresa al *pad* de Lixiviación. El análisis de los *blastholes* para conformar un polígono de mineral ha sido siempre una actividad realizada por geología en la industria minera, según criterios de ley de oro que sea rentable para el proceso de minado, esta iniciativa pretende involucrar a las áreas de procesos y mina para la optimización de los polígonos con criterios de operatividad de minado y porcentaje de recuperación para ser enviados al *pad* de lixiviación, esto sobre todo en las zonas de contacto con mineral contaminado o adyacentes a estos, para poder enviar mineral limpio al proceso de lixiviación y no influya en un comportamiento metalúrgico negativo. Introducir dentro del mapeo litológico el análisis de solubilidad o recuperación de oro en los mapas geospaciales para analizar a detalle polígonos que presentan recuperaciones por debajo del modelo de extracción y reconfigurar los polígonos con la finalidad de optimizar el mineral con un buen comportamiento metalúrgico y la identificación de materiales contaminados.

El indicador de éxito es: número de polígonos analizados/ número total de polígonos. El resultado esperado es el análisis del 100% de los polígonos que se generan en mina puedan

ser analizados con las variables metalúrgicas de extracción y solubilidad y el análisis operativo de minado.

Análisis de Nuevos Controles Geo-Metalúrgicos (Uso de Softwares, Control de Ingreso de Mineral por Fase, Tonelaje y Contenido Metálico). Esta iniciativa tiene como objetivo encontrar las mejores herramientas tecnológicas que permitan utilizar la información geoespacial en conjunto con la información de otras áreas (geología, operaciones, etc.). Esta iniciativa debe encontrar la herramienta con la menor curva de aprendizaje y mayor beneficio para la compañía.

El indicador de éxito es: la implementación y capacitación de la herramienta tecnológica.

El resultado esperado es tener la implementación de la herramienta tecnológica

Identificación de los Comportamientos Metalúrgicos de Mineral y Geolocalización por cada Fase del Tajo. Esta iniciativa tiene como objetivo del mapeo litológico y caracterización del comportamiento metalúrgico del mineral de cada fase, facilitando la dirección de los recursos y priorización de las fases a trabajar. Es importante reconocer e interpretar el yacimiento ya que presenta una diversidad litológica importante, pues los eventos mineralógicos que ocurrieron en cada parte del tajo dependen del proceso de mineralización y caracterizan el comportamiento metalúrgico de manera particular. En la parte superior del yacimiento existen materiales oxidados en su mayoría que favorecen al proceso de lixiviación, pero con una menor ley de oro, mientras más se profundiza el tajo se encontró mayor complejidad mineralógica con zonas transicionales y sulfuradas con un comportamiento metalúrgico desfavorable para el proceso, donde amerita un mayor análisis e interpretación de cuáles son los materiales que son rentables para el minado y ser enviados al *pad* de lixiviación.

Para llegar a este punto es necesario realizar el levantamiento de información (geo

codificación) y posteriormente la creación de capas de información, por eso es importante saber que cada fase del tajo tiene un comportamiento geológico y metalúrgico diferentes, debido a que el desarrollo del minado abarca profundizaciones diferentes presentando particularidades mineralógicas en función a los niveles y zonas específicas dentro del tajo. Un correcto mapeo geo metalúrgico de las fases ayudará a generar planes de producción precisos y optimizados según el objetivo del cumplimiento y a estimar adecuadamente la proyección del comportamiento geo metalúrgico del desarrollo del minado en las fases, asimismo a proyectar zonas de contacto con materiales contaminantes.

El indicador de éxito es: número de fases con mapeo geo metalúrgico/ número de fases del tajo. El resultado esperado es que el 100% de las fases del tajo tengan el levantamiento de información para el mapeo litológico mensual y disponer de la información geoespacial en un periodo no mayor a un mes para proyectar correctamente el comportamiento metalúrgico de cada fase del tajo.

Elaboración de los Modelos Metalúrgicos para cada Litología del Mineral. Esta iniciativa tiene como objetivo desarrollar un modelo matemático que le permita proyectar la recuperación del oro en cada litología/fase, este modelo matemático busca proyectar y optimizar correctamente los recursos. El corazón de la recuperación del oro dentro de las industrias mineras es el proceso de lixiviación, si bien es importante que el mineral que ingresa al *pad* tengan las mejores competencias mineralógicas para la lixiviación, un mal control de las variables del proceso puede influenciar negativamente, así como también saber cómo cumplir con los parámetros operativos y cuál es su influencia en la recuperación del oro. Es importante caracterizar el comportamiento metalúrgico de la recuperación del material simulado en las pilas de lixiviación, debido a que el efecto del ratio de riego en la cinética y porcentaje de extracción tiene que ser correctamente caracterizado, es decir el modelo metalúrgico debe de simular lo que ocurre en los *pad* de lixiviación, con el control e

influencia de todas las variables operativas para elaborar modelos de recuperación confiables. El indicador de éxito es: número de modelos de extracción/ número de litologías del tajo. Por lo que se espera que el 100% de las litologías del tajo tengan un modelo metalúrgico cinético y de extracción de oro.

Implementar el Comité de Geometalúrgia, Donde Haya la Participación de Todas las Áreas Involucradas. Esta iniciativa tiene como objetivo desarrollar un comité interno de geo metalurgia liderado por el jefe de metalurgia. Uno de los factores principales de éxito en una empresa es la interacción entre los *stakeholders* internos para la correcta interpretación de las problemáticas operáticas y ayudar a tomar mejores decisiones para maximizar la eficiencia operativa. Las áreas de procesos, geología, mina planeamiento y gerencia de operaciones, detallan planes operativos de optimización de los procesos en los comités con los proyectos a corto y largo plazo y el seguimiento en una matriz para asegurar el cumplimiento de las mejoras operativas propuestas.

El indicador de éxito es número de reuniones mensuales ejecutadas/ número de reuniones programadas, esperando que por mes se planifiquen y ejecuten como mínimo dos comités de geo metalurgia para garantizar el seguimiento de los proyectos y la generación de nuevas ideas operativas innovadoras. En la Tabla 6 se resume las alternativas de solución y las métricas propuestas para lograr el porcentaje de recuperación de oro esperado.

7.2. Análisis Cuantitativo de la Implementación de las Mejoras

A inicios del año 2022 se realizó el presupuesto anual y el proyectado del LOM (ver Tabla 7), es decir, cuántas onzas al año se van a producir en la vida de la mina y sincerar los recursos totales, teniendo 717,343 onzas totales proyectadas por Summa Gold. Después de la implementación de las mejorar prepuestas, se puede garantizar un incremento en la extracción de oro promedio de 3%, con el cual se aumenta la producción total del LOM en 27,560 onzas de oro para Summa Gold.

En la Tabla 7 se detalla la operación proyectada inicialmente y en la Tabla 8 se detalla los valores proyectados con la mejora en el porcentaje de recuperación de oro. El delta de extracción incremental alcanzado genera una rentabilidad mayor al 12% como promedio anual, generando un incremento en el flujo de caja de más de 5.5MM de dólares (ver Tabla 9), sin realizar una inversión de dinero, más solo en ponerle énfasis a los controles operativos del tajo y del *pad* de lixiviación, pues los recursos están al alcance del capital humano para continuar con las mejoras de los procesos productivos.

Tabla 7

Tabla de Alternativas de Solución y Métricas de Control

Acciones Propuestas	Métricas Propuestas
Establecer una frecuencia de supervisión en campo del avance del minado en el tajo.	Días supervisados/ Días del mes
Implementar controladores en los procesos de carguío y descarga de mineral.	Número de controladores/ frentes de minado
Reconfiguración de las tasas de riego en función a las etapas de lixiviación del mineral.	Ratio de riego > 0.8 m ³ /T
Incrementar el ratio de riego final de los materiales según sus características mineralógicas.	Ratio de riego final de celdas con litologías de cinética lenta > 1.0 m ³ /T
Cambio en la distribución granulométrica del mineral a lixiviación, para mejorar la conductividad hidráulica.	80% del mineral volado < 3 pulgadas
Reconfiguración de los matrices del sistema de riego de solución cianurada.	Coeficiente de Uniformidad mayor a 90%
Incremento del ratio de riego en los taludes.	Número de taludes con doble malla/ número total de celdas
Implementación de los controles del porcentaje de taponamiento, coeficiente de uniformidad y tasa de riego en el <i>pad</i> .	Cantidad de reportes por variable/ Cantidad total de variables críticas
Identificación de mineral libre de contaminantes (Azufre como sulfuro, TCM, cobre alto, etc.).	Número de análisis por Carbón y Azufre/ Numero de taladros <i>blastholes</i>
Control de la selectividad del material que ingresa al <i>pad</i> de lixiviación.	Número de polígonos analizados/ número total de polígonos
Análisis de nuevos controles geo-metalúrgicos (uso de softwares, control de ingreso de mineral por faseo, tonelaje y contenido metálico).	Implementación y capacitación de la herramienta tecnológica
Identificación de los comportamientos metalúrgicos de mineral y geolocalización por cada fase del tajo.	Número de fases con mapeo geo metalúrgico/ Número de fases del tajo
Elaboración de los modelos metalúrgicos para cada litología del mineral.	Número de modelos de extracción/ número de litologías del tajo
Implementar las reuniones del comité de geo-metalurgia, donde haya la participación de todas las áreas involucradas.	Número de reuniones mensuales ejecutadas/ número de reuniones programadas

Tabla 8*LOM Summa Gold Proyectado*

LOM Summa Gold Corporation											
Mineral Procesado	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	Total
Tonejale Procesado (Ktn)	9,236.05	9,383.73	7,693.27	7,556.79	7,598.32	6,030.29	9,070.99	5,712.65	2,608.57	0.00	64,890.66
Au (g/t)	0.37	0.37	0.44	0.44	0.45	0.57	0.38	0.51	0.67	0.00	0.44
Ag (g/t)	1.29	0.98	0.75	0.92	1.06	0.75	0.91	1.14	0.45	0.00	0.96
S2 (%)	0.18	0.13	0.10	0.23	0.27	0.22	0.13	0.31	0.12	0.00	0.19
Rec. Au (%)	67.9%	66.8%	66.5%	69.1%	68.6%	68.6%	70.2%	68.8%	72.4%	-	68.6%
Rec. Ag (%)	9.4%	8.9%	9.0%	8.9%	8.7%	8.7%	8.6%	8.7%	9.3%	-	8.9%
Contenido Au (koz)	109,361	111,751	109,885	107,737	108,928	110,189	111,674	93,072	56,075	0.000	918,671
Contenido Ag (koz)	383,848	295,361	185,500	223,209	258,489	146,028	266,343	209,357	37,805	0.000	2'005,939
Recuperables Au (koz)	74,303	74,662	73,077	74,410	74,676	75,622	78,447	64,012	40,606	0.000	629,815
Recuperables Ag (koz)	36,210	26,280	16,731	19,756	22,612	12,775	22,979	18,284	3,534	0.000	179,159
Recuperables 2da Lixiv Au (koz)	8,068	7,068	7,730	6,130	6,303	5,270	3,482	6,534	1,500	1,500	53,585
Recuperables <i>pad01</i> 2daLixiv (koz)								11,982	11,982	9,979	33,943
Total Recuperables Au (koz)	82,371	81,730	80,807	80,540	80,979	80,892	81,929	82,527	54,088	11,479	717,343
Recuperación (%)	75.3%	73.1%	73.5%	74.8%	74.3%	73.4%	73.4%	88.7%	96.5%	0.0%	78.1%

Tabla 9*LOM Summa Gold Proyectado Incremento de Extracción*

Mineral procesado	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	Total
Tonelaje procesado (Ktn)	9,236.05	9,383.73	7,693.27	7,556.79	7,598.32	6,030.29	9,070.99	5,712.65	2,608.57	0.00	64,890.66
Au (g/t)	0.37	0.37	0.44	0.44	0.45	0.57	0.38	0.51	0.67	0.00	0.44
Ag (g/t)	1.29	0.98	0.75	0.92	1.06	0.75	0.91	1.14	0.45	0.00	0.96
S2 (%)	0.18	0.13	0.10	0.23	0.27	0.22	0.13	0.31	0.12	0.00	0.19
Rec. Au (%)	70.9%	69.8%	69.5%	72.1%	71.6%	71.6%	73.2%	71.8%	75.4%	0.0%	71.6%
Rec. Ag (%)	9.4%	8.9%	9.0%	8.9%	8.7%	8.7%	8.6%	8.7%	9.3%	0.0%	8.9%
Contenido Au (koz)	109,361	111,751	109,885	107,737	108,928	110,189	111,674	93,072	56,075	0.000	918,671
Contenido Ag (koz)	383,848	295,361	185,500	223,209	258,489	146,028	266,343	209,357	37,805	0.000	2'005,939
Recuperables Au (koz)	77,584	78,014	76,374	77,642	77,944	78,928	81,797	66,804	42,289	0.000	657,375
Recuperables Ag (koz)	36,210	26,280	16,731	19,756	22,612	12,775	22,979	18,284	3,534	0.000	179,159
Recuperables 2da Lixiv Au (koz)	8,068	7,068	7,730	6,130	6,303	5,270	3,482	6,534	1,500	1,500	53,585
Recuperables <i>pad</i> 01 2daLixiv (koz)								11,982	11,982	9,979	33,943
Total recuperables Au (koz)	85,652	85,082	84,104	83,772	84,247	84,198	85,279	85,320	55,770	11,479	744,903
Recuperación (%)	78.3%	76.1%	76.5%	77.8%	77.3%	76.4%	76.4%	91.7%	99.5%	0.0%	81.1%

Tabla 10*Estado de Ganancias y Pérdidas Proyectado Summa Gold*

Estado ganancias y pérdidas	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Onzas vendidas	82,371.2	81,729.7	80,807.4	80,539.7	80,979.3	80,891.9	81,929.0	82,527.3	54,088.1
Onzas vendidas incremento de extracción	85,652.0	85,082.2	84,103.9	83,771.8	84,247.1	84,197.5	85,279.2	85,319.5	55,770.3
Variación onzas vendidas	3,280.8	3,352.5	3,296.5	3,232.1	3,267.8	3,305.7	3,350.2	2,792.2	1,682.3
Precio venta del oro	1780.0	1806.7	1756.1	1742.1	1728.1	1714.3	1700.6	1687.0	1,673.5
Incremental de ventas	5'839,858	6'057,009	5'789,103	5'630,515	5'647,227	5'666,906	5'697,367	4'710,342	2'815,230
Costo unitario de ventas	35.1	35.3	35.5	35.6	35.8	36.0	36.2	36.3	36.5
Costo de ventas	115,157	118,262	116,869	115,157	117,012	118,959	121,165	101,487	61,451
Costo unitario operativo	928.6	932.3	936.0	939.8	943.5	947.3	951.1	954.9	958.7
Gastos operativos	3'046,569	3'125,608	3'085,710	3'037,484	3'083,352	3'131,526	3'186,443	2'666,284	1'612,835
Utilidad bruta	2'678,133	2'813,139	2'586,525	2'477,875	2'446,863	2'416,422	2'389,758	1'942,571	1'140,944
Costo unitario administrativo	68.5	67.7	66.9	66.1	65.3	63.3	61.4	59.6	57.8
Gasto administrativo	224,736	226,892	220,426	213,523	213,294	209,290	205,749	166,332	97,207
Costo unitario capex	395.1	383.2	371.7	353.2	335.5	318.7	286.9	258.2	232.4
Gasto capex	1'296,252	1'284,846	1'225,489	1'141,454	1'096,370	1'053,610	961,035	720,855	390,877
Utilidad trabajadores	214,251	225,051	206,922	198,230	195,749	193,314	191,181	155,406	91,276
Utilidad antes de impuestos	942,894	1,076,350	933,687	924,668	941,450	960,208	1,031,795	899,978	561,585
Impuesto a la renta	282,868	322,905	280,106	277,400	282,435	288,062	309,538	269,993	168,475
Utilidad neta	660,025.98	753,444.75	653,581.00	647,267.37	659,014.73	672,145.54	722,256.20	629,984.53	393,109.33
Rentabilidad	11.30%	12.44%	11.29%	11.50%	11.67%	11.86%	12.68%	13.37%	13.96%

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones

Como última parte del contenido de la tesis, en este capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones, que contienen las características generales de la investigación realizada, los resultados obtenidos en el trabajo y las sugerencias que se originaron durante el proceso de estudio.

8.1. Conclusiones

El modelo de negocio de Summa Gold muestra que la mina tiene como actividad principal la extracción y venta del oro y plata, de forma que pueda generar desarrollo sostenible y uso responsable de los recursos, asimismo como objetivo principal proyectan tener una producción rentable alineando todos sus procesos productivos con el cuidado del medio ambiente, mediante la adaptación al cumplimiento de los más altos y rigurosos estándares protegiendo la vida y la seguridad, con el fin de generar valor social en las comunidades donde opera.

Luego de utilizar la matriz de complejidad versus beneficio se detectó que el problema principal es el porcentaje de recuperación de oro por debajo del plan de producción, siendo el objetivo de recuperación de oro un 74.2% de material fresco, sin embargo, de acuerdo la información proporcionada por Summa Gold la recuperación histórica promedio es del 69.8%, es decir 4.4% por debajo del objetivo establecido. Por ello, se tuvo que analizar las fuentes más importantes y los conceptos más relevantes para la investigación del problema como el proceso de extracción del oro y las decisiones de *data driven*.

La revisión de la literatura permitió entender y proponer soluciones al problema principal, teniendo en cuenta el proceso de avance de minado. Asimismo, se pudo conocer los procesos más importantes de extracción de oro, mediante la priorización de fases, el control en el avance de minado, el control en el tamaño de partícula, el control en celdas y el riego de estas.

La principal causa de no lograr la recuperación de oro esperada es la inadecuada supervisión del avance de minado, este se da por fases de desarrollo planificadas de manera operativa para encontrar un equilibrio operativo entre la recuperación del mineral y el descarte de las zonas inertes o desmonte. Es importante tener en cuenta la adecuada estimación de los polígonos del tajo, de tal manera que se pueda discriminar el mineral rico en oro para el proceso y el material inerte destinarlo a los botaderos.

Para asegurar el éxito de los planes a implementar es necesario el uso de la metodología DMAIC de forma frecuente de tal modo en ir mejorando cada uno de los procesos productivos de la compañía, esta metodología permite tener visibilidad y un enfoque riguroso para solucionar problemas. Esta herramienta permitió proponer acciones para resolver la inadecuada supervisión de avance de minado, mejorar el procedimiento del ciclo de riego del mineral y mejorar el control de variables de proceso de lixiviación y planta.

8.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un seguimiento mensual para evaluar los resultados generados después de realizar la implementación de las iniciativas de mejora en los procesos, de esta manera se podrá detectar cualquier irregularidad y corregir a tiempo, lo cual permitirá reducir al mínimo los efectos perjudiciales para el plan de mejora.

Se sugiere que los informes se comuniquen a gerencia y a las áreas de interés con el fin de mantener la visibilidad de los resultados esperados y que el equipo de cada proceso se involucre para potenciar el esfuerzo y alcanzar los resultados esperados.

Para que Summa Gold pueda alcanzar sus objetivos, es importante que sus operaciones se mantengan sostenibles con el medio ambiente y mantener las buenas relaciones con las comunidades aledañas, de tal forma que se evite las paralizaciones por conflictos sociales, condicionando la continuidad operativa en la producción de oro y plata.

Debido a la importancia de la erradicación de la minería ilegal, como uno de los

problemas actuales de la mina, se recomienda a Summa Gold, seguir con las acciones estratégicas para este problema, como implementar propuestas que mitiguen el avance de las actividades de la minería ilegal y desarrollar planes de recuperación de las áreas degradadas por los efectos de las actividades de minería ilegal.

El plan de implementación de mejoras en el porcentaje de recuperación de oro tiene una proyección de tres meses, por lo que se recomienda revisar los resultados y evaluar planes a futuro, ya que la relevancia de mejorar este indicador permite tener una operación rentable.



Referencias

- Arias, T., Fernández, D., Sánchez, Y., & Lasserra, A. (2017). Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la mina oro-barita de Santiago de Cuba. *RTQ* 37(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000300008
- Amanya, F., Ofori-Sarpong, G., Anni, V., & Amankwah, R. (2017). Preg-robbing of gold by carbonaceous materials encountered in gold processing. *Ghana Mining Journal*, 17(2), 50-55.
- Barbu, S., McDonald, K., Brazil-Cruz, L., Sullivan, L., & Bisson, L. (2022). Data-driven decision-making. *In uprooting bias in the academy*, 47-59. Springer, Cham.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(9), 62-72.
- Chen, J., Parra, F., & Zhenning, X. (2022). Data driven marketing for consumer insights. *Association of collegiate marketing educators*, 59. https://acme-fbd.org/wp-content/uploads/2022/03/ACME_2022_Proceedings.pdf#page=77
- De la Cruz, E. (1999). Planeamiento y control de producción en operaciones mineras. *Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO)*, 2(3), 85-106.
- Eugene, W., & Mujumdar, A. (2009). *Gold extraction and recovery processes*. Minerals, metals, and materials technology centre, National University of Singapore.
- Fraser (2011). *Hacia dónde van las inversiones mineras*. Informe de industrias extractivas.
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/ievds/2011/04/21/hacia-donde-van-las-inversiones-mineras-informe-fraser-2011/>
- Habashi, F. (1993). *Principles of extractive metallurgy*. New York, NY: Plenum Press, 2.
- Hedenquist, J., & Arribas, A. (2017). *Epithermal ore deposits: first-order features relevant to exploration and assessment*. <https://www.researchgate.net/publication/319272359>
- Ibrahim, Z., Koubaissy, B., Mohsen, Y., Hamieh, T., Daou, J., Nouali, H., Foddiss, M., & Toufaily, J. (2018). Adsorption of pyridine onto activated montmorillonite clays: effect

factors, adsorption behavior and mechanism study. *American Journal of Analytical Chemistry*, 9(10), 464-481.

Instituto Peruano de Economía [IPE]. (2022, 28 de marzo). *Conflictos sociales costaron más de S/1,500 millones a la minería*. <https://www.ipe.org.pe/portal/conflictos-sociales-costaron-mas-de-s-1-500-millones-a-la-mineria/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20estimaciones%20del%20Banco%20Central,expando%2012%25%20sin%20conflictos%20sociales>.

MEM: No habrá nuevos grandes proyectos mineros hasta dentro de siete años (2012, 26 de setiembre). *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/mem-habra-nuevos-grandes-proyectos-mineros-siete-anos-21208-noticia/>

Minería & Energía. (2022). *Conflictos sociales y minería*. <https://mineriaenergia.com/conflictos-sociales-y-mineria-el-costo-detras-de-las-protestas-mas-de-s-3616-millones-en-riesgo/>

Parga, J., & Carrillo, F. (1996). Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios. *Revista Metal Madrid*, 32(4), 254-261.

Peterka, P. (2012). *El método DMAIC en Six Sigma*. <https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/>

Porter, M. E. (1980) *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. Free Press, New York.

Saxe, R., & Weitz, B. (1982). The SOCO scale: a measure of the customer orientation of Salespeople. *Journal of marketing research*, 19, 343-351.

Summa Gold Corporation SAC (2021). *Estamin*. Documentos internos. Autor.

Summa Gold Corporation SAC (2021). *Minería con enfoque sostenible*. Santiago de Surco - Lima

Torres, J., Mejía, D., Moreyra, P., Oré, J., & Ossco, S. (2021). Geometalurgia y el futuro de

la minería digital en el Perú. *Revista Instituto de Investigación Facultad de Minas Metal Ciencias Geográficas*, 24(47), 163 - 180.

Wills, B. (1992). *Mineral processing technology* (5ta ed.). Oxford, OX: Pergamon Press.



Apéndice A: Sesión de Definición del Problema Central

Sesión de trabajo para validar el listado de los principales problemas, priorización y definición del problema central.

Participantes:

Ricardo Araujo - Gerente de Operaciones

José Nizama - Superintendente de Planta

Juan Miljanovich - Gerente de Área Técnica



Apéndice B: Gantt de Actividades para el Plan de Implementación

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	nov	dic
1		Proyecto de Implementación Summa Gold	365 días	jue 1/12/22	sáb 18/11/23				
2		Mejoras Fase I	120 días	jue 1/12/22	lun 27/03/23				
3		Minado en el tajo (frecuencia de supervisión)	40 días	jue 1/12/22	lun 9/01/23				
4		Elaboración de base de datos geoespacial poligonos	10 días	jue 1/12/22	sáb 10/12/22		Supervisor Ore Control 1(10%)[10%];Supervisor		Supervis
5		Elaboración del modelo litologico por fase.	10 días	sáb 10/12/22	mar 20/12/22	4	Supervisor Ore Control 1(20%)[20%];Supervisor		Su
6		Implementación del sodware Argis para Poligonos	15 días	mar 20/12/22	mié 4/01/23	5	Supervisor Metalurgia 1(30%)[30%];Supervisor		
7		Elaboración del nuevo procedimiento de supervisión de minado	5 días	mié 4/01/23	lun 9/01/23	6	Supervisor Mina 1(15%)[15%];Supervisor		
8		Implementar controladores (carguío y descarga mineral)	30 días	lun 9/01/23	mar 7/02/23				
9		Contratar controladores de cargio y descarga	21 días	lun 9/01/23	sáb 28/01/23	7	Operador Carguio 1(80%)[80%];Operador		
10		Elaboración del procedimiento de cargio y descarga	2 días	sáb 28/01/23	mar 31/01/23	9	Supervisión Lixiviación 1(30%)[30%]		
11		Capacitación del nuevo procedimiento	7 días	mar 31/01/23	mar 7/02/23	10	Supervisión Lixiviación 2(30%)[30%]		
12		Identificación elementos (contaminantes y límites operativos de	120 días	jue 1/12/22	lun 27/03/23				
13		Elaboración del modelo litologico por	10 días	jue 1/12/22	sáb 10/12/22		Supervisor Ore Control 1(10%)[10%];Supervisor		Supervis
14		Pruebas Metalurgicas en Botellas por elementos contaminantes	75 días	sáb 10/12/22	mar 21/02/23	13	Operador Metalurgia 1		
15		Base de datos y elaboración de modelos de recuperación por zonas	14 días	mar 21/02/23	mar 7/03/23	14	Supervisor Metalurgia 2(25%)[25%]		
16		Contratar controladores de cargio y d	21 días	mar 7/03/23	lun 27/03/23	15	Operador Carguio 1(80%)[80%]		

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	nov	dic
17		Resumen Mejoras #1 Completo	0 días	lun 27/03/23	lun 27/03/23	12;3;8			
18		Mejoras Fase II	152 días	jue 1/12/22	mié 26/04/23	17			
19		Control de selectividad de material (ingreso al Pad de lixiviación)	32 días	lun 27/03/23	mié 26/04/23				
20		Elaboración del modelo litológico por	10 días	lun 27/03/23	mié 5/04/23	16	Supervisor Ore Control 3(
21		Elaboración de base de datos geoespacial poligonos	10 días	mié 5/04/23	vie 14/04/23	20	Supervisor Ore Control 1(10%)[10%];Supervisor		
22		Pruebas metalurgicas de botellas de poligonos	9 días	sáb 15/04/23	lun 24/04/23	21	Operador Metalurgia 1(50%)[50%]		
23		Modelamiento geometalurgico de poligonos con argis	3 días	lun 24/04/23	mié 26/04/23	22	Supervisor Metalurgia 1(25%)[25%];Supervisor		
24		Cambio de granulometría del mineral	69 días	jue 1/12/22	lun 6/02/23				
25		Compra de portametric para medir granulometria en linea	2 días	jue 1/12/22	vie 2/12/22		Supervisor Mina 1(10%)[10%]		
26		Pruebas metalurgicas para encontrar la distribución granulometrica optima	60 días	vie 2/12/22	lun 30/01/23	25	Operador Metalurgia 1(30%)[30%]		
27		Rediseño de malla de voladura por fas	7 días	lun 30/01/23	lun 6/02/23	26	Supervisor Voladura 1(25%		
28		Identificación de comportamientos y geolocalización (por tajo)	30 días	lun 27/03/23	mar 25/04/23				
29		Elaboración del modelo litológico por fase	10 días	lun 27/03/23	mié 5/04/23	7	Supervisor Ore Control 1(20%)[20%];Supervisor		
30		Base de datos pruebas metalurgicas por fase	7 días	mié 5/04/23	mié 12/04/23	29	Supervisor Metalurgia 1(20%)[20%];Supervisor		
31		Modelamiento geometalurgico de fases con argis	13 días	mié 12/04/23	mar 25/04/23	30	Supervisor Metalurgia 1(20%)[20%];Supervisor		
32		Reconfiguración de matrices del sistema	57 días	jue 1/12/22	mié 25/01/23				

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	nov	dic
33		Diseño Hidraulico de las troncales de riego	10 días	jue 1/12/22	sáb 10/12/22		Supervisión Lixiviación 1(2)		
34		Compra de sistema de riego adicional	2 días	sáb 10/12/22	mar 13/12/22	33	Supervisión Lixiviación 1(8)		
35		Instalación de lineas de derivación de riego Pad 2 y Pad 3.	45 días	mar 13/12/22	mié 25/01/23	34	Operador Lixiviación 1(10%)[10%]		
36		Resumen Mejoras #2 Completo	0 días	mié 26/04/23	mié 26/04/23	28;32;19;24			
37		Mejoras Fase III	308 días	mié 25/01/23	sáb 18/11/23				
38		Implementación de controles operativos de taponamiento	14 días	mié 25/01/23	mar 7/02/23				
39		Elaboración del nuevo procedimiento de medición de Taponamiento, Coeficiente de uniformidad y tasa de	7 días	mié 25/01/23	mié 1/02/23	35	Supervisión Lixiviación 2		
40		Capacitación a los operadores que ejecutaran la actividad	7 días	mié 1/02/23	mar 7/02/23	39	Operador Lixiviación 1(30%)[30%];Operador		
41		Incremento de ratio de riego en taludes	57 días	mié 25/01/23	mar 21/03/23	35			
42		Diseño Hidraulico de las troncales de riego	10 días	mié 25/01/23	vie 3/02/23		Supervisión Lixiviación 1(2)		
43		Compra de sistema de riego adicional	2 días	vie 3/02/23	lun 6/02/23	42	Supervisión Lixiviación 1(8)		
44		Instalación de lineas de derivación de riego Pad 2 y Pad 3.	45 días	lun 6/02/23	mar 21/03/23	43	Operador Lixiviación 3(10%)[10%]		
45		Reconfiguración de tasas de riesgo	62 días	lun 6/02/23	jue 6/04/23				
46		Diseño Hidraulico de las troncales de riego	10 días	lun 6/02/23	mié 15/02/23	35;27	Supervisión Lixiviación 1(2)		
47		Instalación de lineas de derivación de riego Pad 2 y Pad 3.	45 días	mié 15/02/23	jue 30/03/23	46	Operador Lixiviación 1(10%)[10%]		
48		Elaboración del nuevo procedimiento del ciclo de riego de las celdas de	7 días	jue 30/03/23	jue 6/04/23	47	Supervisión Lixiviación 2(15%)[15%]		
49		Elaboración de modelos metalúrgicos	30 días	mar 25/04/23	mié 24/05/23				

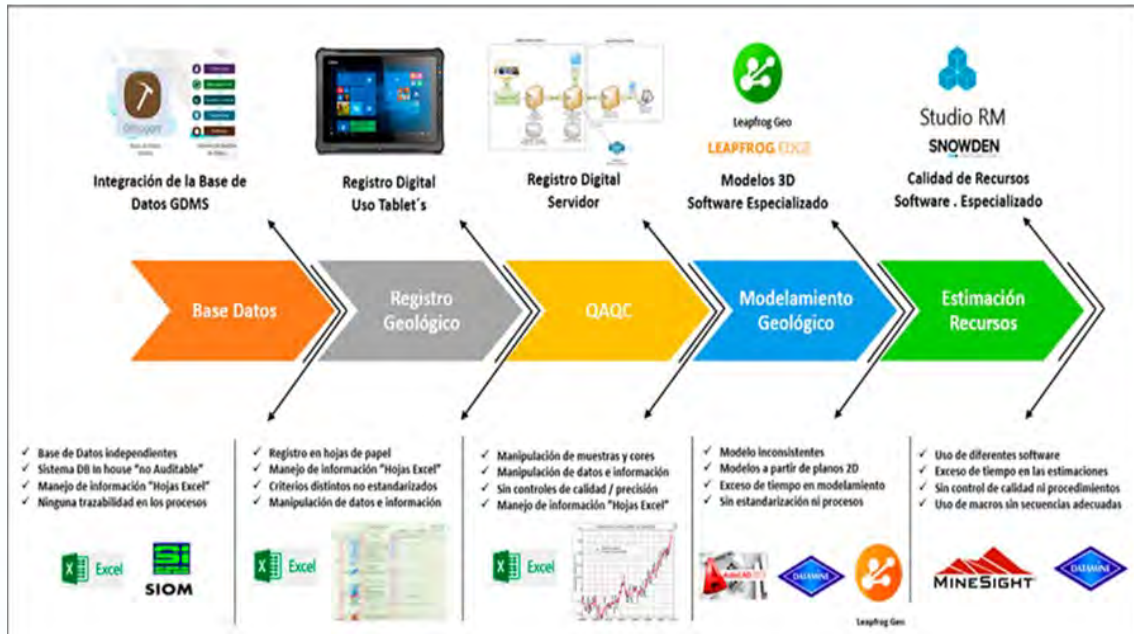
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos		
								nov	dic
50		Base de datos de pruebas metalurgicas para elaboración del	20 días	mar 25/04/23	sáb 13/05/23	16;31	Supervisor Metalurgia 1(20%)[20%];Supervisor		
51		Elaborar modelo de extracción por litc	10 días	lun 15/05/23	mié 24/05/23	50	Jefe Metalurgia[30%]		
52		Incremento de ratio de riego final	15 días	mié 24/05/23	mié 7/06/23	7;11;17;23;27	WB[10%]		
53		Análisis de Nuevos Controles Geo-Metalúrgicos	60 días	jue 6/04/23	sáb 3/06/23	45	Jefe Metalurgia (2)[30%]		
54		Implementar comité de metalúrgia	15 días	mié 24/05/23	mié 7/06/23	7;11;17;23;27	Superintendente Proceso		
55		Resumen Mejoras #2 Completo	0 días	mié 7/06/23	mié 7/06/23	38;28;45;41;5			
56		Supervisión postImplementación	170 días	mié 7/06/23	sáb 18/11/23	51;52;54;53	WB[10%]		



Apéndice C: Figuras Complementarias

Figura C1

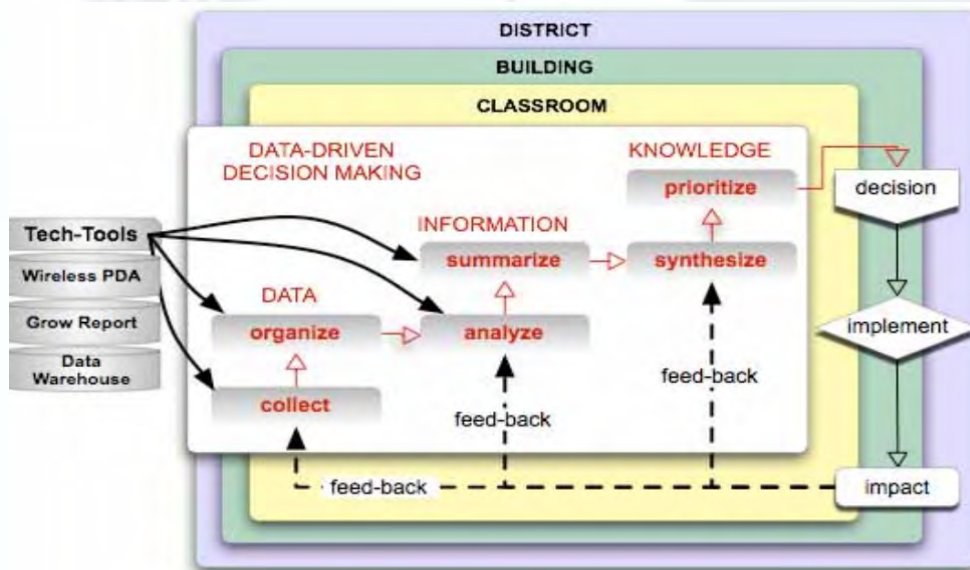
Proceso Geo Metalúrgico y Mejoras en sus Etapas



Nota. Tomado de Geometalurgia y el futuro de la minería digital en el Perú, 2021.

Figura C2

Framework Data Driven



Nota. Tomado de A Theoretical Framework for Data-Driven Decision Making, 2006.

Apéndice D: Carta de Autorización

Trujillo, 12 de abril del 2022


CARTA DE AUTORIZACION

Por medio del presente documento, yo, Ricardo Michel Araujo Coronel, con DNI 18216666, en representación de la empresa SUMMA GOLD CORPORATION S.A.C., con nombre comercial SUMMA GOLD CORPORATION S.A.C., con número de RUC 20522025071, con domicilio fiscal en AV. EL DERBY NRO. 254 INT. 1101 LIMA-LIMA-SANTIAGO DE SURCO, que desarrolla actividades en el rubro de venta al por mayor de metales y minerales metalíferos y cuenta con 337 colaboradores; autorizo a los señores: Rominna Lara Chanduvi, Allison Valera Saavedra, Renato Ramirez Paredes y Nehemías Daniel Rodríguez Trujillo, el uso de la información de la empresa que dirijo, para el desarrollo de su tesis de maestría que cursan de la Pontificia Universidad Católica del Perú.




SUMMA GOLD
CORPORATION S.A.C.

Enrique Chávez Novis
Supervisor de Gestión Humana



Ricardo Michel Araujo Coronel
Gerente de Operaciones

Apéndice E: Agendas de Reuniones de Trabajo

Reunión 1: Definición del problema.

Asistentes: Comité encargado del proyecto de Summa Gold y equipo de tesis.

Fecha de Reunión: 11 de marzo del 2022.

Duración: 4 horas.

En esta reunión se revisó con el equipo tres puntos importantes. El primero fue el planteamiento del problema, el segundo fue la revisión de alternativas a alto nivel y el tercero trató acerca de las consideraciones a tener en cuenta para la resolución del problema.

Reunión 2: Definición de la solución del problema.

Asistentes: Comité encargado del proyecto de Summa Gold y equipo de tesis.

Fecha de Reunión: 25 de marzo del 2022.

Duración: 3 horas.

En esta reunión se coordinó con el equipo acerca de dos puntos importantes. El primero hacía referencia la revisión de alternativas de solución a detalle, considerando los pros y contras de cada una de ellas. El segundo trató acerca del impacto en los *stakeholders* de cada alternativa planteada.

Reunión 3: Priorización de causa – raíz.

Asistentes: Comité encargado del proyecto de Summa Gold y equipo de tesis.

Fecha de Reunión: 15 de abril del 2022.

Duración: 2 horas.

Durante esta reunión de evaluaron las alternativas de solución de acuerdo al análisis de las 7M's, priorizándolas de acuerdo a su impacto en el problema ya definido, con la finalidad de poder establecer un proceso de solución estructurado.

Reunión 4: Presentación del proyecto.

Asistentes: Comité encargado del proyecto de Summa Gold y equipo de tesis.

Fecha de Reunión: 27 de mayo del 2022.

Duración: 2 horas.

Durante esta sesión se presentó la propuesta de solución ante el comité encargado del proyecto por parte de Summa Gold, con la finalidad de poder obtener retro alimentación y consideraciones adicionales por parte de ellos a la solución propuesta.

