

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE
CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE
RELAVES EN LA PROVINCIA DE YAUYOS**

TOMO I

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR
THOMAS LEONARD BRAULIO VILCA VILCHEZ
ID: 0009-0007-2674-2968

ASESOR
MBA. JOSÉ ANTONIO SALGADO CANAL
ID: 0000-0002-5298-0704

LIMA - PERÚ

2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos”.

Thomas Leonard Braulio Vilca Vilchez

tvilcav@uni.pe

Telf. 967-981-922

DEDICATORIA

A mi madre, que siempre me ha apoyado y se ha esforzado para mi crecimiento profesional y como persona. Ella es quien me ha inculcado los valores que me han convertido en la persona que soy. Todo mi progreso es gracias a ella.

A mi familia, los cuales son el empuje necesario para que siga avanzando con mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor el MBA ing. José Salgado por darme el apoyo y guía en la elaboración del presente trabajo de suficiencia profesional, proporcionando parte de su tiempo y conocimiento para el desarrollo de un buen trabajo.

Agradezco al personal de la facultad que realizó el seguimiento de toda la documentación generada en este proceso de titulación.

También agradezco a todas las personas que han sido partícipes de mi crecimiento personal, tanto en el ámbito profesional como humano; en lo profesional dándome oportunidades de trabajo, aprendizajes, enseñanzas y experiencias nuevas, fortaleciendo mis conocimientos y apostando por mis capacidades; en lo humano, por inculcarme valores y principios necesarios en este proceso de mi vida, haciéndome una mejor persona para la sociedad.

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract.....	5
Prólogo.....	6
Lista de figuras	7
Lista de tablas.....	8
Lista de símbolos y siglas	9
Capítulo I: Introducción.....	10
1.1 Generalidades.....	10
1.2 Descripción del problema de investigación	11
1.3 Objetivos.....	17
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Marco teórico	21
2.2.1 Gestión de proyectos.....	21
2.2.2 Gestión de calidad.....	22
2.2.3 Planificación de la gestión de calidad	23
2.2.4 Control de calidad.....	26
2.2.5 Aseguramiento de control de calidad	29
2.3 Marco conceptual.....	30
2.3.1 Presas de tierra	30
2.3.2 Sistema de suelo reforzado	30
2.3.3 Sistema de impermeabilización	30
2.3.4 Relaves	31
2.3.5 Falla de presas de tierras	31
2.3.6 QA (Quality Assurance).....	32
2.3.7 RFI (Request For Información)	32
2.3.8 RFC (Request For Comments).....	32
2.3.9 NCR (No Conformance Report).....	32
2.3.10 LOG (Registro)	33
2.3.11 Ensayo	33
2.3.12 Protocolo	33
2.3.13 Planos as built	33
2.3.14 Dossier	33

Capítulo III: Análisis de la situación actual de la gestión de calidad del	
 proyecto.....	34
3.1 Descripción de la organización.....	34
3.1.1 Equipo de control de calidad CQC.....	34
3.1.2 Equipo de aseguramiento de la calidad CQA	35
3.2 Descripción del proyecto.....	36
3.2.1 Ubicación del proyecto	36
3.2.2 Acceso al proyecto	38
3.2.3 Descripción de las actividades de ejecución.....	39
3.3 Supervisión CQA	43
3.3.1 Descripción de la experiencia profesional.....	43
3.3.2 Organigrama del proyecto	44
3.3.3 Stake holders	46
3.3.4 Cronología de ejecución del proyecto.....	47
3.3.5 Autorizaciones y recursos.....	48
Capítulo IV: Diseño de los procesos de gestión de calidad y aseguramiento	
 de la calidad	50
4.1 Planificación.....	50
4.1.1 Objetivos de calidad	54
4.1.2 Documentos legales	55
4.1.3 Expediente técnico	55
4.2 Ejecución	56
4.2.1 Supervisión de la preparación de material.....	59
4.2.2 Supervisión de campo	60
4.2.3 Inspecciones de campo.....	61
4.2.4 Supervisión en gabinete	62
4.2.5 Auditorias	62
4.3 Seguimiento y control.....	63
4.3.1 Gestión de cambios.....	63
4.3.2 Protocolos de calidad	67
4.4 Cierre	69
4.4.1 Dossier de calidad	69
Capítulo V: Implementación de los procesos de gestión de calidad en el	
 proyecto.....	70
5.1 Planificación.....	70

5.2	Ejecución	71
5.2.1	Inspecciones y auditorias	71
5.2.2	Manejo de información de calidad del proyecto	72
5.3	Control	73
5.3.1	Control de los cambios	73
5.3.2	Registros y protocolos	75
5.4	Cierre	76
5.4.1	Dossier de calidad	76
5.5	Evaluación y análisis de la gestión del proyecto.....	77
5.5.1	Pruebas de campo – Liberación de capas compactadas	77
5.5.2	Análisis de los resultados de compactación de capas compactadas ...	82
5.5.3	Ensayos de laboratorio	85
5.5.4	Protocolos de geosintéticos	85
5.5.5	Análisis de reporte de no conformidad.....	86
5.6	Mejora continua	88
5.6.1	Mejora continua	88
5.6.2	Lecciones aprendidas.....	89
	Conclusiones	92
	Recomendaciones	94
	Referencias bibliográficas	96

RESUMEN

Las presas de tierras para el almacenamiento de relaves son estructuras muy importantes en magnitud y en seguridad, mayormente estas estructuras están ubicadas a 4,500 msnm y su construcción se ejecuta con fuertes cantidades de inversión; además contienen retenido en su vaso, una inmensa cantidad relaves (producto altamente contaminante), haciendo de suma importancia la correcta ejecución y operación de la misma.

La presa de tierra Yauricocha, ubicada en la provincia de Yauyos es una estructura perteneciente a un conjunto de empresas denominada Sociedad Minera Corona S.A. (referido en adelante como El Cliente). en este caso se he realizado la inversión de 2,6 millones de dólares para el recrecimiento de 2,0 metros de altura.

En el presente trabajo se ha detallado la metodología con la cual se ha implementado la gestión de calidad al proyecto de recrecimiento de depósito de relaves. Se utilizó como base de implementación, las buenas prácticas y los lineamientos establecidos en el PMI. También se empleó herramientas de gestión como RFI's, RFC's, NCR's, normas ASTM, protocolos, optimización de procedimientos en excavación y compactación, controles en el muro de suelo estructural (MSE), en la colocación de gaviones terramesh y la instalación de geomembranas HDPE, así como la experiencia profesional obtenido en diferentes proyectos similares y el apoyo de los profesionales en la obra.

En el desarrollo del informe se plantea una mejor comunicación, tomando en cuenta la metodología PULL además de optimizar las reuniones y responsabilidades de stakeholders. Además, se presenta un análisis de los reportes de No Conformidad y de los indicadores de calidad en la obra.

ABSTRACT

Earth dams for tailings storage are very important structures in magnitude and safety. Most of these structures are located at 4,500 meters above sea level and their construction is carried out with large amounts of investment; They also contain an immense amount of tailings (highly polluting product) retained in their vessel, making its correct execution and operation of utmost importance.

The Yauricocha earth dam, located in the province of Yauyos, is a structure belonging to a group of companies called Sociedad Minera Corona S.A. (hereinafter referred to as The Client). In this case, an investment of 2,6 million dollars has been made for the regrowth of 2,0 meters in height.

In this work, the methodology with which quality management has been implemented in the tailings deposit regrowth project has been detailed. Good practices and guidelines established in the PMI were used as a basis for implementation. Management tools such as: RFI's, RFC's, NCR's, ASTM standards, protocols, optimization of procedures in excavation and compaction, controls on the structural soil wall (SSW), were also used in the placement of terramesh gabions and the installation of HDPE geomembranes, as well as the professional experience obtained in different similar projects and the support of professionals on the job.

In the development of the report, better communication is proposed, taking into account the PULL methodology in addition to optimizing meetings and responsibilities of stakeholders. In addition, an analysis of the Non-Conformity reports and quality indicators in the work is presented.

PRÓLOGO

El presente trabajo de suficiencia profesional se centra en el desarrollo de la supervisión y aseguramiento de calidad en la construcción de una presa de tierras destinada al almacenamiento de relaves, ubicada en la provincia de Yauyos. Este proyecto representa un hito importante en la formación académica del investigador, quien ha abordado con rigor y dedicación los desafíos inherentes a la gestión de calidad en un contexto de ingeniería civil.

A lo largo de la ejecución del proyecto, el investigador ha tenido la oportunidad de colaborar con destacados profesionales del campo, cuya experiencia y conocimientos han sido fundamentales para enriquecer su aprendizaje y contribuir al desarrollo del presente informe. La orientación y el apoyo recibido por parte de estos expertos han sido clave para enfrentar con éxito los retos técnicos y metodológicos planteados durante la investigación.

La elaboración de este informe se realizó con el fin de dar mayor información sobre el proceso de gestión de calidad a las personas que desarrollen este tipo de trabajos. Tener en cuenta que esta área de la ingeniería Civil en el país, no está tan detallada o profundizada como la especialización en edificaciones, por ejemplo. La mayoría de los documentos elaborados para la implementación de la gestión de calidad no cuentan con lineamientos específicos y/o normas establecidas en el país.

Además, se ha encontrado varios vacíos y puntos de mejora en la elaboración de los expedientes y en la gestión de la construcción de la obra (incluye la gestión de calidad); falta de detalles en los planos, manuales de calidad, especificaciones técnicas; malos procesos constructivos, documentos de gestión incompleta, mal designación de responsabilidades en los stakeholders. Todos estos puntos han sido identificados y mencionados, así como recomendaciones específicas para futuras investigaciones y proyectos en el campo de la ingeniería civil.

Este trabajo representa no solo un logro personal para el investigador, sino también un valioso aporte al conocimiento y la práctica de la ingeniería civil, con un enfoque en la calidad en la construcción de infraestructuras de presas de tierras.

ASESOR

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Plano General del Complejo Minero	13
Figura N° 2: Sección de Presa de Relaves – Etapa V Fase I.....	14
Figura N° 3: Sección de Presa de Relaves – Etapa V Fase II.....	15
Figura N° 4: Diagrama Causa Efecto (Diagrama Ishikawa).....	16
Figura N° 5: Planificar la Gestión de la Calidad: Diagrama de Flujos de Datos..	25
Figura N° 6: Control de Calidad: Diagrama de Flujos de Datos.....	27
Figura N° 7: Ubicación regional del proyecto	37
Figura N° 8: Ubicación del proyecto.....	38
Figura N° 9: Sección Típica de Recrecimiento de Dique.....	40
Figura N° 10: Despliegue de paneles de geomembrana en pantalla de dique ...	41
Figura N° 11: Sección Típica de Impermeabilización de Pantalla de Dique	42
Figura N° 12: Despliegue de paneles de geomembrana en el vaso.....	43
Figura N° 13: Organigrama del proyecto.....	44
Figura N° 14: Mapa de procesos de gestión de calidad	50
Figura N° 15: Requisitos de la Documentación para la gestión de la calidad	51
Figura N° 16: Esquema del plan de calidad	51
Figura N° 17: Flujograma de aprobación y aceptación en campo	53
Figura N° 18: Flujograma de aprobación y aceptación en campo	54
Figura N° 19: Frentes de trabajo.....	56
Figura N° 20: Frentes de trabajo.....	58
Figura N° 21: Formato de RFI (Requerimiento de Información)	64
Figura N° 22: Formato de RFC (Solicitud de Cambio de Ingeniería en Terreno) 65	
Figura N° 23: Formato de RNC (Reporte de No Conformidad)	66
Figura N° 24: Flujograma de tratamiento de No Conformidades	67
Figura N° 25: Análisis de datos de compactación – Relleno Masivo	83
Figura N° 26: Análisis de datos de compactación – Relleno Estructural	83
Figura N° 27: Análisis de datos de compactación – Zanja de Anclaje	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Planificar la Gestión de la Calidad.....	23
Tabla 2: Control de Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas	26
Tabla 3: Tipos de Relaves	31
Tabla 4: Staff de soporte técnico asignado al proyecto	35
Tabla 5: Personal de aseguramiento y control de calidad	35
Tabla 6: Roles y responsabilidades	45
Tabla 7: Stake Holders	46
Tabla 8: Cronología de ejecución del Proyecto.....	47
Tabla 9: Sectorización de frentes de trabajo	57
Tabla 10: Huso granulométrico Relleno Masivo – Desmonte de mina	59
Tabla 11: Huso granulométrico Relleno Estructural	59
Tabla 12: Índice de plasticidad Relleno Estructural.....	59
Tabla 13: Huso granulométrico Relleno Selecto	60
Tabla 14: Listado de documentos de cambio.....	63
Tabla 15: Listado de protocolos de calidad.....	68
Tabla 16: Listado de protocolos de geosintéticos.....	68
Tabla 17: Frecuencias Mínimas de ensayos de Aseguramiento de Calidad.....	70
Tabla 18: Listado de RFI's registrados.....	73
Tabla 19: Listado de RFC's registrados	75
Tabla 20: Listado de NCR's registrados.....	75
Tabla 21: Listado de documentos del dossier de calidad	76
Tabla 22: Cantidad de Pruebas de campo realizadas	78
Tabla 23: LOG de ensayos in situ – liberación de fundación y capas de relleno estructural (MSE).....	78
Tabla 24: LOG de ensayos in situ – liberación de fundación y capas de relleno masivo (ESPALDÓN).....	80
Tabla 25: LOG de ensayos in situ – liberación de relleno con material de préstamo (ZANJA DE ANCLAJE)	81
Tabla 26: Listado de Ensayos de Laboratorio	85
Tabla 27: Listado de Registros de Geosintéticos	85
Tabla 28: Datos del RNC-001	86
Tabla 29: Datos del RNC-002	86
Tabla 30: Mejora continua	88
Tabla 31: Lecciones aprendidas	90

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
ANA	Autoridad Nacional del Agua
cm	Centímetros
DGM	Dirección General de Minería
DL	Decreto Legislativo
DS	Decreto Supremo
Ha	Hectárea
ISO	International Organization for Standardization
Km	Kilometro
Km/h	Kilometro por hora
m	Metros
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio del Ambiente
mm	Milímetros
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
m ³	Metro cubico
m ²	Metro cuadrado
NTP	Norma Técnica Peruana
PMI	Project Management Institute
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
QA	Quality Assurance
QC	Quality Control
RD	Resolución Directoral
RFC	Request for Change
RFI	Request for Information
UTM	Universal Transverse Mercator

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El presente trabajo de implementación de gestión de calidad se realiza a la ejecución del recrecimiento de una presa de relaves (presa de tierra que tiene como principal función el almacenamiento de relaves mineros). El proyecto de recrecimiento de la presa de relaves tiene una inversión aproximada de \$2'645,111.14 (dólares americanos). Inició el 03 de febrero del 2021 y culminó con fecha 29 de diciembre del 2021, ejecutándose la construcción del recrecimiento de la presa en un total de 329 días calendarios.

Según Herrera, (2020) el control de calidad (Quality Control, QC) y el aseguramiento de calidad (Quality Assurance, QA) cierran el ciclo operacional de la construcción del dique. Las actividades de control de calidad y aseguramiento de la calidad (QC y QA) para la construcción de la presa son críticas para mantener el cumplimiento del diseño.

En este proyecto, la gestión de la calidad ha sido realizada por las siguientes empresas:

- SINCO ingeniería y construcción SAC (Quality Assurance - QA)
- CONTRATISTA ejecutora (Quality control - QC)

Debido a que la empresa que realiza el aseguramiento de la calidad es la encargada de la validación de toda la gestión de calidad del proyecto; el enfoque para el análisis del proceso de gestión de calidad del proyecto será la documentación de la empresa supervisora.

Cabe señalar que todos los procedimientos técnicos para la construcción del recrecimiento de la Presa en estudio fueron considerados a fin de cumplir con los niveles de calidad de las obras. Adicional se menciona que el presente investigador (perteneciente a la empresa supervisora SINCO ingeniería y construcción SAC) de este trabajo de suficiencia profesional participó durante el desarrollo de todos los procesos antes descritos, teniendo el cargo de asistente de oficina técnica, trabajando en conjunto con el equipo de supervisión (aseguramiento de la calidad) en la gestión integral del proyecto mediante el seguimiento y control de este.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En lo referente a la problemática, Cambridge, BSc, FICE, FGS, & Eur Ing (2022) hacen mención que debido a los actuales errores de alto nivel de las represas de relaves mineros a nivel mundial se ha producido nuevamente la atención geotécnica en dichas estructuras. En el debate actualizado de la información técnica se ha basado en el pronóstico del estado de tensión final y, por ende, del potencial de falla de los materiales de relave. El solo interés en las características geomecánicas es crucial para entender las propiedades fundamentales de los desechos extractivos; no obstante, limita el análisis de riesgo potencial en estas ya mencionadas estructuras complejas y multifacéticas. Evidentemente, a raíz de las investigaciones realizadas por Cambridge, BSc, FICE, FGS, & Eur Ing (2022) en relación con los errores de las instalaciones de extracción de desechos durante un periodo de 50 años, concluyen que el solo conocer las propiedades geomecánicas habría prevenido desastres.

Los riesgos fundamentales que plantean estas estructuras se analizan en el archivo técnico que están asociadas a su construcción, operación y eventual cierre. Además, la revisión comprueba que otros elementos cruciales del diseño y construcción, si no se consideran, puede producir riesgos potencialmente mayores a la sola ausencia de conocimientos en geomecánica. Adicional, se muestra un sinnúmero de criterios de reducción de riesgos que deben destinarse a las represas de relaves mineros, se mencionan ejemplos de cómo el descuido ha ocasionado fallas recientes de alto perfil, y también se presenta una revisión de los criterios generales de reducción de riesgos y se compara con las normas y directrices existentes.

La falla de un depósito de relaves en su fase operativa, puede causar grandes impactos medioambientales y socioeconómicos; A continuación se cita como ejemplo lo ocurrido el 25 de enero del 2019 en Brumadinho, estado de Minas Gerais, sureste de Brasil, cuyo depósito de relaves propiedad de la minera brasileña Vale S.A. colapsó y liberó aproximadamente 13 millones de metros cúbicos de relaves mineros, causando la muerte de 157 personas y reportándose más de 182 desaparecidos, además de la pérdida de 125 hectáreas de bosques y contaminación del río Paraopeba, afluente importante del río São Francisco, el

cual es uno de los ríos más emblemáticos de Brasil (ONG World Wildlife Fund, 2019).

La falla de un depósito de relaves podría estar relacionada principalmente a uno de los siguientes factores:

- Diseño deficiente de la estructura
- Proceso constructivo inadecuado
- Operación inadecuada

En el presente trabajo de suficiencia profesional, se describe el rol que desempeñó el Área de Aseguramiento de la Calidad en la construcción de la ampliación del depósito de relaves Yauricocha para prevenir una posible falla en la fase operativa de la estructura relacionada al proceso constructivo.

1.2.1 Descripción del entorno de desarrollo del proyecto

Para poder dar una buena explicación del entorno del proyecto desarrollado (Etapa V Fase II) en el presente Trabajo de Suficiencia es necesario describir el proyecto predecesor (Etapa V Fase I) en el cual se está cimentando el recrecimiento estudiado.

En la Figura N°01 se muestra el plano en planta de la presa de tierra junto con las instalaciones mineras, con el fin de tener una mejor ubicación y representación del proyecto.

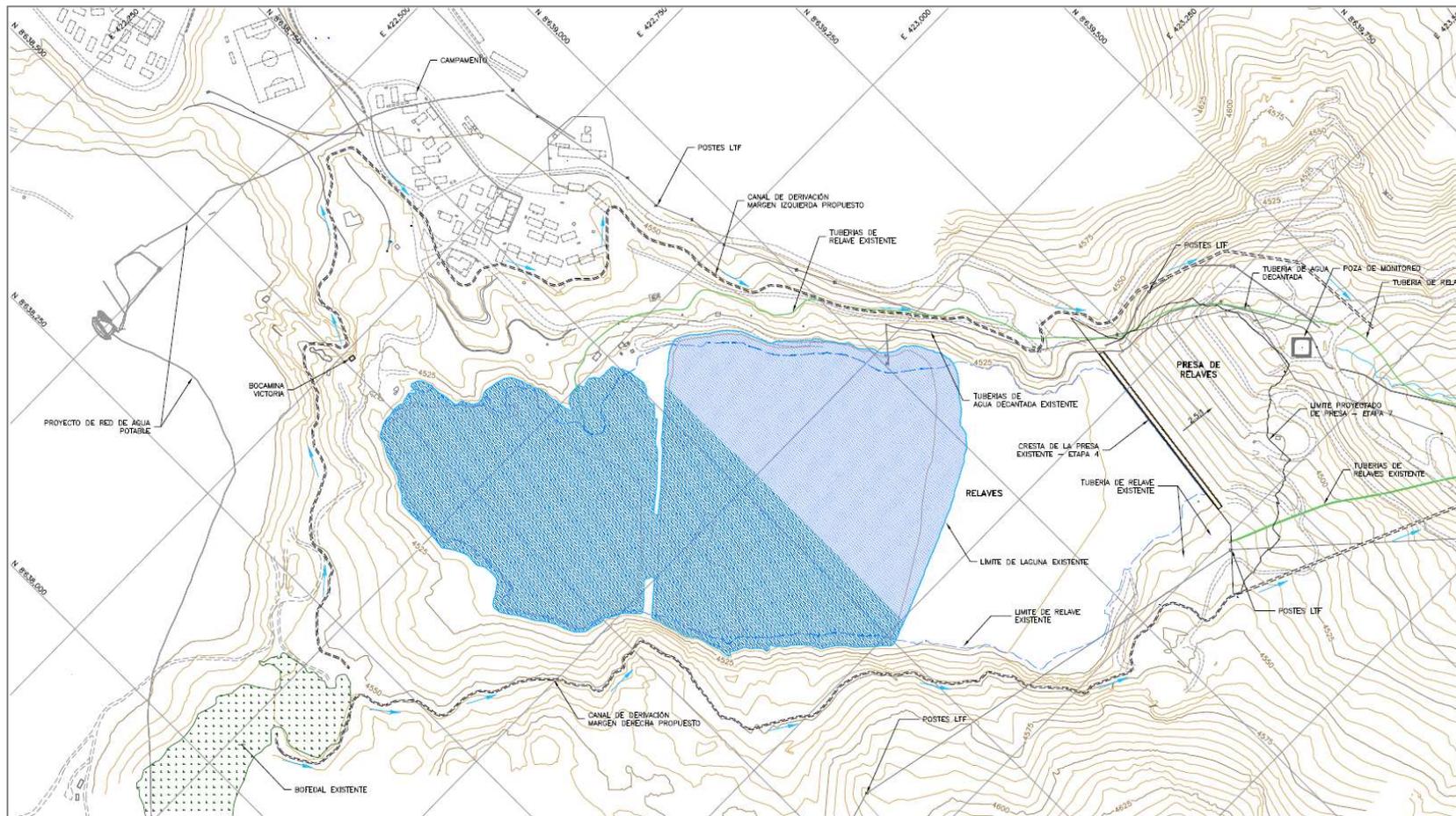


Figura N° 1: Plano General del Complejo Minero

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

- **Recrecimiento Etapa V Fase I (4529msnm – 4531msnm)**

El proyecto desarrollado (Recrecimiento Etapa V Fase II) se encuentra cimentado en el recrecimiento de la presa de Relaves Etapa V Fase I, que tiene como cota final de corona 4531msnm y borde libre de 2.0m, con lo cual se tenía el nivel del embalse de relaves a la cota 4529msnm.

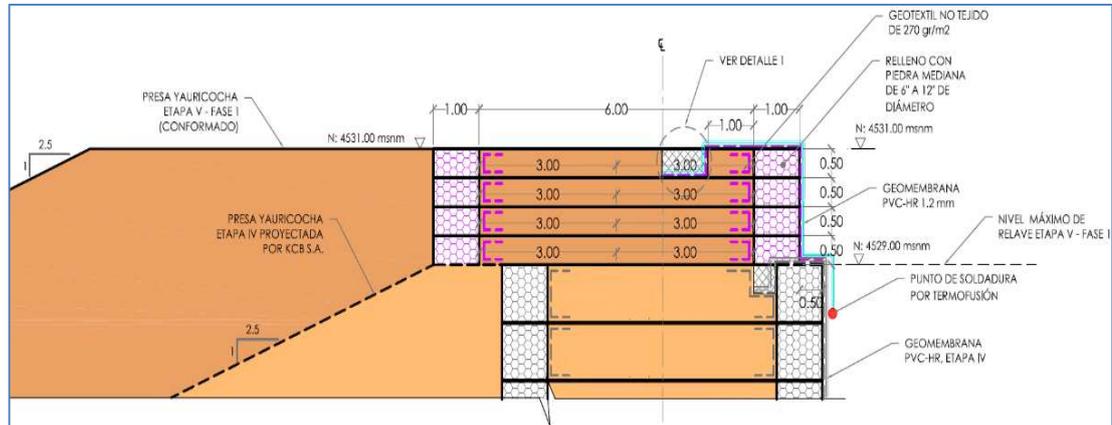


Figura N° 2: Sección de Presa de Relaves – Etapa V Fase I

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

En la Figura N°2 se aprecia la sección típica del recrecimiento del dique, con un ancho de corona de 15.0m aproximadamente. El dique está constituido por muro de suelo estructural conformado con material de préstamo (desmorte mina seleccionado de TM= 3”) reforzado con elementos terramesh de 0.5x1.0x5-2 m y 0.5x1.0x4-2 m en la corona del dique, relleno masivo conformado con material de préstamo (desmorte mina preparado y zarandeado de TM= 12”) en el cuerpo de la presa recrecido aguas abajo.

- **Recrecimiento Etapa V Fase II (4531msnm – 4533msnm)**

El presente proyecto cuenta como cimentación la cota 4531msnm de la presa de relaves y culmina en la cota de corona de 4533msnm, con un borde libre de 2.0m, con lo cual se obtuvo el nivel del embalse de relaves a la cota 4531msnm.

En la Figura N°03 se detallan las cotas mencionadas anteriormente, así mismo se muestran las etapas y fases

- Etapa V fase I cota 4531.00msnm (cimentación para este proyecto)
- Etapa Y fase II cota 4533.00msnm (corona y cota de finalización de este proyecto)

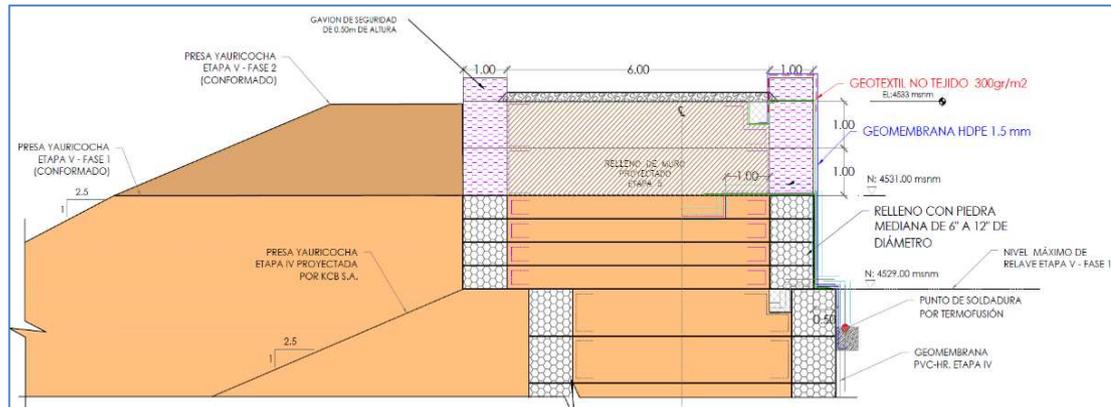


Figura N° 3: Sección de Presa de Relaves – Etapa V Fase II

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

1.2.2 Descripción de la Problemática

En este escenario es el equipo de supervisión CQA (Control Quality Assurance) el responsable de la iniciación, programación, ejecución, seguimiento y control de la calidad en la ejecución del recrecimiento de la presa de relaves, siempre con la coordinación del cliente, en este caso el área de Obras Civiles de la compañía minera. Para la realización de todos estos puntos se cuenta con personal calificado, un equipo de ingenieros civiles supervisores para la inspección de las diferentes actividades en la construcción quienes, dentro de las labores asignadas, reportan la correcta ejecución de los trabajos del contratista y proponen soluciones técnicas en campo, no solo a nivel de acciones correctivas sino también como propuesta de mejora continua.

El equipo de la supervisión de la empresa SINCO Ingeniería y Construcción SAC, está constituido por ingenieros supervisores, oficina técnica, técnicos, topógrafos y conductores. La tarea principal de la coordinación con el área de Obras Civiles de la Compañía minera es gestionar el trabajo de la contrata (empresa que va a construir el recrecimiento de la presa de relaves). Es en este escenario que se plantea la problemática presentada, materia del trabajo de suficiencia desarrollado. La variabilidad de las actividades planificadas y que son inherentes al proceso de construcción pueden llevar a constantes reprogramaciones debido a la incertidumbre que existe durante la etapa de planificación inicial, la cual resulta escasa, por lo que es oportuno identificar los factores que conllevan a este escenario, así como su naturaleza y relevancia.

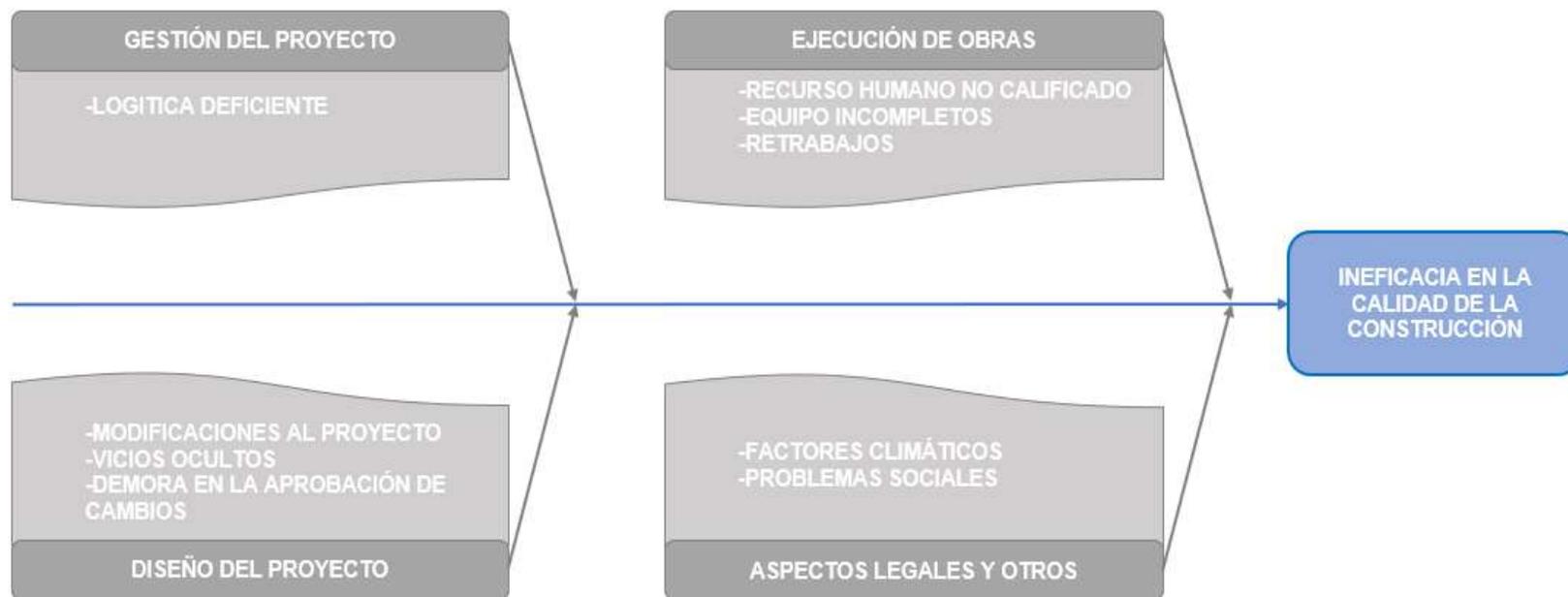


Figura N° 4: Diagrama Causa Efecto (Diagrama Ishikawa)

Dada la naturaleza de los factores que influyen en el desarrollo del proyecto se identifican 4 aspectos importantes los cuales son analizados en el Diagrama de Causa Efecto (Diagrama de Ishikawa o Diagrama de pescado) de la Figura N°04. Se definió las categorías como la gestión del proyecto, diseño del proyecto, ejecución de obras y aspectos legales.

En las diferentes etapas del proyecto se identifican la problemática del presente trabajo:

- En la etapa de diseño del proyecto se pueden presentar una serie de errores u omisiones, así mismo incompatibilidades entre los diferentes documentos, que ocasiona distorsión en la gestión de calidad.
- Durante la ejecución de la obra la mayoría de las ocasiones se cuenta con personal de apoyo, el cual es personal de la zona que no es calificado y se les tiene que capacitar.
- Los factores climáticos son importantes para realizar la calidad del proyecto, debido a que los ensayos in situ deben de realizarse en condiciones óptimas para obtener resultados confiables.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Implementar el proceso de gestión de calidad en presas de tierra para almacenamiento de relaves mineros.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la gestión de calidad que se tiene para el proyecto.
- Diseñar los procesos de gestión de calidad según las actividades planificadas en el proyecto.
- Implementar los procesos de gestión de calidad del proyecto: "Recrecimiento del depósito de relaves Yauricocha, Etapa V – Fase II (desde la cota 4,531msnm a la cota 4,533msnm) e impermeabilización del vaso".
- Formular el análisis de riesgos técnicos relacionados a incumplimiento de especificaciones técnicas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES

En la tesis desarrollada por Alfaro (2008) menciona que se pretende mostrar a los sistemas de aseguramiento de la calidad como un instrumento de gestión que puede emplearse en una empresa constructora, así como directamente en un proyecto de construcción. Dicha investigación se basa en la pesquisa de mayor competitividad y productividad a empresas del rubro de la construcción. En dicha tesis se evalúan conceptos generales de calidad, evolución en el tiempo, normas internacionales vinculadas con el sistema de aseguramiento de la calidad en el sector industrial. Además, se revisaron las normas de calidad en construcción en Perú desde el 2003 vinculada a la norma internacional ISO9001:2000.

De la tesis desarrollada se concluyó con respecto al uso de sistemas de gestión de calidad, el objetivo primordial debe ser invertir el costo de prevención de la calidad (sistemas de calidad), haciendo que los costos de evaluación de la calidad y de la no calidad disminuyan; los costos de mala calidad deben identificarse y luego transformarlos en una oportunidad de mejora, toda mejora de la calidad debe ser enfocada desde la perspectiva operativa-financiera; además se hace necesario el informe técnico para concretar un sistema de calidad. Diseñar y construir calidad es más módico que no hacerlo, además se requiere que haya una supervisión continua.

Oviedo (2007) realiza una investigación, donde en 1999, el Cliente emplea a la Supervisión para llevar a cabo acciones de control de calidad, construcción y consultoría de su nueva presa de relaves auríferos "Alpamarca" en La Libertad-Perú. En la presa hay 2 etapas, el periodo de construcción de la última etapa de recrecimiento de la presa fue de 4 meses, y se produjeron 3 informes técnicos. En el estudio realizado por Oviedo se presenta el primer informe de la última etapa que fue en el mes de septiembre de 2006, donde se muestra un resumen de los trabajos efectuados por la supervisión y control de calidad de dicha autora durante el trabajo de los dos turnos.

Como conclusiones de su investigación menciona que el aporte que brinda dicho reporte técnico responde a la experiencia brindada durante la inspección del control de calidad de los materiales de relleno que se emplean en la construcción

de una presa de tierra. Cabe señalar que los materiales empleados fueron materiales de préstamo, y se usaron las canteras cercanas a la zona del proyecto, verificándose la colocación como relleno compacto de acuerdo con las consideraciones técnicas del diseño. El informe de Oviedo forma parte de la guía de control de CQA.

Morales (2019) menciona que la gestión de calidad en el recrecimiento de la relavera en la U.E.A. Animón, se ejecutó los procedimientos bajo estándares prácticos y ordenados a fin de cumplir con las necesidades de mercado nacionales e internacionales en referencia a la calidad en la prestación de un servicio o la construcción de una presa de relaves, donde se necesita el control de la variabilidad de materiales dando cumplimiento a las especificaciones técnicas garantizando eficiencia y calidad de construcción.

Para la colocación del relleno de fundación se llevó a cabo una Gestión de Control de Calidad en campo y laboratorio con coordinaciones continuas entre los grupos de CQA y CQC. En lo expresado en las conclusiones de su tesis menciona que se consiguió una metodología para el control de calidad CQC para recrecer el depósito de relaves de la U.E.A. Animón de acuerdo con las disposiciones técnicas, reglamentos y normas a nivel nacional e internacional. La valoración de la implementación de la calidad se consigue a través de la aplicación de las normas y reglamentos ASTM, SSOMA, NTP, ACI, RNE, en los diversos procesos constructivos del proyecto.

Fernández (2019), en su tesis expone acciones que se ejecutaron por el laboratorio de Control de Calidad en la presa de relaves de Sociedad Minera Cerro Verde. Menciona además que los trabajos se realizaron en 3 segmentos: ensayo de campo, ensayos en el laboratorio y otras tareas (calibraciones, lectura de piezómetro y monitoreo de pozos). Además, el autor describe minuciosamente las actividades, procedimientos y herramientas necesarias para un control operacional óptimo y eficaz. En el capítulo de conclusiones hace referencia que en su informe se brindan conocimientos sobre el tratamiento y control de calidad de presas de relaves, pudiendo ser utilizado dicho aporte como consulta y/o apoyo en procedimientos referente al tratamiento de relaves, además el adecuado control de calidad depende de los estándares de las que rigen las mineras en

Perú. Las pautas de control de calidad muestran lo que se efectúa en la unidad minera a fin de dar cumplimiento con lo estipulado y además para desarrollar un proceso seguro y eficaz. Los resultados se ven reflejados en el cumplimiento con que se procede para una adecuada gestión del control de calidad.

Rodríguez (2021) tiene como finalidad exponer la experiencia profesional alcanzada en la ejecución del proyecto “La ingeniería de detalle para el recrecimiento de la presa de colas San José”, mientras realizaba actividades de supervisión, asegurando que se cumpla con los estándares de calidad conforme el diseño y necesidades del cliente. Se obtuvieron resultados como la aceptación de la etapa de construcción por Control de Calidad de acuerdo con el Plan de Control de Calidad previamente instaurado.

De su informe se colige que le permitió identificar y captar las filtraciones halladas durante la excavación, que fueron encausados hacia el sistema de subdrenaje construido, captar la líneas de flujo de agua subterráneas expuestas en la superficie, aprobar y verificar las pruebas de densidad y humedad de campo mediante el método de cono de arena, verificar el espeso de capa, conocer y emplear métodos adecuados de transporte, manipulación y almacenamiento de materiales en el proyecto, certificar que sean adecuados los materiales empleados, revisar la base de datos referentes a calidad antes del despliegue de geomembrana mostrada por el proveedor, emitir conformidad con el producto e instalando en campo y aplicar análisis granulométrico.

Barzola, Diaz, & Zarate (2022) en su tesis plantean comprobar la correlación entre dos variables; las cuales son gestión de calidad y control de la construcción de presas de relaves en una empresa supervisora. Para el análisis se tomó en cuenta a 17 supervisores con experiencia en monitoreo y control en construcción de presas de tierra para almacenamiento de relaves. Los resultados de las encuestas comprueban cómo la buena gestión de calidad influye directamente en el control de la construcción de presas de tierra, mostrando una dependencia positiva entre las dos variables (entre la gestión de calidad y el control de la construcción). Como conclusión se infiere que el buen control de la supervisión estará involucrado en la disminución de no conformidades, favoreciendo en la programación y costo del proyecto. El control de la ejecución

garantizará el cumplimiento de los procedimientos constructivos y se obtendrá lo estipulado en el plan de calidad, mostrándose en las auditorías de calidad. Realizar actividades de conformidad con las precisiones técnicas y plan de trabajo, permitirá el cumplimiento de procesos constructivos y los que necesiten inspeccionar las modificaciones durante la ejecución y poseer un sistema de requerimiento de información controlado. Si se aplica el plan de control de calidad, plan de gestión de calidad y plan de seguridad, generará un impacto positivo y apoyará a la mejor gestión de los supervisores en la construcción de presas.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Gestión de proyectos

Según el PMI (2013) la gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente. Se trata de una competencia estratégica para organizaciones, que les permite vincular los resultados de un proyecto con las metas comerciales para posicionarse mejor en el mercado. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de una serie de procesos agrupados, dichos agrupamientos corresponden a cinco grupos que se muestran a continuación:

- Inicio
- Planificación
- Ejecución
- Seguimiento y Control
- Cierre

A su vez según el PMI (2017) gestionar un proyecto implica:

- Identificar requisitos
- Abordar las necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto,
- Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos con:
 - El alcance
 - La calidad
 - El tiempo
 - El presupuesto
 - Los recursos
 - El riesgo

2.2.1.1 Definición de proyecto

Se trata de un esfuerzo temporal, dirigidas a crear un nuevo producto, servicio o resultado único en un tiempo y costo preestablecido de antemano. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un inicio y un final definidos. (Guía PMBOK del PMI, 2013, p.3).

Se destacan las siguientes características fundamentales de los proyectos:

- El Proyecto es temporal, pero el producto o servicio que se crea por lo general es duradero.
- Cada proyecto genera un producto, servicio o resultado único. El resultado del proyecto puede ser tangible o intangible.
- Los proyectos tienen una elaboración gradual.

2.2.2 Gestión de calidad

En el libro publicado en el 2018 por el Project Management Institute hace referencia que la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y producto, son procesos que se pueden incorporar en la estrategia de calidad de la organización, con el objetivo de lograr los intereses de las partes involucradas. Además, la gestión de calidad está relacionada con el ejercicio de mejora de los procesos continuos de la manera que es realizada por el organismo ejecutor. (p.271)

A continuación, se nombran a los procesos de gestión de calidad:

- Planificar la gestión de calidad: Se define como el proceso de determinar las condiciones y/o patrones de calidad para el proyecto y sus entregables, además de probar el cumplimiento del proyecto mediante informes acreditados. (Project Management Institute, 2018,p.271)
- Gestionar la calidad: Definido como el procedimiento de transformación del plan de gestión de la calidad en funciones ejecutables de calidad donde se incorporen las normativas de calidad del organismo regulador al proyecto (Project Management Institute, 2018, p.271)
- Controlar la calidad: Alberga la monitorización y registro de los resultados correspondientes a la ejecución de actividades de gestión de calidad, con la finalidad de la evaluación del rendimiento y garantizar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y que las expectativas del cliente estén satisfechas. (Project Management Institute, 2018, p.271)

2.2.3 Planificación de la gestión de calidad

Según el libro publicado por el Project Management Institute (2018), menciona que planificar la gestión de la calidad es el proyecto para reconocer las condiciones y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, además de probar el cumplimiento del proyecto mediante informes documentados. El rendimiento esencial de la gestión de la calidad es que brinda una guía y dirección de la gestión y verificación de la calidad durante todo el proyecto. Dicho proceso puede ser efectuado una vez o en varias oportunidades predeterminadas en el proyecto.

En la siguiente Tabla N°01 se observan los componentes relacionados con lo requerimientos de las entradas; adicional se muestran las herramientas y técnicas utilizadas; así mismo los diferentes entregables obtenidos de este proceso, que se les denomina salidas.

Tabla 1: Planificar la Gestión de la Calidad
Fuente: Project Management Institute, 2018

ENTRADAS	HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS	SALIDAS
1. Acta de constitución del proyecto	1. Juicio de expertos	1. Plan de gestión de la calidad
2. Plan para la dirección del proyecto	2. Recopilación de datos	2. Métricas de calidad
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión de los requisitos • Plan de gestión de los riesgos • Plan de involucramiento de los interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios comparativos • Tormenta de ideas • Entrevistas 	3. Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión de los riesgos • Plan de involucramiento de los interesados 	3. Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión de los riesgos • Línea base del alcance
<ul style="list-style-type: none"> • Línea base del alcance 	4. Toma de decisiones	4. Actualizaciones a los documentos del proyecto
3. Documentos del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de decisiones con múltiples criterios 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de lecciones aprendidas • Matriz de trazabilidad de requisitos
<ul style="list-style-type: none"> • Registro de supuestos 	5. Representación de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de riesgos
<ul style="list-style-type: none"> • Documentación de requisitos • Matriz de trazabilidad de requisitos • Registro de riesgos • Registro de interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de flujo • Modelo lógico de datos • Diagramas matriciales • Mapeo mental 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de interesados
4. Factores ambientales de la empresa	6. Planificación de pruebas e inspección	
	7. Reuniones	



A continuación, se presenta la Figura N°05 en donde se detalla el diagrama de flujos para el desarrollo de la planificación de gestión de calidad. Que se compone con el inicio de la gestión (acta de constitución del proyecto), documentos iniciales (línea base) y los documentos de gestión de calidad (planes, registros, matrices, etc).

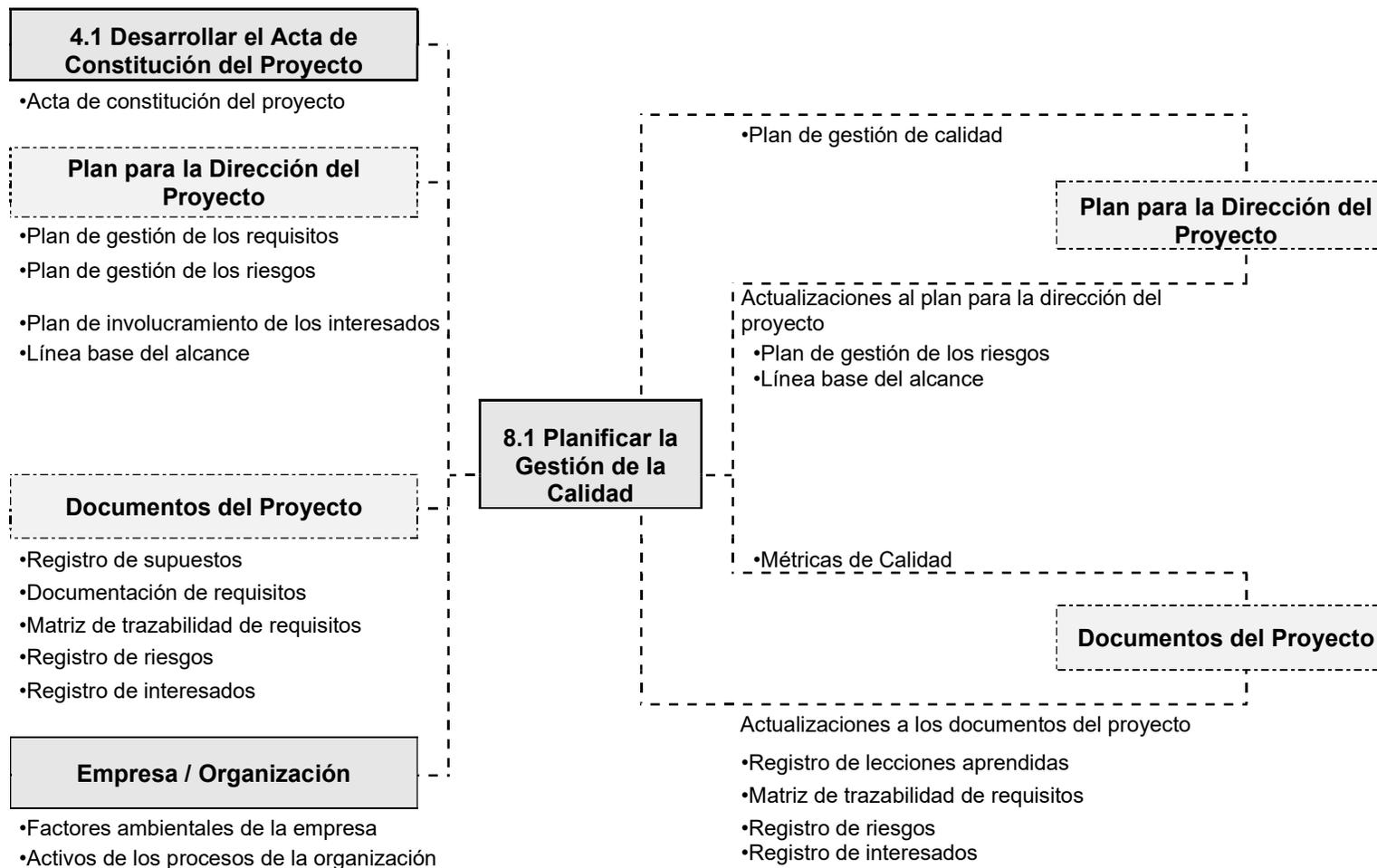


Figura N° 5: Planificar la Gestión de la Calidad: Diagrama de Flujos de Datos

Fuente: Project Management Institute, 2018

2.2.4 Control de calidad

El Project Management Institute (2018), hace referencia que controlar la calidad tiene inmersa la monitorización y el registro de los resultados correspondientes a la ejecución de actividades de gestión de calidad, con la finalidad de la evaluación del rendimiento y garantizar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y que las expectativas del cliente estén satisfechas. Lo especial de este proceso es corroborar que los entregables y el trabajo del proyecto obedecen con las estipulaciones especificadas por los participantes clave para la aprobación de finalización. Este proceso de control de calidad delimita si las salidas del proyecto realizan lo que se proyectó ejecutar. Dichas salidas tienen estándares, estipulaciones, regulaciones y delimitaciones que deben cumplirse. El mencionado proceso tiene lugar durante todo el proyecto. En la Tabla 2 se observan las entradas, herramientas y técnicas, y salidas de este proceso.

Tabla 2: Control de Calidad: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas

Fuente: Project Management Institute, 2018

ENTRADAS	HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS	SALIDAS
1. Plan para la dirección del proyecto • Plan de gestión de la calidad	1. Recopilación de datos • Listas de verificación • Hojas de verificación • Muestreo estadístico • Cuestionarios y encuestas	1. Mediciones de control de calidad
2. Documentos del proyecto • Registro de lecciones aprendidas • Métricas de calidad • Documentos de prueba y evaluación	2. Análisis de datos • Revisiones del desempeño • Análisis de causa raíz	2. Entregables verificados
3. Solicitudes de cambio aprobadas	3. Inspección	3. Información de desempeño del trabajo
4. Entregables	4. Pruebas/evaluaciones de productos	4. Solicitudes de cambio
5. Datos de desempeño del trabajo	5. Representación de datos • Diagramas de causa y efecto	5. Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto
6. Factores ambientales de la empresa	• Diagramas de control • Histograma • Diagramas de dispersión	• Plan de gestión de la calidad
7. Activos de los procesos de la organización	6. Reuniones	6. Actualizaciones a los documentos del proyecto
		• Registro de incidentes
		• Registro de lecciones aprendidas
		• Registro de riesgos • Documentos de prueba y evaluación

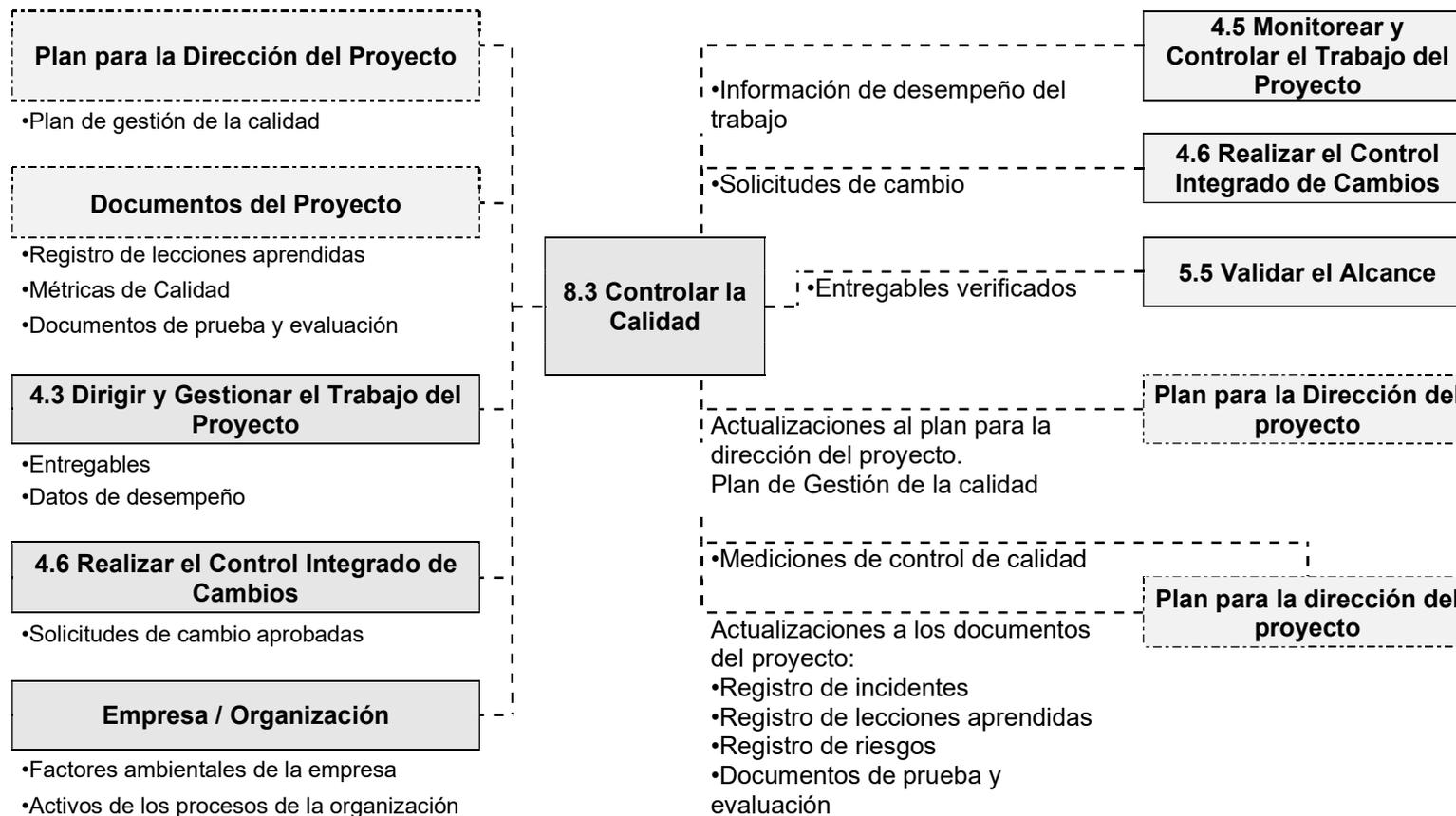


Figura N° 6: Control de Calidad: Diagrama de Flujos de Datos

Fuente: Project Management Institute, 2018

La Figura N°06 muestra el diagrama de flujo para el desarrollo del control de calidad. Que se compone con el plan de gestión de calidad, solicitudes de cambio, métricas de calidad y el plan para la dirección del proyecto (registros, documentos de prueba, etc).

2.2.4.1 Importancia del control de calidad

El desempeño exitoso de un proyecto depende de una planificación adecuada. La ejecución de un proyecto se basa en un plan de proyecto sólido y solo se puede lograr a través de una metodología efectiva de control. El desarrollo de un sistema de control de calidad adecuado es una parte importante del esfuerzo de gestión del proyecto. Además, es ampliamente reconocido que la planificación y el monitoreo juegan un papel importante como causa de fallas en los proyectos.

Los siguientes son los objetivos planteados:

- Garantizar que las labores sean ejecutadas cumpliendo estrictamente las demandas y precisiones técnicas de acuerdo con las normas y estándares actuales
- Implementar el sistema de gestión de la calidad para la ejecución de los trabajos propios a la trascendencia del proyecto actual
- Conservar acciones de Control de Calidad que permitan que las actividades efectuadas cumplan con las precisiones técnicas y/o planos dispuestos.
- Instaurar labores de gestión a fin de evitar oportunamente la presencia de desviaciones y/o deferencias
- Brindar los documentos que pudieran ser sometidos a Auditorías como los referentes a las pruebas, inspecciones procedimientos, incumplimiento de especificaciones, correcciones, y otras.
- Supervisar que se cumplan los protocolos del Control de Calidad
- Garantizar que la supervisión por parte del cliente “Supervisión Mina” acepte las obras a través del alcance de los Niveles de Servicio pedidos.

2.2.4.2 Componentes de la gestión de calidad para depósitos de relaves

Los elementos que componene la gestión de calidad son los siguientes:

- Manual de CQA
- Registro de lecciones aprendidas

- Métricas de calidad (Especificaciones técnicas y Manual de Aseguramiento de Calidad)
- Documentos de prueba y evaluación
- Solicitudes de cambio aprobadas (RFI, RFC NCR)
- Entregables (ensayos, protocolos y registros)
- Datos de desempeño del trabajo
- Factores ambientales de la empresa
- Activos de los procesos de la organización

2.2.5 Aseguramiento de control de calidad

Se puede definir al aseguramiento de la calidad como lo precisa el ISO9000:2015 de la siguiente manera: “parte de la gestión de la calidad centrada en brindar confianza en que se cumplirán los requisitos de calidad”. Además, se obtiene el duplo de garantía de calidad por la confiabilidad que proporciona: de manera interna a la administración, y de manera externa a los clientes, entidades del estados, reguladores, certificadores y terceros (Audit División ASQ ; Russell, J.P., 2012, pp 299-300).

Otra manera de conceptualizar el aseguramiento de la calidad según ASQ (2023) es “todas las actividades planificadas y sistemáticas implementadas dentro del sistema de calidad que se puede demostrar que brindan confianza de que un producto o servicio cumplirá con los requisitos de calidad”.

Existe una manera opcional de definir el aseguramiento de calidad de construcción, la misma que se expresa como el sistema planificado de ensayos estandarizados y procedimientos de inspección que se implementan durante la construcción; en materiales, equipos, instrumentos y producto terminado; en campo y laboratorio, para verificar que el Plan y Manual de Control de Calidad aprobado está implementándose adecuadamente en sus etapas de control, inspección, aprobación y registro reflejando condiciones de terreno y ensayos existentes; y auditar la efectividad del Plan y Manual de Control de la Calidad de la Construcción e informar al cliente de los resultados de las auditorias para que se ejecuten las correcciones necesarias para obtener un nivel de calidad que asegure el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Este sistema debe ser implementado por un grupo de profesionales y técnicos con experiencia comprobada en la ejecución de ensayos e inspecciones de aseguramiento de calidad en construcción en el tipo de proyecto a desarrollar, previa aprobación del plan de aseguramiento de la Calidad en construcción por el Cliente.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

En el desarrollo del presente Trabajo de Suficiencia se presentan una serie de términos que se pasan a detallar a continuación.

2.3.1 Presas de tierra

Las presas de tierra son estructuras de embalse construido con materiales que se encuentran en estado natural y necesiten un proceso mínimo de selección (Martínez, Martínez, González, Martínez, & Batanero, 2007), este tipo de estructura es una alternativa de construcción muy común, debido a los siguientes factores:

- Los requisitos de cimentación son menos rigurosos que en otro tipo de estructuras de embalse.
- Los materiales utilizados en su construcción pueden encontrarse en los alrededores y necesitan un proceso mínimo de selección.
- Resulta ser más económico con respecto a otras alternativas, ya que se utiliza poco recurso humano y maquinaria en su construcción.

2.3.2 Sistema de suelo reforzado

Los suelos en general poseen una elevada resistencia a los esfuerzos de compresión, y baja resistencia a los esfuerzos de tracción y corte. Un sistema de suelo reforzado es aquel que, mediante la introducción de elementos resistentes a la tracción y al corte, convenientemente orientados en una masa de suelo compactado, aumentan la resistencia a los esfuerzos de tracción y corte, además disminuyen las deformaciones del macizo conformado (Egoavil Perea, 2011).

2.3.3 Sistema de impermeabilización

Las filtraciones de agua son un problema muy frecuente en la fase operativa de una presa de tierra, ya que dichas filtraciones pueden ocasionar la saturación del material de conformación de la presa, afectando la estabilidad y funcionalidad de la obra.

Ante esta problemática, se ha desarrollado métodos y técnicas constructivas para controlar las filtraciones, entre las cuales está el uso de geosintéticos para crear un sistema de impermeabilización.

El uso de geosintéticos para crear un sistema de impermeabilización, trae consigo ventajas económicas, técnicas y ambientales, siendo la última de vital importancia debido a la normativa vigente que se creó para regular el uso y manejo de los recursos naturales (Geosistemas PAVCO, 2012).

2.3.4 Relaves

Los relaves son desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales de agua y rocas; el relave contiene altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en depósitos de relaves.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de relaves que se generan de la explotación minera.

Tabla 3: Tipos de Relaves

Fuente: Lara, José Luis (2013)

Tipo de relave según su consistencia del Relave	Densidad de pulpa (%solidos)	Volumen de agua por tonelada de relaves (m ³ /ton)	Proceso
Pulpa	30	2.3	Espesador Convencional
Espesado	65	0.5	Espesador de alta Compresión
Pasta	75	0.3	Espesador cama profundidad
Filtrado	85	0.2	Filtros

2.3.5 Falla de presas de tierras

Las fallas de presas de tierras son ocasionadas por una mala ejecución, por un mal control de calidad o por una mala operación.

El 13 de noviembre de 2019 se ocasionó el colapso del depósito de relaves perteneciente a las Cooperativas Mineras de Santiago y San Francisco, se generaron daños a la vida, salud (01 persona fallecida) y también hubo daños en

la carretera del centro poblado de La Rinconada, distrito de Ananea, provincia de san Antonio de Putina.

El problema tiene que ver con la informalidad con la que operan en esta minera. Para evitar la filtración en vez de utilizar geomembrana utilizaron arcilla; originando filtraciones en los muros de contención.

El 10 de julio de 2019 se registró un derrame de relave minero en la unidad minera cobriza – Empresa Doe Run Perú, ocasionando la inundación de la central eléctrica con corte de fluido eléctrico en la zona, adicional hubo contaminación en el río Mantaro, en el distrito de San Pedro de Coris, provincia de Churcampa.

En su etapa de operación, con una maquinaria rasgaron la geomembrana que impermeabilizaba el vaso de la relavera.

2.3.6 QA (Quality Assurance)

Parte de la gestión de la calidad centrada en brindar confianza en que se cumplirán los requisitos de calidad, el aseguramiento de Calidad corrobora que las actividades del control de calidad se realicen de manera correcta y en entregable sea desarrollado siguiendo los planos y especificaciones del proyecto.

2.3.7 RFI (Request For Información)

Es un procedimiento formal por escrito iniciado por el contratista en busca de información adicional o aclaraciones sobre cuestiones relacionadas con el diseño, la construcción y otros documentos del contrato. Un gran número de RFI junto con respuestas lentas a las RFI se citan con frecuencia como una métrica para el desempeño deficiente del proyecto. La implementación de un proceso de RFI es una parte integral de la gestión de proyectos exitosa para proyectos de construcción que mejora la comunicación entre los equipos de construcción, diseño y gestión de proyectos.

2.3.8 RFC (Request For Comments)

Es un procedimiento formal que se realiza por escrito, el cual se refiere a los cambios en los elementos de diseño del proyecto aprobado y emitido para construcción. Estos cambios se producen en campo por condiciones imprevistas.

2.3.9 NCR (No Conformance Report)

El NCR es un formulario que se usa de manera sencilla en el cual es esencial que las no conformidades sean registradas y documentadas de manera sistemática, a

fin de proporcionar trazabilidad, facilitación de las revisiones de progreso y la evidencia de la finalización de las acciones correctivas y su eficacia.

2.3.10 LOG (Registro)

Es el registro cronológico (se puede realizar el registro con una o más características de control) de los documentos de un mismo tema, ejecutados y almacenados durante la ejecución del proyecto.

2.3.11 Ensayo

Es el conjunto de pruebas físicas y/o químicas a las que se someten un material y/o muestra con el objetivo de comprobar si satisface los requerimientos según las normas y especificaciones técnicas del proyecto.

2.3.12 Protocolo

Documento que presenta los resultados obtenidos de los diferentes ensayos ejecutados, también puede proporcionar evidencia de actividades desempeñadas. Adicional dependiendo de la actividad registrada se presenta check list de la correcta ejecución de procedimientos constructivos.

2.3.13 Planos as built

Los planos ASBUILT, son los planos que registran las dimensiones, detalles y coordenadas de la instalación de materiales, luego del término de la construcción.

2.3.14 Dossier

Una colección de documentos que contiene información relacionada con un tema o proyecto. En el presente proyecto se denomina dossier de calidad, que se encuentra compuesto de documentos relacionados con la planificación, gestión y control de calidad.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE CALIDAD DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Para la ejecución del recremento de la etapa V Fase II , el cliente (compañía minera) contrató a una empresa con el fin de que realice la construcción y control de calidad de este, adicional la compañía minera contrato como supervisión y aseguramiento del control de calidad a la empresa SINCO ingeniería y construcción SAC, la cual realizó la gestión de calidad del proyecto.

3.1.1 Equipo de control de calidad CQC

La construcción del recremento de la etapa V – Fase II, estuvo bajo la responsabilidad de la empresa ejecutora contratada por el cliente, quien manejó el área de Control de Calidad con personal calificado, haciendo uso del laboratorio de suelos de sus instalaciones. El área de CQC de la empresa ejecutora reportó a la empresa SINCO (CQA) el desarrollo de sus actividades.

Los ingenieros de campo tuvieron la responsabilidad de monitorear la extracción, transporte, colocación de rellenos y evaluar los resultados de las pruebas e inspecciones para confirmar que el trabajo se estaba realizando de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto. Como parte de la evaluación de sus funciones y responsabilidades, ellos realizaron ensayos de humedad y densidad de los rellenos (usando el método del cono de arena ya que a solicitud del titular se omitió el uso de densímetro nuclear), granulometría y demás ensayos, obteniendo los resultados de laboratorio para incorporarlos a sus respectivos informes.

Los técnicos del laboratorio tuvieron la responsabilidad de ejecutar los ensayos de laboratorio y campo. Esto incluyó el ensayo de materiales (cantera, acopio y colocado), ensayos de densidad (método cono de arena y el método de reemplazo de agua para roca). Los resultados de estas pruebas fueron transferidos a los ingenieros de campo para que los evalúen e incorporen dentro de sus informes. Los técnicos proporcionaron apoyo a los ingenieros de campo para supervisar la prueba de campo cuando se requiera.

El equipo de CQC estuvo encargado de controlar la calidad de los procesos de construcción del recrecimiento de la etapa V – Fase II, la calidad de ensayo de materiales en el laboratorio y los movimientos de tierra dentro del área de trabajo.

3.1.2 Equipo de aseguramiento de la calidad CQA

3.1.2.1 Personal STAFF de soporte técnico

SINCO, asignó un staff integrado por profesionales de amplia experiencia en proyectos similares, para dar soporte técnico a los trabajadores de Aseguramiento y Control de Calidad realizados en campo durante la ejecución del proyecto.

El staff de soporte técnico estuvo integrado por los siguientes profesionales:

Tabla 4: Staff de soporte técnico asignado al proyecto

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC.

Ítem	Cargo	Años de experiencia en cargos similares
1	Ing. EoR de Presas de Relaves	15 años
2	Soporte de Ingeniería	10 años
3	Especialista en Presas de Relaves	10 años
4	Administrador	8 años

3.1.2.2 Personal de aseguramiento y control de calidad

El equipo de CQA para la construcción estuvo compuesto por ingenieros y técnicos de amplia experiencia en este tipo de obras. La estructura empleada por el equipo de CQA se detalla a continuación:

Tabla 5: Personal de aseguramiento y control de calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC.

Ítem	Cargo	Años de experiencia en cargos similares
1	Ing. De Registro	10 años
2	Ing. Monitor QA	10 años
3	Asistente de Oficina Técnica	5 años
4	Topógrafo	3 años
5	Topógrafo	3 años
6	Topógrafo	3 años
7	Técnico de suelos	3 años
8	Técnico de suelos	3 años

Ítem	Cargo	Años de experiencia en cargos similares
9	Técnico de suelos	3 años
10	Técnico Supervisor Turno Noche	3 años
11	Técnico Supervisor Turno Noche	3 años
12	Conductor	3 años
13	Conductor	3 años

El equipo de CQA de SINCO estuvo encargado de realizar la revisión de los trabajos de control de calidad de los equipos y contratistas de construcción que estuvieron en actividad en el proyecto. Ellos recibieron y revisaron la documentación de calidad generada por los equipos de QC (incluyendo los planes de CQC, lista de verificación, puntos de inspecciones de control de calidad, procedimientos operativos de campo/laboratorio y procedimientos de gestión), y la compararon con los requerimientos de los planes técnicos, especificaciones, estándares aplicables y los requerimientos del cliente para evaluar si los programas establecidos podrían dar como resultado un trabajo que cumpliera con los documentos de diseño. Los equipos de los informes de CQA acerca de la conformidad con el trabajo terminado se basaron en el fiel cumplimiento de las especificaciones del proyecto (ANEXO J) y las instrucciones de campo.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se encuentra localizado entre las coordenadas UTM N: 8'638,300 m y E: 423,460 m, en la concesión de beneficio "Yauricocha Chumpe" de la minera Sociedad Minera Corona, según se detalla en la Figura N°07; y está ubicado en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, región Lima. La Figura N°08 y su ubicación se encuentra más detallada en el Anexo A.

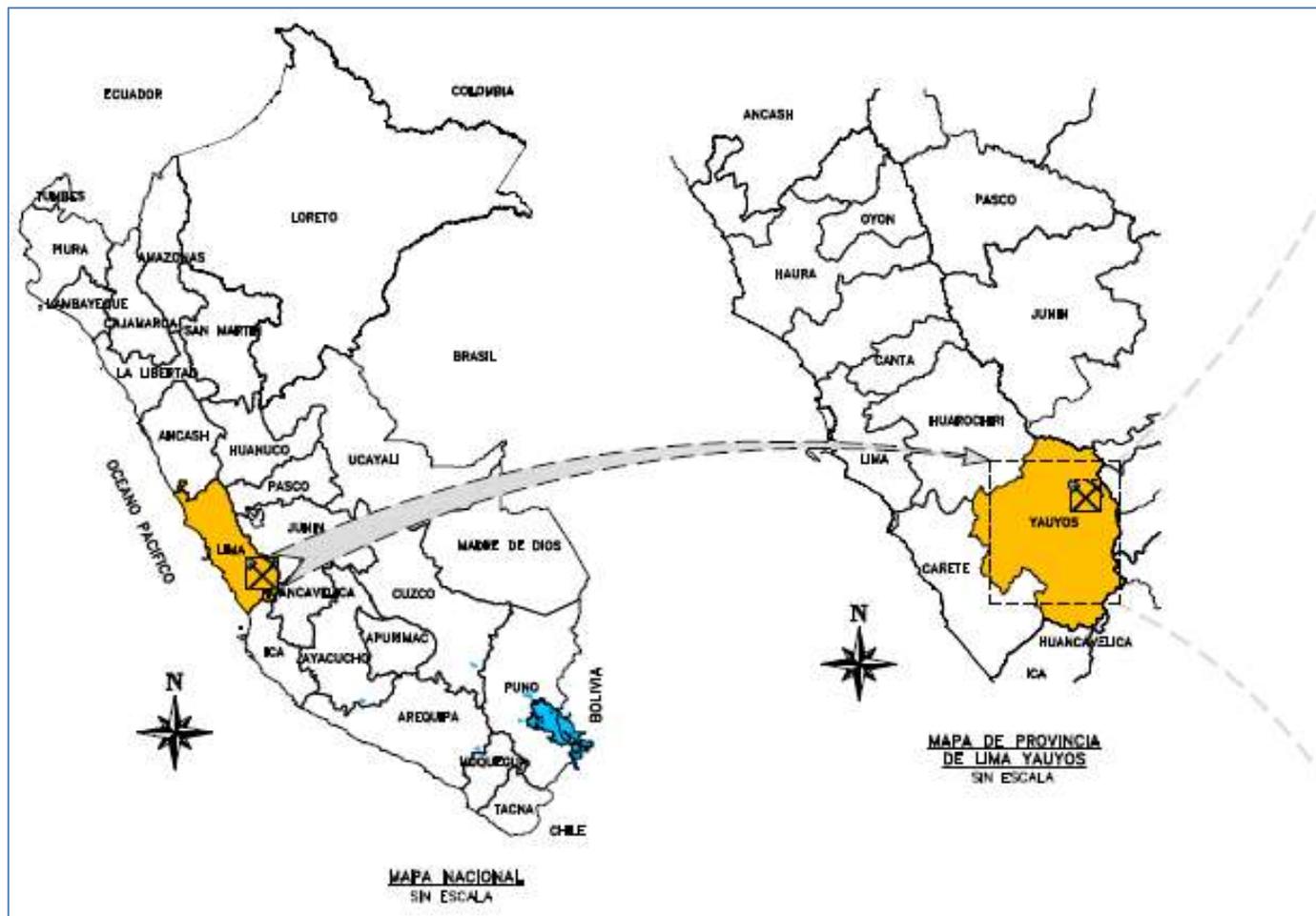


Figura N° 7: Ubicación regional del proyecto
Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

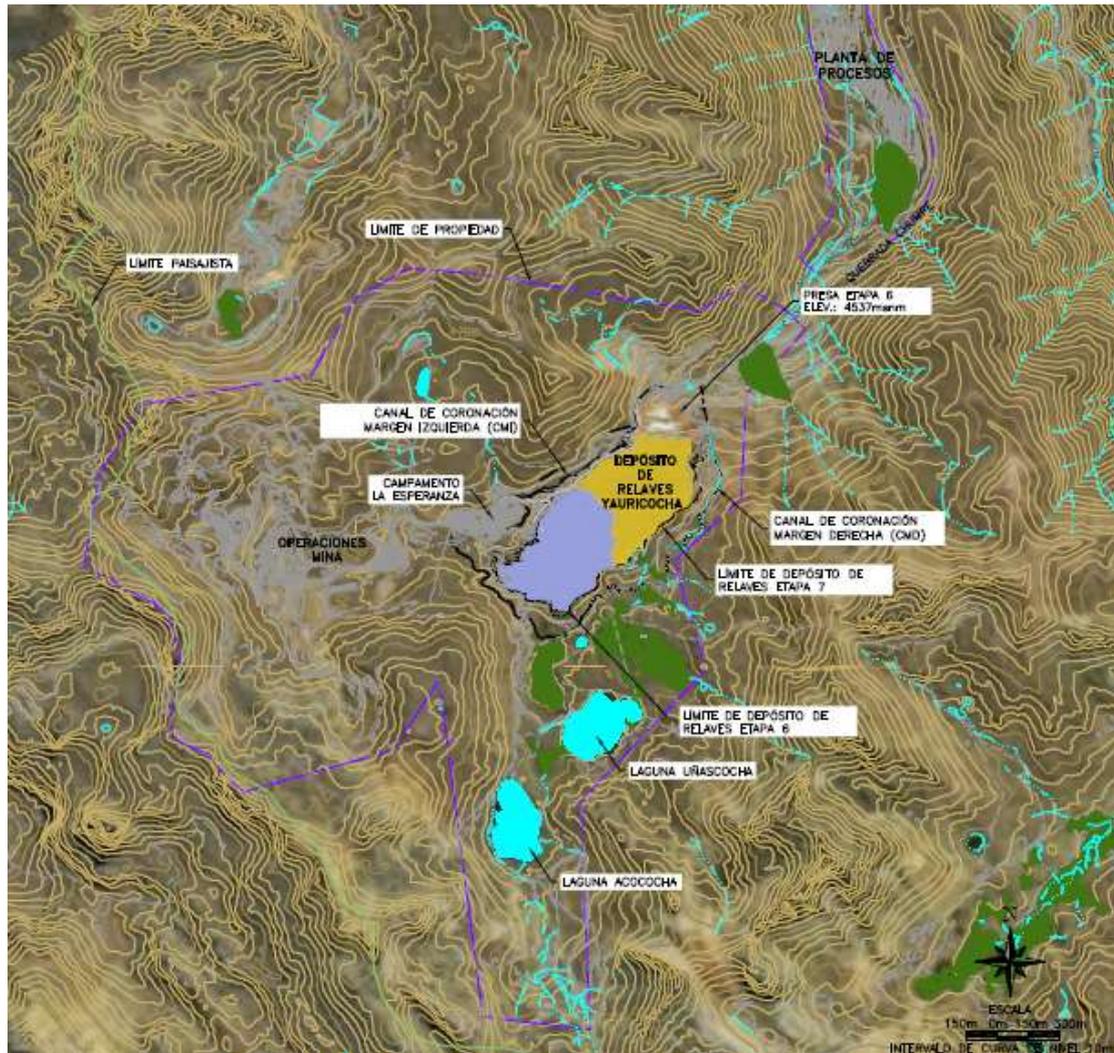


Figura N° 8: Ubicación del proyecto
Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

3.2.2 Acceso al proyecto

Para llegar a la zona de ejecución del proyecto, se pueden optar por 02 alternativas:

- 1° Alternativa: Desde Lima por vía terrestre hacia la ciudad de Huancayo en un tiempo de viaje aproximado de 8.0 h, luego recorrer 130 km de carretera asfaltada hacia la localidad de Tinco, en un tiempo aproximado de viaje de 2.0 h, finalmente recorrer un desvío de trocha carrozable de aproximadamente 8 km hacia la Unidad de Acumulación Yauricocha en un tiempo aproximado de 0.2 h.
- 2° Alternativa: Desde Lima por vía terrestre hacia la ciudad de Cañete en un tiempo de viaje aproximado de 2.5 h, luego recorrer 300 km de carretera

asfaltada hacia la localidad de Tinco, en un tiempo aproximado de viaje de 5.0 h, finalmente recorrer un desvío de trocha carrozable aproximadamente 8 km hacia la Unidad de Acumulación Yauricocha.

3.2.3 Descripción de las actividades de ejecución

En esta sección se presenta la descripción de las actividades más resaltantes del recrecimiento del dique.

3.2.3.1 Recrecimiento del dique

Para el talud aguas abajo (espaldón) de la presa (relleno masivo) se ha conformado cuatro (04) capas de 0.50 m con material desmonte de mina preparado y zarandeado (TM = 12" según se indica en la Tabla N°10) desde la fase I (cota 4,531 msnm) hasta llegar al nivel proyectado en la fase II de la etapa V (cota 4,533 msnm). Cabe mencionar que, previa conformación de una capa superior, se realizaron trabajos de escarificación en la capa anterior conformada, para evitar la generación de planos de falla horizontal entre capas. Para la liberación de capas se han efectuado en total 04 ensayos de densidad in situ por el método de reemplazo con agua (ASTM D5030), cuyos grados de compactación obtenidos cumplieron con lo indicado en las especificaciones técnicas al 95% del test fill.

En el muro de suelo estructural (MSE) se ha conformado ocho (08) capas de 0.25 m con material desmonte mina preparado y seleccionado (TM = 3") desde el nivel de corona de la etapa V fase I cota 4,531 msnm hasta llegar al nivel proyectado de la fase II de la etapa V (cota 4,533 msnm). El proceso constructivo de conformación del relleno estructural fue similar al ejecutado en el espaldón de la presa (escarificación y encroches).

Se instalaron cajas terramesh de 1.0x1.0x4-2 m y 1.0x1.0x5-2 m para luego llenarlas manualmente con roca de desmonte de mina de gradación comprendida entre 6" y 12", conformando el refuerzo con gaviones aguas arriba y aguas abajo; los gaviones instalados para el encroche en el estribo este de la presa, cuenta con anclajes de acero instalados en roca cuya superficie fue nivelada con una mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por recomendación de la supervisión, lo cual fue registrado en el RFI-005; en el lado oeste, se ha efectuado el retiro de material

inadecuado para conformar el suelo de fundación. Entre cada capa se ha instalado geotextil no tejido de 270 gr/m² para confinar el material utilizado en la conformación del muro de suelo estructural y evitar la intrusión de finos en las cajas terramesh. Para la liberación de capas se han efectuado en total 24 ensayos de densidad in situ por el método de cono de arena (ASTM D1556), cuyos grados de compactación obtenidos cumplieron con lo indicado en las especificaciones técnicas al 95% del PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557).

En la Figura N°9 se muestra la etapa V fase I del dique (color plomo) y el recrecimiento del dique etapa V fase II (color resaltado).

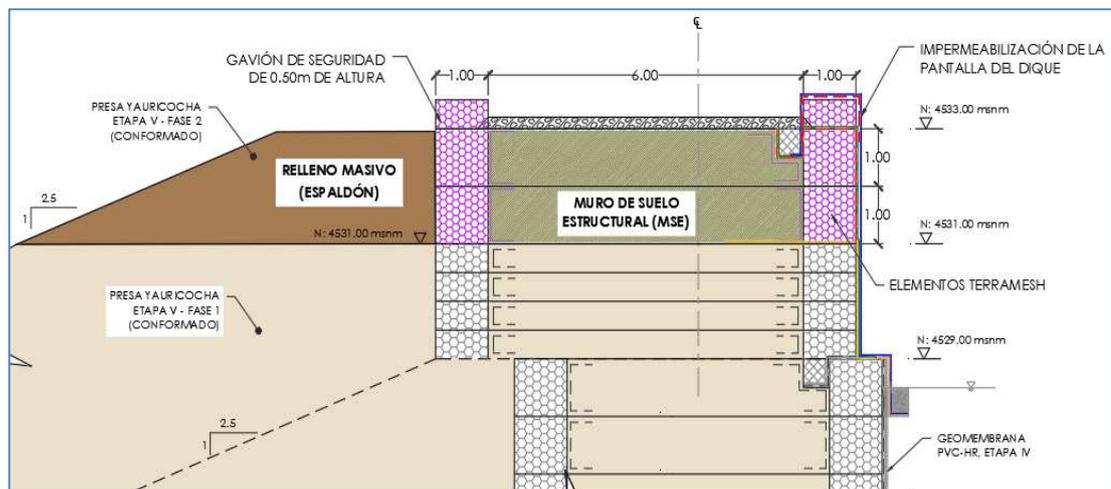


Figura N° 9: Sección Típica de Recrecimiento de Dique
Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

3.2.3.2 Impermeabilización de la pantalla del dique

Para la impermeabilización en el dique se ha realizado el siguiente procedimiento: Primero se colocó geomembrana HDPE 1.0mm, llamada geomembrana de sacrificio, que va anclada en la parte superior de la corona del dique a la cota 4531msnm y en la parte inferior anclada en el nivel de relaves.

Luego de culminar con el recrecimiento del dique a la cota 4533msnm se instaló geotextil como protección en la superficie de los gaviones (pantalla del dique) para poder instalar geomembrana HDPE 1.0mm, que va anclada en la parte superior de la corona del dique a la cota 4533msnm y en la parte inferior va soldada en la banquetta de 0.50m de ancho (cota 4529msnm).

Por último, al culminar la instalación de gaviones de seguridad en la corona del dique, se instaló geomembrana HDPE 1.5mm que ha sido anclada en la parte

superior del dique a la cota 4533.25, va por encima de los gaviones de seguridad y baja por toda la pantalla del dique hasta ser anclada en el nivel de relaves.

Se utilizaron los siguientes geosintéticos:

- Geotextil no tejido 300 gr/m²
- Geomembrana HDPE 1.0 mm
- Geomembrana HDPE 1.5 mm

En la figura N°10 se muestra la foto del proceso de instalación de los paneles de geomembrana en un talud vertical (pantalla del dique).



Figura N° 10: Despliegue de paneles de geomembrana en pantalla de dique

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

En la Figura N°11 se muestra la distribución de geosintéticos que se instalaron en la pantalla del dique para su correcta impermeabilización.

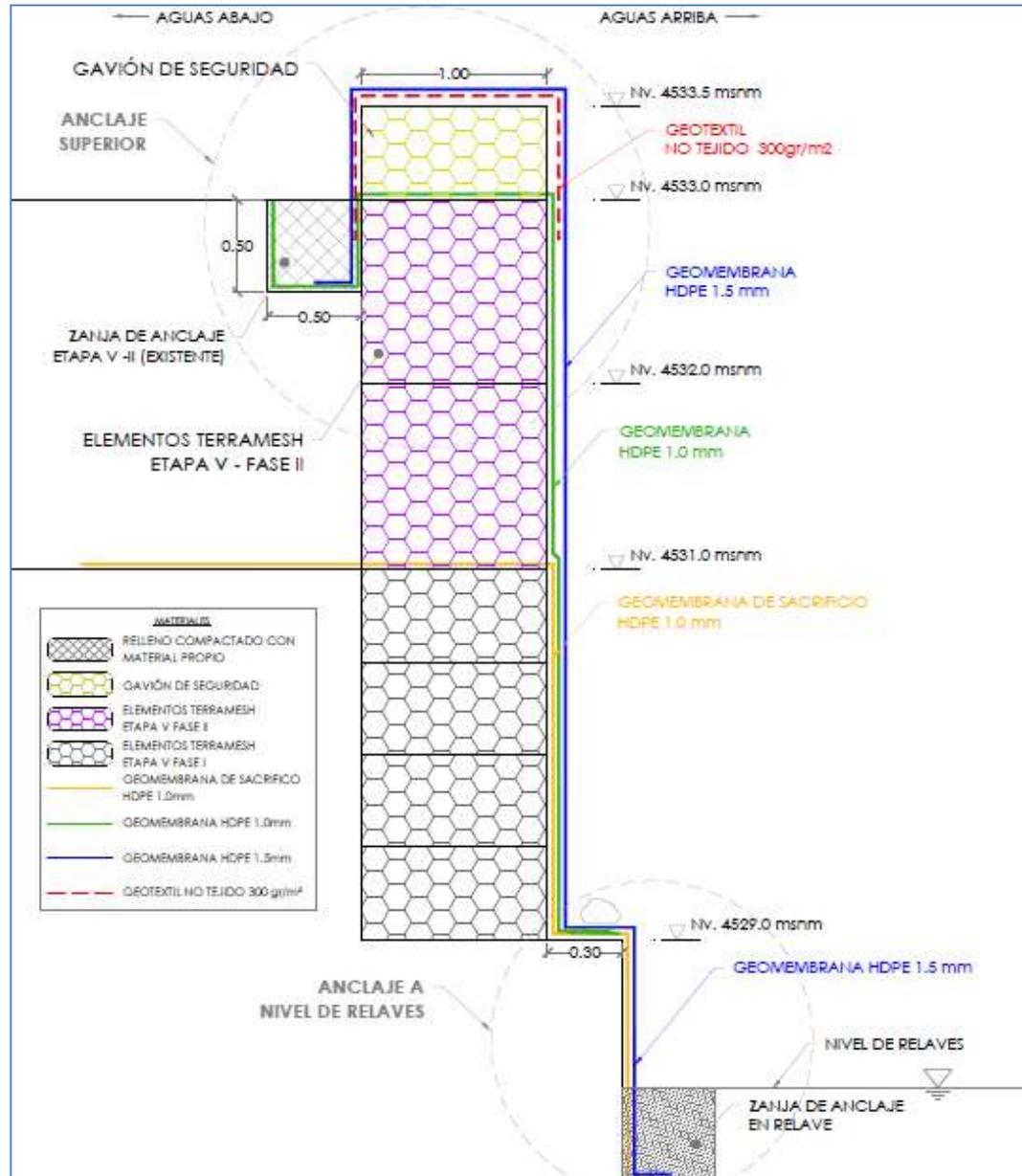


Figura N° 11: Sección Típica de Impermeabilización de Pantalla de Dique

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

3.2.3.3 Sistema de impermeabilización del vaso

Para realizar la impermeabilización del depósito de Relaves se construyó la plataforma (cota: 4534msnm) a lo largo de todo el perímetro del vaso. Para el inicio de dicha impermeabilización, se realizó el despliegue y costura de geotextil no tejido de 300 gr/m², cubriendo el interior del vaso en su totalidad, para proteger a la geomembrana LLDPE de 1.5 mm de algún punzonamiento del terreno, esta geomembrana fue desplegada sobre el geotextil. Los paneles de geomembrana

desplegados fueron soldados por fusión y los parches fueron soldados por extrusión.



Figura N° 12: Despliegue de paneles de geomembrana en el vaso

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Cabe mencionar que, dichos geosintéticos que conforman el sistema de impermeabilización fueron anclados a una zanja excavada en la corona del vaso (cota 4534msnm), dicha zanja de anclaje fue cubierta por un relleno de préstamo (cantera tajo central), el cual fue compactado en capas de 25 cm.

3.3 SUPERVISIÓN CQA

3.3.1 Descripción de la experiencia profesional

Con el cargo de asistente de Oficina Técnica en el equipo de supervisión CQA, como parte de las responsabilidades estipuladas a mi persona se ejecutaron inspecciones inopinadas a los diferentes frentes de trabajo y laboratorios, para el corroborar el fiel cumplimiento de todos los estándares propuestos en el expediente técnico, así como también la verificación del cumplimiento de todos los requisitos de calidad de los materiales comprados por el cliente (compañía minera) y la contratista encargada de ejecución.

El control y aseguramiento de la calidad se desarrolló bajo la supervisión de mi persona, realizándose las siguientes actividades de control:

- Revisión del Plan de Control de Calidad del contratista encargado de la ejecución del proyecto.
- Evaluación y aceptación de personal que constituye el área de Control de Calidad de la contratista encargada de la ejecución.
- Validación de equipos y personal permanente para los trabajos de geosintéticos.
- Revisión del Plan de Trabajo de los diferentes frentes en la cual el contratista encargado realizará la ejecución del proyecto.
- Documentar las desviaciones existentes entre la ejecución y las especificaciones técnicas, planos, manual CQA, etc.
- Registrar los reportes de No Conformidades, Reportes de vigilancia. Así como también los RFI's y RFC's.
- Emisión de los reportes semanales, informes situacionales y de los informes mensuales.
- Revisión de los Planos As Built.
- Revisión del Dossier de Calidad hasta su aceptación.

3.3.2 Organigrama del proyecto

En la obra del recrecimiento del depósito de relaves hubo varios involucrados, los cuales en la Figura N°13 se muestran según los cargos desempeñados en la ejecución de la obra.

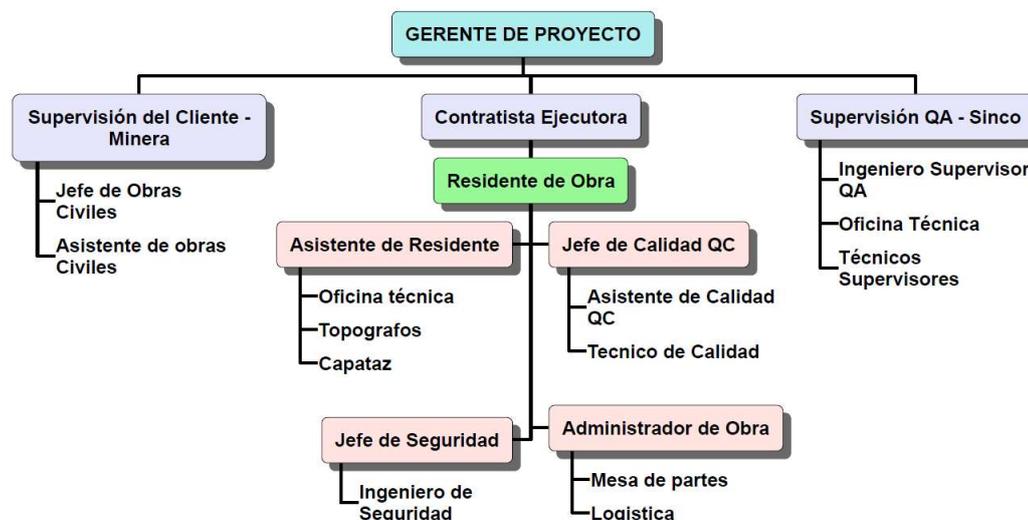


Figura N° 13: Organigrama del proyecto
Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

A continuación, en la tabla N°06 se muestra las partes que conforman la obra; cliente, ejecutor y supervisión; además se detalla los roles que tuvieron cada uno de los involucrados en el proyecto:

Tabla 6: Roles y responsabilidades

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC.

Ítem	Empresa	Cargo	Rol y responsabilidades
1	Cliente / Minera	Gerente de proyecto	Es el dueño del proyecto, la persona con el mayor peso en la toma de decisiones. Se reúne con el equipo de trabajo semanalmente.
2		Jefe de Obras Civiles	Representante de la minera en la Obra y supervisor por parte de la minera. Organizador de las reuniones diarias.
3		Asistente de Obras Civiles	Representante de la minera en la Obra, supervisor por parte de la minera y relevo del jefe de Obras Civiles.
4	Contratista Ejecutor	Residente de Obra	Responsable de la ejecución y coordinación de todo el proyecto. Responsable del cumplimiento del plan de calidad y del plan de seguridad.
5		Asistente de Residente	Relevo del residente de obra, cubre todas sus funciones en su ausencia.
6		Jefe de Seguridad	Velar por el cumplimiento de seguridad y salud ocupacional para el trabajo.
7		Jefe de Calidad QC	Ingeniero encargado de velar por el cumplimiento de frecuencias del manual de calidad.
8		Administrador de Obra	Administra todos los recursos de la obra
9	Supervisión QA Sinco	Ingeniero Supervisor QA	Velar por la calidad de la Obra. Implementar todos los procesos del plan de calidad.
10		Oficina Técnica	Realizar seguimiento al costo y tiempo del proyecto. Verificar los protocolos de calidad.
11		Técnicos supervisores	Ejecutar los ensayos necesarios según frecuencia del manual CQA. Supervisar los ensayos y trabajos del personal QC.

3.3.3 Stake holders

Durante el desarrollo de la gestión del proyecto, se ha tenido que coordinar con diferentes entidades relacionadas con la ejecución del proyecto que se muestran en la siguiente Tabla N°07.

Tabla 7: Stake Holders

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC.

Propietario de la obra:	Sociedad Minera Corona S.A. (SMCSA)
Ejecutor del proyecto:	CONTRATISTA ejecutora
Aseguramiento de calidad (QA):	SINCO Ingeniería y Construcción S.A.C.
Control de calidad (QC):	QC en Movimiento de Tierras CONTRATISTA / SINCO S.A.C. QC en Geosintéticos CONTRATISTA / SINCO S.A.C.
Comunidades rurales:	Tinco / Laraos
Entes fiscalizadores y gubernamentales:	Ministerio de Energía y Minas OSINERGMIN OEFA Municipalidad Provincial de Yauyos Municipalidad Distrital de Alis

Durante la construcción del recrecimiento del depósito de relaves, se realizaron varios tipos de reuniones para mejorar la comunicación, coordinación y toma de decisiones.

En las reuniones y toma de decisiones realizadas en el proceso de ejecución del proyecto, se pudo notar diferentes actitudes de los profesionales involucrados:

- Por parte del cliente (propietario de la obra) se observó una buena predisposición para que las actividades se realicen según los estándares de calidad, ya sean partidas nuevas o actividades de mayores metrados, tener en cuenta que todos los gastos adicionales del proyecto, que no han sido contemplados en el diseño del proyecto afectan cuantiosamente al cliente.

- Por parte de Operaciones (contratista ejecutor) no mostraba clara y permanentemente una actitud para ejecutar los trabajos con las exigencias y calidad que el proyecto requería, por ende, como medida consecuente el cliente tomó la decisión de solicitar el cambio de Residente de Obra, haciendo una mejora en el Staff del personal de la contratista.
- Por parte del Control de Calidad (contratista ejecutor) tenían voluntad por realizar una buena gestión de calidad, hasta la mitad de obra, en donde lamentablemente por temas internos de la contratista hubo cambios de personal y la gestión de la calidad del proyecto decayó.

A continuación, proporcionamos un breve resumen de los tipos y frecuencias de reuniones a las que se ha asistido juntos con los Stake Holders.

3.3.3.1 Reuniones diarias

Las reuniones diarias, de inicio y cierre de guardia se llevaron a cabo todos los días en las oficinas de obras civiles de la minera, en la cual participaban el equipo de CQA, contratista y supervisión por parte del cliente, estas reuniones se llevaron a cabo desde el inicio del proyecto hasta su culminación.

3.3.3.2 Reuniones semanales de control de calidad

El equipo de CQA sostenía una reunión semanal específicamente para revisar los temas de calidad y tratar los problemas, restricciones, planteamiento de soluciones para evitar retrasos en la calidad de la obra. En estas reuniones participaban los ingenieros del área de obras civiles, área de proyectos y el contratista ejecutor, donde se trataban los resultados de las pruebas de campo y laboratorio, los problemas y sus respectivas soluciones y cambios requeridos en el diseño o enviados por los ingenieros proyectistas.

3.3.4 Cronología de ejecución del proyecto

A continuación, en la Tabla N°08 se muestra los Hitos más importantes que se identificaron en la ejecución del proyecto, en los cuales resaltan el inicio y fin de obra, el inicio de las actividades de movimiento de tierras, así como también la apertura de las tareas de geosintéticos.

Tabla 8: Cronología de ejecución del Proyecto

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

Fecha	Hitos
03/02/21	Acta de apertura de Obra
24/02/21	Inició de los trabajos de movimiento de tierras, excavación en estribo derecho.
04/03/21	Inicio del armado y llenado de cajas de gaviones en la corona del dique, cota 4,532 msnm
11/04/21	Excavación para anclaje de gaviones en el empotramiento del dique.
28/04/21	Liberación de fundación del Muro de Suelo Estructural (MSE) en la corona del Dique.
01/05/21	Conformado de la primera capa de material estructural del MSE cota 4531.50 msnm.
05/06/21	Liberación de conformación de la primera capa de relleno masivo (espaldón).
15/06/21	Finalización del llenado de las cajas de gavión cota 4,533 msnm.
24/06/21	Culminación de la conformación de relleno estructural cota 4,533 msnm.
02/07/21	Colocación de geomembrana en la pantalla del dique.
20/08/21	Inicio de la instalación de geotextil 300 gr/m ² en el vaso.
22/08/21	Inicio de la instalación de geomembrana LLDPE 1.5mm en el vaso.
27/08/21	Inicio del llenado de gaviones de seguridad, nivel 4,533.50 msnm.
01/10/21	Conformación de la capa de rodadura en el dique, nivel 4533.25 msnm.
22/11/21	Finalizó la instalación de geosintéticos para la impermeabilización del depósito de relaves.
29/11/21	Se realiza la entrega del proyecto, constatado mediante el Acta de Cierre de Obra

3.3.5 Autorizaciones y recursos

A continuación, se muestran las autorizaciones que se tiene sobre el proyecto en mención:

- Resolución Directoral N.º 028-2019-SENACE-PE/DEAR de fecha 11 de febrero de 2018, expedida por el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones sostenibles - SENACE, que aprobó el

“Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Acumulación Yauricocha”, para el recrecimiento del Depósito de Relaves Yauricocha, presentado por Sociedad Minera Corona S.A.

- Recomendaciones del EIA y las medidas de seguridad contempladas en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional minera aprobada por D.S. N° 024-2016-EM y modificatoria y las medidas contenidas en el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero, aprobado por Decreto Supremo N°040-2014-EM y demás normas conexas.

Así mismo se detalla la autorización de funcionamiento del proyecto, una vez concluida su construcción, es decir la aprobación del dossier de calidad y de su correcta construcción del proyecto:

- La dirección general de minería (DGM) mediante Resolución Directoral N° 0341-2022-MINEM/DGM del 04 de abril de 2022, sustentada en el Informe 0106-2022-MINEM-DGM-DTM/PB, autorizó a SMCSA el funcionamiento del recrecimiento de la Etapa V – Fase II de la presa del depósito de relaves Yauricocha desde la cota 4531 msnm a la cota 4533 msnm de la concesión de beneficio “Planta de Beneficio Yauricocha Chumpe”, respetando un borde libre de 1.5 m.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

4.1 PLANIFICACIÓN

La aplicación de este proyecto es llevada por la gestión documentaria, que se describe como los documentos requeridos para iniciar la construcción de la obra civil y está referida de documentos de índole legal y técnica. Estos documentos son elaborados por la empresa constructora y suministrados al contratista para su ejecución.

A continuación, en la Figura N°14 se detalla el mapa de procesos que se ha seguido durante el seguimiento y control de calidad del proyecto.

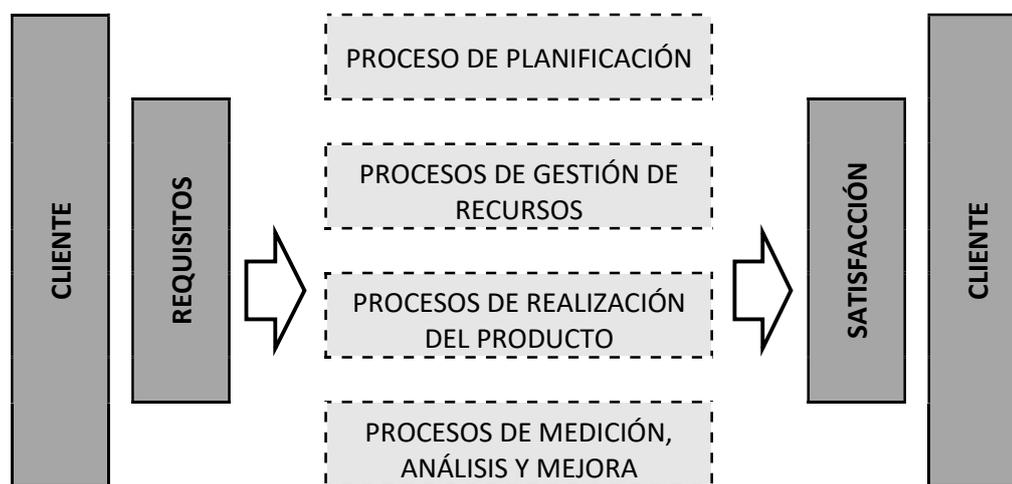


Figura N° 14: Mapa de procesos de gestión de calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Los documentos necesarios para el Plan de Gestión de Calidad, que permitirán la correcta y oportuna ejecución del proyecto son: el contrato, propuesta técnica, procedimientos constructivos, planes de puntos de inspección y los formatos para registros. Los PPI's (plan de puntos de inspección) y los formatos de los registros se encuentran en los anexos D y E respectivamente, así mismo en el anexo F se muestran ejemplos de formatos de registros y/o protocolos realizados y firmados durante la gestión de calidad del proyecto. Los PPI's están detallados en el ítem 4.1.3. mientras que los registros se muestran en el ítem 4.3.2.

Todos estos documentos mencionados, están mostrados en la Figura N°15 según la importancia y/o niveles, con los cuales se puede llegar a concretizar el plan de calidad.



Figura N° 15: Requisitos de la Documentación para la gestión de la calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

A continuación, en la Figura N°16 se muestra el esquema del plan de calidad realizado, aprobado y ejecutado en la construcción del Recrecimiento del Depósito de Relaves.

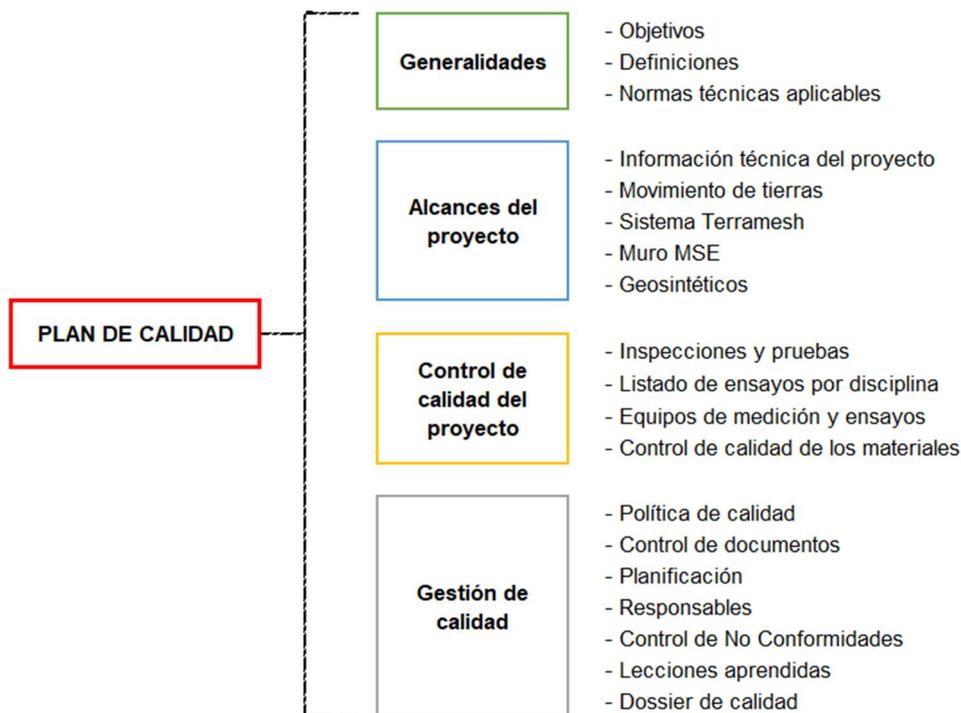
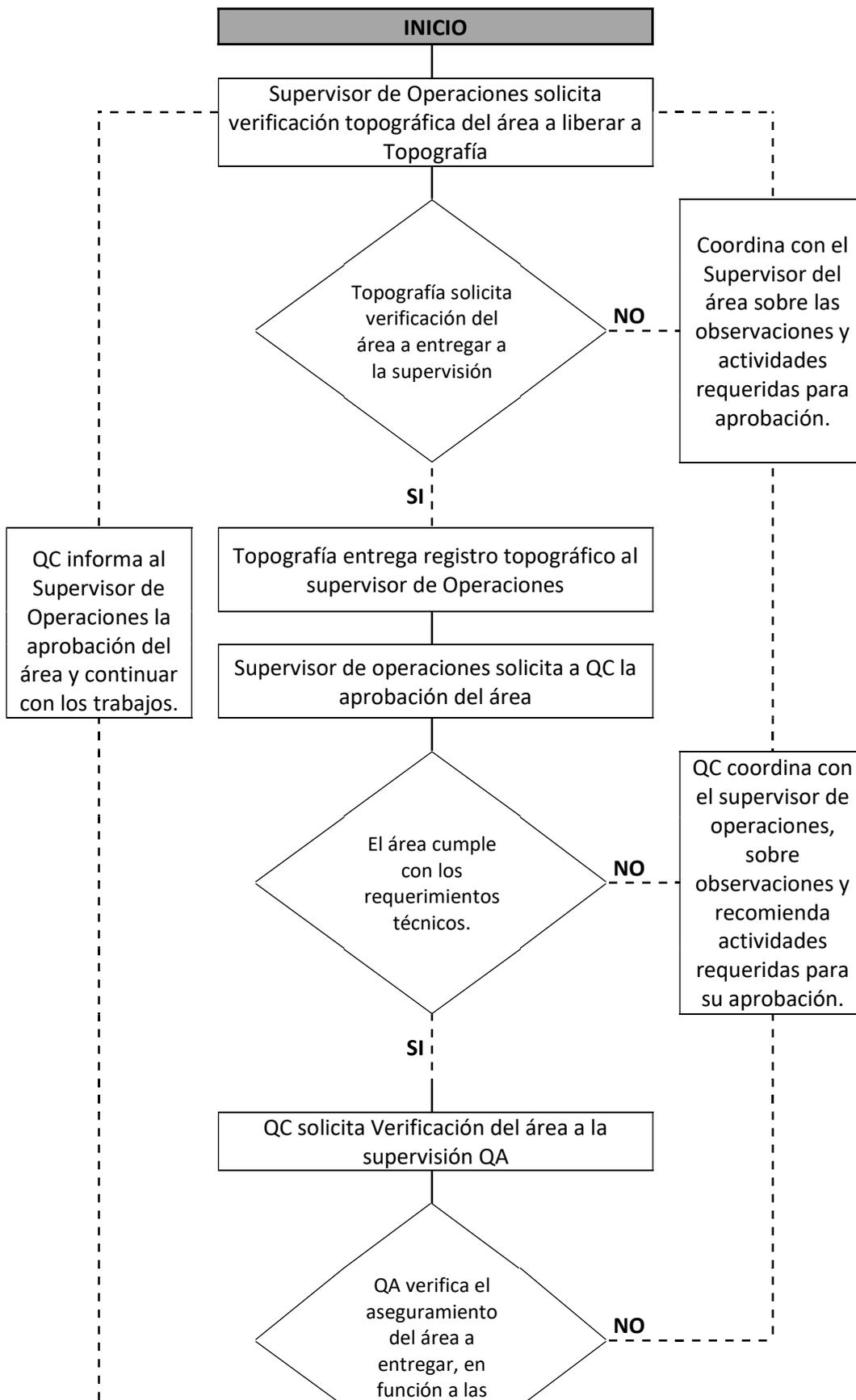


Figura N° 16: Esquema del plan de calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Dentro del plan de calidad se definen los flujogramas para el proceso de aprobación y aceptación en campo, de los trabajos topográficos o de los ensayos, según se muestra en las Figura N°17 y Figura N°18 respectivamente.



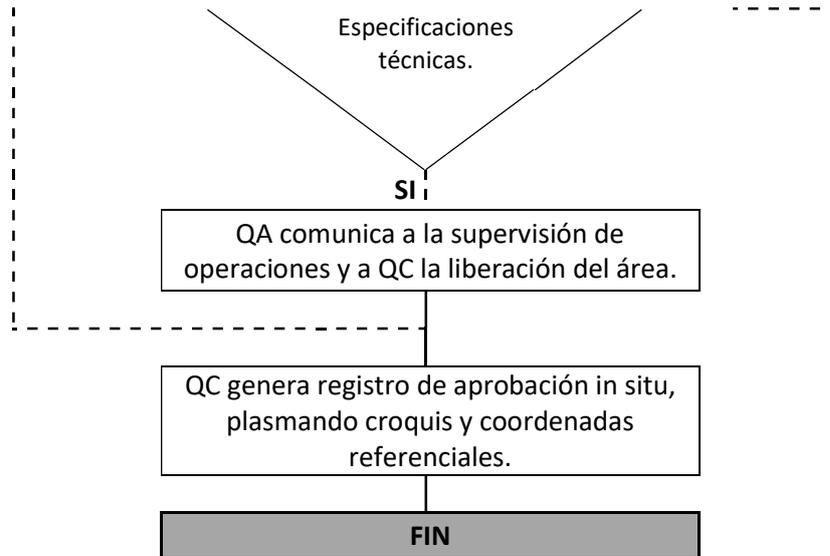
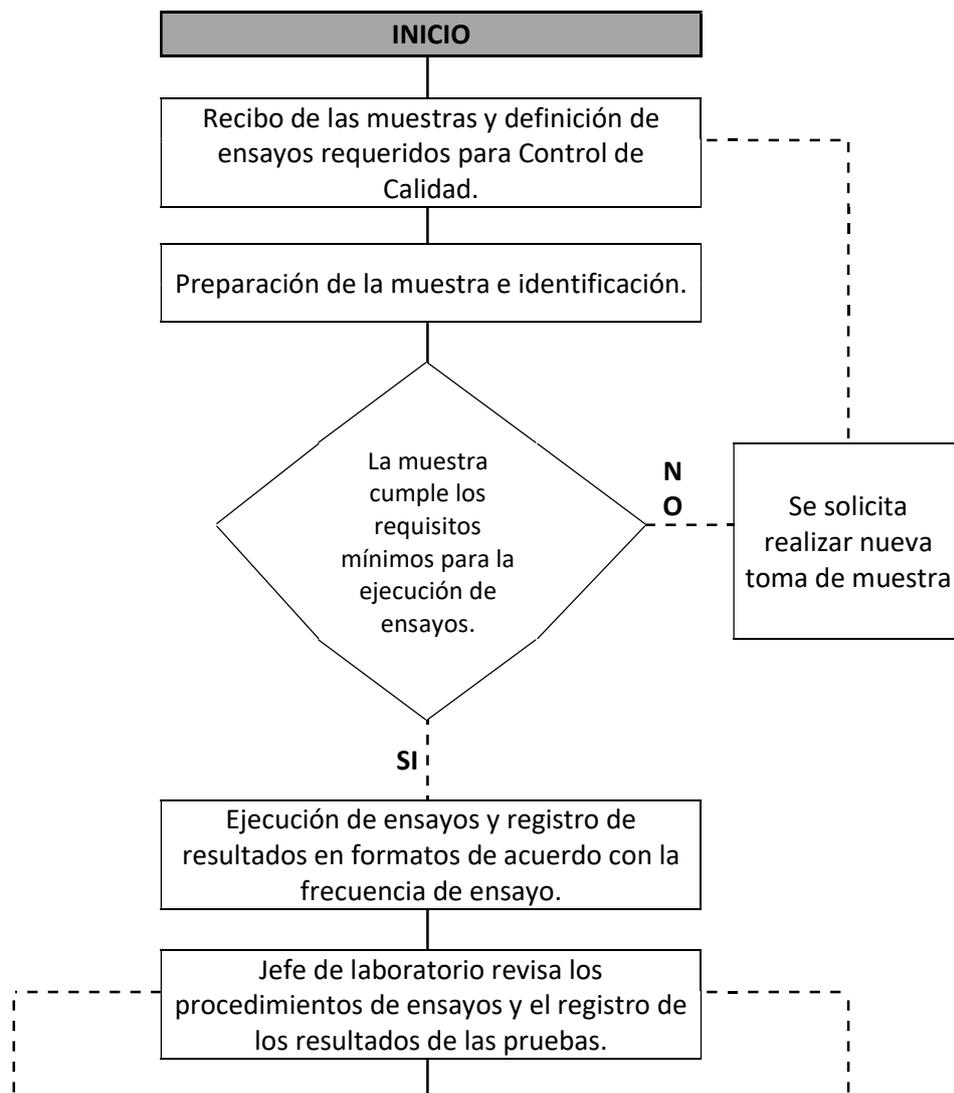


Figura N° 17: Flujograma de aprobación y aceptación en campo

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)



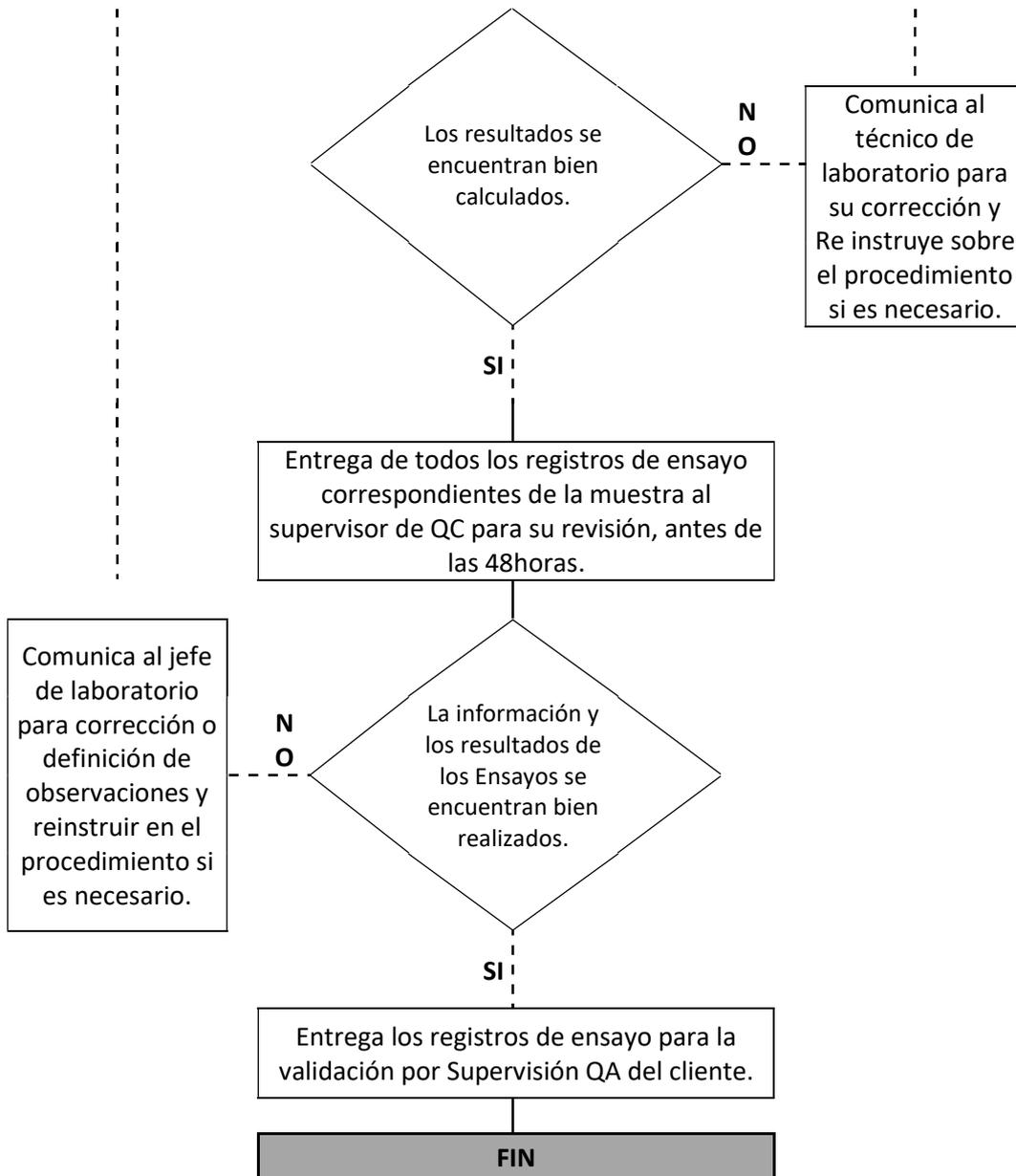


Figura N° 18: Flujograma de aprobación y aceptación en campo

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

4.1.1 Objetivos de calidad

El objetivo del Informe del dossier de calidad del CQA es presentar y contar con el registro de los procedimientos y técnicas apropiadas efectuadas por la supervisión, como parte del servicio de Aseguramiento de la Calidad en la construcción del Recrecimiento del Depósito de Relaves.

Los trabajos de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC, están sustentados por el manual de Calidad presentadas en los proyectos, así como de los estándares y normas de calidad aplicables para este tipo de proyectos.

Los lineamientos cumplidos fueron:

- Asegurar la calidad de los materiales y equipos suministrados
- Asegurar la calidad de los procesos constructivos
- Asegurar la calidad de información, gestión y comunicación
- Asegurar la conformidad del propietario en la entrega del proyecto

4.1.2 Documentos legales

Se refiere a los documentos requeridos para iniciar la construcción de la obra civil, los cuales son de índole legal y técnica. Estos documentos son elaborados por la empresa constructora y suministrados al subcontratista para su ejecución. De los cuales se puede mencionar los siguientes:

- Contrato, el cual se obtiene una vez se cumpla con todos los requisitos necesarios para su obtención. En este documento se detallan las condiciones de entrega del terreno.
- Información Técnica, es el documento que registra las características técnicas del área de intervención: Ubicación legal y política, coordenadas, geomorfología, clima, accesos, tiempos de acarreo, croquis, propietario, condiciones particulares del predio, entre otros que se recogen en la etapa de búsqueda y adquisición, y que son relevantes a la hora de determinar elementos vuelven sensible el costo original del proyecto o los tiempos predeterminados.
- Permisos y licencias, este ítem se refiere a los trámites para la Autorización de construcción o por lo menos la solicitud de este, ya que por ser un proyecto correspondiente al rubro de Telecomunicaciones aplica El Silencio Administrativo Positivo, el cual, supone que la empresa operadora declara fundado (aceptado) el reclamo si: La empresa no ha emitido la resolución de primera instancia o no la ha notificado en los plazos correspondientes.

4.1.3 Expediente técnico

Estos corresponden a los documentos de carácter técnico necesarios para la ejecución de las obras proyectadas. Estos son los siguientes:

- Memorias Descriptivas, Especificaciones Técnicas y Memorias de Cálculo de Edificación y/o Cimentación por Especialidad, son los documentos del que se toman los criterios mínimos para la elaboración del proyecto y que a su vez cumple mínimamente con lo exigido en las Normas vigentes, las bases del Proyecto y la Propuesta Técnica validada por el cliente.

- Estudios Preliminares, incluye en este punto los estudios de mecánica de suelos, cuya obligatoriedad es establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Planos de proyecto, se incluyen aquí los planos generales, de ubicación, planimétricos o topográficos, las especialidades de estructuras, geotecnia y geología.
- El presupuesto y cronograma de Obra, son los documentos principales para realizar el seguimiento de la obra, ya sea por la gestión de costos (tema monetario) o por la gestión de cronograma (tema de tiempos). Adicional estos dos documentos son importantes para definir las partidas y actividades de la obra, así como los hitos en donde se debe realizar las inspecciones de seguridad.
- Plan de puntos de inspección, Es un documento de calidad generado a partir del presupuesto, cronograma, Especificaciones técnicas y manual CQA, en el cual se establece los criterios de aceptación o rechazo, las normas y especificaciones aplicables, la frecuencia de ensayos, el tipo de inspección, el responsable, así como el registro de los resultados para cada una de las actividades críticas de los procesos constructivos.

4.2 EJECUCIÓN

Durante la etapa de ejecución, se definió 02 frentes de trabajo bien marcados, los cuales se muestran en la figura N°19, El recrecimiento del Dique de relaves y los trabajos de impermeabilización del vaso de la relavera.

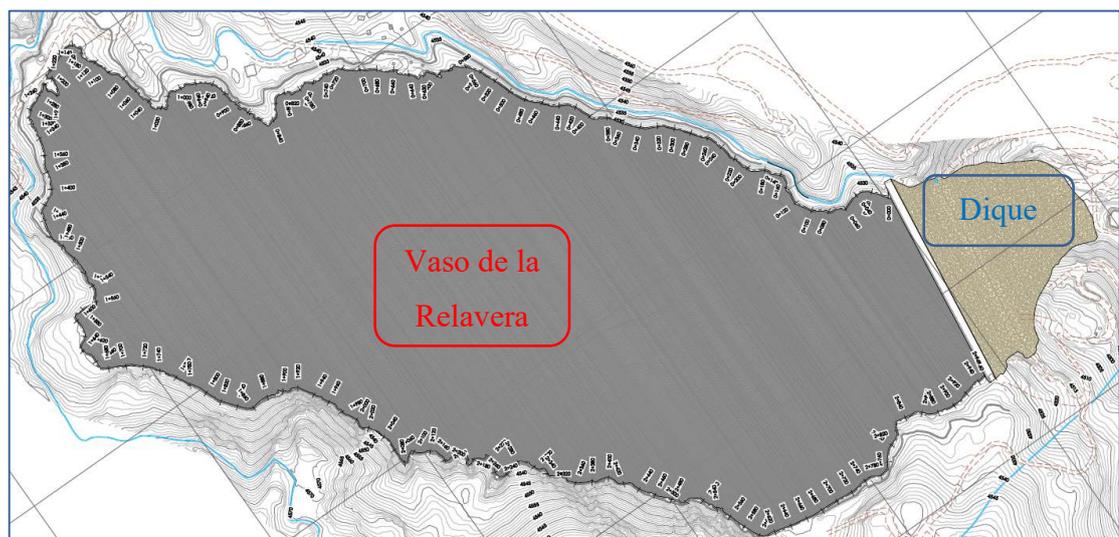


Figura N° 19: Frentes de trabajo

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Así mismo, los trabajos de impermeabilización del vaso se sectorizaron en 13 tramos como se muestran en la Tabla N°9.

Tabla 9: Sectorización de frentes de trabajo

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

Ítem	Tramo	Progresivo inicio	Progresiva Fin
01	Tramo 1	0+000	0+060
02	Tramo 2 y 3	0+060	0+600
03	Tramo 4	0+600	1+340
04	Tramo 5	1+340	1+600
05	Tramo 6	1+600	1+680
06	Tramo 7	1+680	1+780
07	Tramo 8	1+780	1+880
08	Tramo 9	1+880	2+080
09	Tramo 10	2+080	2+120
10	Tramo 11	2+120	2+580
11	Tramo 12	2+580	2+720
12	Tramo 13	2+720	2+960

En la figura N°20 se muestra la sectorización del frente: impermeabilización del vaso del depósito de relaves, además se puede apreciar el seguimiento que se realizó durante la ejecución de ese frente.

La empresa ejecutora, por medio de varios colores y tomando en cuenta las progresivas antes mencionadas (Tabla N°09), se ha separado los tramos o sectores del vaso; adicional para desarrollar un seguimiento del avance, a coloreado 02 actividades principales, la excavación de plataforma y la excavación de zanja de anclaje.

De color magenta se muestra el avance de excavación de plataforma y de color verde el avance de la excavación de zanja de anclaje de geosintéticos.

4.2.1 Supervisión de la preparación de material

Para las actividades de movimiento de tierras se tendrá en cuenta las Especificaciones técnicas del proyecto, así como el manual CQA y el plan de calidad aprobado. Para esto, todos los materiales utilizados en el relleno masivo, relleno estructural y relleno selecto deben cumplir los requisitos mostrados en las Tabla N°10, N°11, N°12 y N°13:

Tabla 10: Huso granulométrico Relleno Masivo – Desmonte de mina

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

Tamaño de Malla		% acumulado que pasa
S.I.	ASTM D-422	
300 mm	12 pulgadas	100
200 mm	8 pulgadas	80 – 100
100 mm	4 pulgadas	65 – 95
19 mm	3/4 pulgadas	40 – 75
4.75 mm	# 4	25 – 45
2.0 mm	# 10	20 – 40
0.6 mm	# 20	15 – 30
0.45 mm	# 40	10 – 25
0.075 mm	# 200	5 – 20

Tabla 11: Huso granulométrico Relleno Estructural

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

Tamaño de Malla		% acumulado que pasa
S.I.	ASTM D-422	
200 mm	8 pulgadas	100
100 mm	4 pulgadas	100 – 100
19 mm	3/4 pulgadas	70 – 100
4.75 mm	# 4	50 – 80
2.0 mm	# 10	40 – 70
0.6 mm	# 20	30 – 60
0.45 mm	# 40	20 – 50
0.075 mm	# 200	0 – 30

Tabla 12: Índice de plasticidad Relleno Estructural

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

% acumulado que pasa 0,075 mm (#200)	Índice de plasticidad (IP) (valor máximo)
30 – 40	12
25 – 30	17
16 – 25	20
5 – 15	25
Menor a 5	30

Tabla 13: Huso granulométrico Relleno Selecto

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

Tamaño de Malla		% acumulado que pasa
S.I.	ASTM D-422	
75 mm	4 pulgadas	100
19 mm	3/4 pulgadas	60 – 100
9,5 mm	3/8 pulgadas	40 – 85
4.75 mm	# 4	30 – 75
2.37 mm	# 8	20 – 50
0.45 mm	# 40	15 – 40
0.075 mm	# 200	5 – 30

4.2.2 Supervisión de campo

La supervisión de campo tiene por objetivo velar por el correcto proceso de construcción de obras civiles en el recrecimiento del dique, y se realiza mediante la supervisión en campo por profesionales en ingeniería civil, a través de visitas de inspección a las obras en ejecución según los hitos o actividades principales de avance de la obra en su cronograma, y los cuales son propuestos desde un principio según necesidades.

Estas actividades de campo implican se generen validaciones de detalles técnicos y especificaciones, procedimientos constructivos, validación de metrados de las actividades ejecutadas para liquidación, así como de documentos asociados en la ejecución de la construcción.

Además, requiere se elaboren los informes situacionales del proyecto, recomendaciones y propuestas de acciones a tomar para cumplir y alcanzar sus objetivos.

4.2.3 Inspecciones de campo

Se realiza la trazabilidad de la supervisión en campo a las obras en ejecución según hitos y/o actividades principales del cronograma de obra aprobado para el proyecto; la finalidad de esta supervisión permanente es verificar el avance de la obra, calidad, seguridad en la construcción y protección del medio ambiente de acuerdo con las actividades que realiza el contratista en la ejecución del proceso constructivo; y que estas cumplan con los planos de diseños, estándares establecidos del proyecto y normas vigentes. En estas inspecciones se verifica y valida las siguientes consideraciones:

- El cumplimiento de la ejecución con los planos del proyecto aprobado, calidad especificada de los materiales, procedimientos constructivos, identificación de cambios al proyecto que estos se informen, aprueben e implementen correctamente.
- El cumplimiento del cronograma de obra aprobado según actividades principales o hitos, detectar el grado de las desviaciones en el plazo y proponer acciones y recomendaciones para recuperar o mitigar el desvío de plazo.
- Proponer, recomendar acciones de estrategia en la construcción en campo para mejoras en plazo, correcciones en obra de calidad y procedimientos que no afecten y generen cambio al proyecto aprobado.
- El cumplimiento de los estándares de seguridad en el trabajo y protección del medio ambiente de acuerdo con lo exigido por ley y en el proyecto.
- Toma de datos del desempeño del contratista en la ejecución de la obra, para posterior análisis de acuerdo con indicadores.

Los hitos más relevantes de la obra civil y que forman parte de programa de visitas por parte del supervisor son los siguientes:

- Inicio de obra.
- Excavaciones y/o movimientos de tierras.
- Vaciados en cimentación de las estructuras.
- Conformación de capas.

- Construcción de cajas de gaviones.
- Otras obras complementarias.
- Verificación de la subsanación de observaciones y/o conformidades de la obra.
- Aceptación y/o entrega de obra terminada para su implementación.

4.2.4 Supervisión en gabinete

A nivel de gabinete corresponde a la supervisión velar por el correcto contenido de la documentación presentada por el subcontratista la cual es validada previamente con este propósito en campo.

- Documentación de entregables. El supervisor debe cuidar por la calidad de toda la documentación presentada ya que se convierte en evidencia de la calidad de materiales y procedimientos registrados en la ejecución del proyecto.
- Validación de metrados de los trabajos de obra. Los metrados de adicionales cobran relevancia en esta validación de información ya que estos se convierten en indicadores de sobrecostos para el proyecto.
- Recepción preliminar de obra. Este evento es el paso previo a la entrega al cliente final, por tanto, todas las partidas tendrán que haber sido atendidas de forma correcta y las pruebas haber sido ejecutadas con las pruebas exitosas. Para ello se hace uso del grupo de formatos de protocolos elaborados y aprobados por las instancias correspondientes.
- Aceptación definitiva. Corresponde al paso de entrega final al cliente el cual consta de la visita parte de la contratista ejecutora, la supervisión externa y la supervisión del cliente para la validación de la documentación por parte de estos.

4.2.5 Auditorias

La auditoría es un proceso sistemático con el que se busca certificar el grado de confiabilidad y cumplimiento de los requisitos fijados en la apertura de la obra.

Para la ejecución de la Auditoria se debe de guiar de los siguientes documentos:

- Planos del Proyecto (Emitidos para construcción).
- Especificaciones técnicas.
- Plan de Gestión de calidad.
- Manual de Aseguramiento y Control de Calidad

Después de desarrollarse una auditoria por las entidades competentes, (cliente o una empresa externa) se sugiere realizar las solicitudes de cambio, estas pueden entenderse como acción de prevención o como acción de corrección a las diferentes actividades ejecutadas o por ejecutar.

4.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL

Este proceso comprende en realizar la comprobación y registro de los datos generados en la ejecución de las diferentes actividades relacionadas a la gestión de calidad, con el fin de valorar el desempeño y asegurar que se cumplan los requisitos expuestos en el expediente técnico, así como también satisfacer los estándares del cliente.

4.3.1 Gestión de cambios

Los RFI's y RFC's son documentos que solicitan información y/o, cambio de diseño correspondientemente, dichos documentos son presentados al proyectista para solicitar modificación o aclaración al diseño ya establecido. Por ende, estos documentos son generados durante la ejecución del proyecto y requieren el seguimiento de parte de la supervisión.

Los NCR's son documentos que reportan incumplimiento sobre los requisitos establecidos en el expediente técnico y en el plan de calidad. Este documento debe ser respondido por la empresa encargada de la ejecución de la obra, dando la aclaración y/o el levantamiento de la observación presentada. Así mismo se debe realizar un análisis de mejora continua para evitar futuras observaciones.

En la siguiente Tabla N°14 se enumeran los diferentes formatos a utilizar en la gestión de cambios.

Tabla 14: Listado de documentos de cambio

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

ITEM	Documentos de Cambio
1	RFI (Request For Information)
2	RFC (Request For Comments)
3	NCR (No Conformance Report)

REQUERIMIENTO INFORMACIÓN REQUEST FOR INFORMATION (RFI)		Nro. RFI : 001
ORIGINADOR :		
CARGO :		
ÁREA :		
FECHA EMISIÓN :		
DIRIGIDO A :		
PROYECTO :	RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES 5ta. ETAPA - FASE 02	
UBICACIÓN :	ALIS - YAUYOS - LIMA	
CONTRATISTA :		
DISCIPLINA :		
REFERENCIA :		
1. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA		
FIRMA DEL ORIGINADOR _____		V°B° SUPERVISOR QA _____
FECHA REQUERIDA DE RESPUESTA :		
2. ADJUNTOS DE LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN (Fotos, presupuesto, cronograma, planos, etc.)		
A.-		
B.-		
3. RESPUESTA A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN / COMENTARIOS		
4. ADJUNTOS DE RESPUESTA (Fotos, presupuesto, cronograma, planos, etc.)		
A.-		
B.-		
RESPONDIDO POR :		
CARGO :		FIRMA _____
CIP :		FECHA :
Control:		
V°B° QA / SUPERVISOR	V°B° OBRAS CIVILES SMCSA	V°B° GERENTE PROYECTOS SMCSA
<i>Nota: La respuesta del presente documento, no brinda derecho a cobros adicionales</i>		

Figura N° 21: Formato de RFI (Requerimiento de Información)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

El formato de RFI presentado en la Figura N°21 fue desarrollado como documento de registro de todas las “solicitudes de información” que se realicen en el proyecto, con el fin de mejorar la gestión de calidad del proyecto en supervisión.

SOLICITUD DE CAMBIO DE INGENIERIA EN TERRENO REQUEST FOR CHANGE (RFC)		Nro. RFC: 001
ORIGINADOR		
CARGO		
AREA		
FECHA EMISIÓN		
DIRIGIDO A		
PROYECTO	: RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO PRESA DE RELAYES 5ta. ETAPA - FASE 02	
UBICACIÓN	: ALLIS -YAUYOS - LIMA	
CONTRATISTA		
DISCIPLINA		
REFERENCIA		
1. DESCRIPCIÓN DE SOLICITUD DE CAMBIO		
2. JUSTIFICACIÓN/RAZON DEL CAMBIO		
FECHA REQUERIDA DE RESPUESTA _____		
FIRMA DEL ORIGINADOR _____		V'B SUPERVISOR DE OBRA/QA _____
CATEGORIA Y EVALUCION DEL RFC		
<input type="checkbox"/>	IMPACTO EN EL COSTO Y/O CRONOGRAMA	<input type="checkbox"/>
		CAMBIO/ADICION EN EL PROYECTO
		<input type="checkbox"/>
		PETICION DEL CLIENTE/ OTROS
3. ADJUNTOS DE LA SOLICITUD DE CAMBIO (Fotos, presupuesto, cronograma, planos, etc)		
Listado de Anexos		
A.-		
B.-		
4. RESPUESTA A LA SOLICITUD DE CAMBIO/COMENTARIOS		
5. APROBACIONES		
<input type="checkbox"/>	PROCEDE	<input type="checkbox"/>
		PROCEDE CON NOTAS
		<input type="checkbox"/>
		RECHAZADO
FECHA :		
CONTESTADO POR :		FIRMA _____
CARGO :		
CIP :		
Control:		
V'B QA/ SUPERVISOR	V'B Superintendencia de Proyectos Mina	V'B Aprobacion Gerencia Mina
<small>Nota: las Respuestas en los RFC's no brindan derecho de cobros adicionales</small>		

Figura N° 22: Formato de RFC (Solicitud de Cambio de Ingeniería en Terreno)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

El formato de RFC presentado en la Figura N°22 fue desarrollado como documento de registro de todas los “cambios de ingeniería desarrollados en Terreno” que se realicen en la ejecución del proyecto, con el fin de mejorar la gestión de calidad del proyecto en supervisión.



REPORTE DE NO CONFORMIDAD (RNC)

Pág. 1 de 2

N° Documento: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Elaboración: _____

FASE DEL PROCESO
 Remediación Construcción Reconstrucción

1. DATOS GENERALES

Cliente: SOCIEDAD MINERA CORONA S.A. Contratista: _____
 Componente: _____
 Ubicación Específica en el Termino: _____ Fecha de Hallazgo: _____
 Área Responsable de Cliente: _____ Actividad observada: _____

2. DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN

Documentación de referencia: _____
 Requisito incumplido: _____

Nombre y cargo del originador: _____ Firma: _____ Fecha: _____

3. IMPACTO DE LA NO CONFORMIDAD (Debe ser llenado por el responsable de cliente de la RNC)

Costo estimado: _____
 Tiempo estimado: _____

4. ACCIONES CORRECTIVAS

4.1 Análisis de causas raíz

4.2 Origen de No Conformidad (Resultado del Análisis de Causa Raíz)

Materiales Mediciones Métodos Mano de Obra Maquinaria Medio Ambiente

4.3 Asesorías consultivas

Nombre y Cargo del responsable de Cliente: _____ Responsable: _____ Fecha de cumplimiento: _____
 Firma: _____ Fecha: _____
 Nombre del Proyecto o Superintendencia: _____ Responsable: _____ Fecha: _____

5. RESULTADO Y CIERRE DE LA NO CONFORMIDAD

Control: _____

VºB SUPERVISOR QA - SINCO VºB JEFE DE OBRAS CIVILES - SMCSA VºB GERENCIA DE PROYECTOS - SMCSA

Figura N° 23: Formato de RNC (Reporte de No Conformidad)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

El formato de RNC presentado en la Figura N°23 fue desarrollado como documento de registro de todas las “No conformidades” que se haya detectado en la ejecución del proyecto, así como también todo el proceso del cierre del mismo documento, con el fin de mejorar la gestión de calidad del proyecto en supervisión. El tratamiento de las No Conformidades se realizó de acorde al procedimiento mostrado en el siguiente flujograma (Figura N°24). Siguiendo los procesos

mostrados se realizó un correcto levantamiento de observación y un adecuado registro de los mismos.

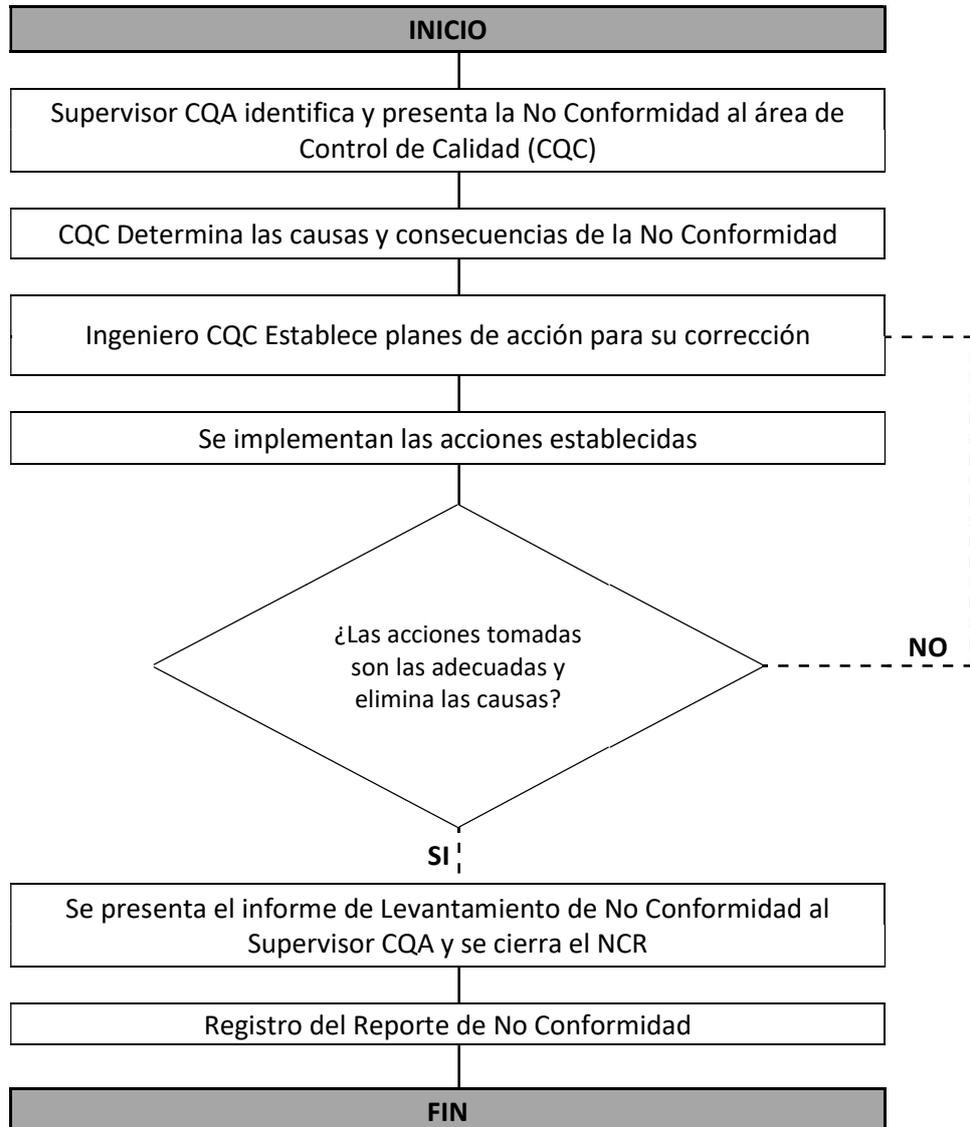


Figura N° 24: Flujograma de tratamiento de No Conformidades

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

4.3.2 Protocolos de calidad

Un protocolo es definido como un acuerdo entre profesionales expertos en un determinado tema y en el cual se han clarificado las actividades a realizar ante una determinada tarea.

Los protocolos son documentos muy exigentes en su elaboración debido a que los objetivos que se plantean también lo son:

- Normalizar la práctica.
- Disminuir la variabilidad en la atención y los cuidados.

- Mejorar la calidad de los servicios prestados.
- Constituir una poderosa fuente de información.

Para su elaboración se han tenido que considerar los siguientes aspectos para su desarrollo en la práctica:

- Alcance: Está limitado a determinados aspectos de una actividad: proyecto, lugar, fecha, duración, características relevantes, entre otros a considerar.
- Grupo de trabajo: Se refiere a los profesionales que participan de hacen uso de esta herramienta y de su competencia.
- Apoyo bibliográfico: Puesto que son documentos que nacen con vocación de normalizar la práctica y de garantizar una atención de calidad, es necesario que en la medida de lo posible las recomendaciones estén sustentadas en la mejor evidencia disponible.

Los registros o protocolos implementados en el proyecto y que han sido ejecutados en obra son descritos en la Solicitud de Propuesta. Para el desarrollo del presente proyecto los protocolos son los que se listan en la Table N°15 y Tabla N°16. Los formatos están adjuntos en la sección de “Anexo E formatos de protocolos” y “anexo F protocolos firmados” del presente Trabajo de Suficiencia.

Tabla 15: Listado de protocolos de calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Protocolo de liberación topografía – movimiento de tierras
2	Protocolo de liberación topografía – llenado de gaviones
3	Protocolo de liberación de calidad – movimiento de tierras

Tabla 16: Listado de protocolos de geosintéticos

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Protocolo de aceptación de panel y unión de instalación geotextil
2	Protocolo de aceptación de panel y unión de instalación geomembrana
3	Protocolo de despliegue de Geotextil
4	Protocolo de despliegue de Geomembrana
5	Protocolo de uniones por fusión en Geomembrana Instalada
6	Protocolo de soldadura por extrusión en geomembrana instalada norma caja de vacío ASTM D 5641 – chispa eléctrica ASTM D 6365

En el anexo E y F del presente informe, se muestran y detallan los formatos de los protocolos realizados y utilizados para el registro de la información de ensayos y validaciones en campo ejecutados en el proyecto en mención, tanto para las actividades de calidad en movimiento de tierras y geosintéticos.

4.4 CIERRE

4.4.1 Dossier de calidad

El Dossier de calidad está constituido por los documentos que garantizan la calidad de la construcción de la obra civil y han sido previamente establecidos con el cliente según la Normativa Nacional vigente, Normas internacionales aplicables y las exigencias propias del proyecto, ya sean las normas ASTM, NTP, ISO o las Especificaciones técnicas aprobadas por el ministerio.

La documentación en su mayoría son todos los protocolos de calidad, que son la evidencia física de todas las actividades desarrolladas durante la construcción del proyecto.

EL área de Control de Calidad de la empresa supervisora tiene previsto desarrollar el dossier de calidad y hacer la entrega de mismo hacia el cliente y propietario. El objetivo del dossier de calidad es facilitar al cliente o entidad fiscalizadora, la revisión de toda la documentación ya sea protocolos y documentos importantes, aplicables a los trabajos de mantenimiento y extensión.

Al cierre de cada mes de trabajo se presentó el INDEX de dossier en formato físico y digital al cliente, evidenciando el avance de este. En el capítulo "5.4.1 dossier de calidad" se muestra a más detalle el index del dossier.

CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL PROYECTO

5.1 PLANIFICACIÓN

La aplicación de este proceso se desarrolla de manera inicial en la apertura del proyecto, comenzando con la documentación proporcionada por el diseñador, así como también con la documentación generada por el contratista, a continuación, se muestra los documentos que se utilizaron para la planificación de la calidad:

- Línea Base, presupuesto de ejecución (se encuentra en el anexo B), de este documento se ha podido seleccionar las partidas del proyecto, así como también su incidencia en la ejecución de la obra.
- Línea Base, cronograma de obra (se encuentra en el anexo C) Es el documento del cual nos hemos guiado para la programación de hitos de control de calidad.
- Especificaciones técnicas, de este documento se ha adquirido los procesos constructivos, los materiales, equipos y mano de obra que se necesitan por partida.
- Planos emitidos para construcción. Presentan la proyección de toda la obra.
- Manual de Aseguramiento de la Calidad, es el documento del cual se ha obtenido la frecuencia mínima de ensayos de calidad que se deben realizar, en la Tabla N°17 se presenta el resumen de dichas frecuencias de ensayos.

Tabla 17: Frecuencias Mínimas de ensayos de Aseguramiento de Calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Descripción del Ensayo	Relleno Estructural	Relleno Masivo c/compactación controlada	Relleno de zanja de Anclaje
Granulometría ASTM D-422	1/material o 1/1,500 m ³	1/material o 1/2,500 m ³	1/material o 1/5,000 m ³
Proctor Modificado ASTMD-1557	1/1,000 m ³	NA	1/100 m de zanja
Densidad Reemplazo de Agua ASTM D-5030	NA	1/material ó 1/10,000 m ³	NA

Descripción del Ensayo	Relleno Estructural	Relleno Masivo c/compactación controlada	Relleno de zanja de Anclaje
Densidad Cono de Arena ASTM D-1556	1/material o 1/500 m3	1/material o 1/1,000 m3	1 ensayo por cada 20 ensayos nucleares
Humedad en Horno ASTM D-4959	1 ensayo por cada 4 ensayos nucleares	NA	1 ensayo por cada 4 ensayos nucleares
Densidad Humedad con Densímetro Nuclear ASTM D-2922	1/1,000 m3	NA	1/100m de zanja

NOTAS:

- 1) Las correlaciones entre los ensayos de Densímetro Nuclear, contenido de humedad con horno y ensayo de cono de arena deberán realizarse en concordancia con los procedimientos estándar ASTM. El ensayo de densímetro nuclear deberá ser sustituido por el ensayo de cono de arena.
- 2) Las muestras para la determinación de humedad con horno deberán ser tomadas para cada ensayo de densímetro nuclear hasta que se establezca una correlación, con un mínimo de 10 por tipo de suelo. Una vez establecida la correlación, deberá realizarse el ensayo de humedad con horno con la frecuencia especificada

El resultado del desarrollo del proceso de planificación es la emisión de los siguientes documentos que aseguran los propósitos de calidad:

- Plan de Gestión de Calidad.
- Plan de Puntos de Inspección.
- Protocolos de Calidad.

Dichos documentos han sido revisados y aprobados por la supervisión CQA (empresa SINCO) en concordancia con el cliente (compañía minera).

Los PPI's (plan de puntos de inspección), los formatos de los registros (formato de protocolos de calidad) y los registros elaborados en campo (protocolos de calidad firmados y aprobados) se encuentran en los anexos D, H e I respectivamente.

5.2 EJECUCIÓN

5.2.1 Inspecciones y auditorias

Durante el desarrollo de la etapa de ejecución, a pedido del cliente, las auditorias fueron elaboradas de manera inopinada y ejecutadas por un área interna de la

compañía minera, la documentación necesaria para la ejecución de dichas auditorias fueron los siguientes:

- Plan de Gestión de Calidad.
- Plan de Puntos de Inspección.
- Protocolos de Calidad.
- Manual de Aseguramiento de Calidad

El resultado del desarrollo del proceso de ejecución es la emisión de los siguientes documentos que aseguran los propósitos de calidad:

- Informes de calidad.
- Documentos de verificación y relación de ensayos.
- Reajuste de programa para la directiva de la obra

En nuestro caso, debido a que el desarrollo de las auditorias lo realizó la compañía minera, toda la información es confidencial.

5.2.2 Manejo de información de calidad del proyecto

El manejo de los datos de calidad se realizó mediante el método de comunicación PUSH (comunicaciones unidireccionales tales como correos electrónicos, informes de estado, correos de voz), es decir con la presentación de reportes diarios, informes semanales e informes mensuales, esta documentación ha sido enviada al cliente por correo electrónico para su conocimiento, control y seguimiento. Adicional a los reportes descritos no se utilizó ninguna plataforma virtual para este manejo de información.

5.2.2.1 Reportes Diarios

El equipo de CQA de la supervisión presentaba de forma diaria un reporte de todas las actividades realizadas durante la jornada a los involucrados, en el cual se plasmaban los avances de construcción por sectores con sus respectivos controles de calidad, se manifestaba las observaciones oportunas a las labores diarias, además de las recomendaciones a seguir para un correcto control de calidad de los procesos, acompañado de un panel fotográfico de las actividades diarias, los reportes diarios eran enviados vía correo electrónico a todos los involucrados.

5.2.2.2 Reportes Semanales

El equipo de CQA de la supervisión presentaba de forma semanal un reporte de todas las actividades realizadas de sábado a viernes, en el cual se plasmaban los avances de construcción por sectores con sus respectivos controles de calidad de cada actividad, se presentaban cuadros donde se manifestaban los rendimientos y tendencias de los índices de calidad, para que el lector tenga una impresión rápida del avance y calidad de las actividades. Además de las recomendaciones a seguir para un correcto control de calidad de los procesos, acompañado de un panel fotográfico de las actividades diarias, los reportes semanales eran enviados vía correo electrónico a todos los involucrados.

5.2.2.3 Informes Mensuales

El equipo de CQA de supervisión generó informes mensuales que se presentaron a la gerencia de proyectos y área de obras civiles de la minera. El informe contenía la siguiente información para todo el emplazamiento:

- Un breve resumen de los trabajos realizados por la supervisión durante el mes.
- Una descripción de los frentes de trabajo encontrados y el trabajo realizado en dichas áreas según lo observado por la supervisión.
- Observaciones realizadas por la supervisión y pruebas realizadas por los contratistas en las cuales participaba CQC o recibía los resultados de estas.
- Explicación de los problemas e inquietudes encontrados, por área y/o disciplina.
- El listado de los documentos de CQA generados en el mes, incluyendo una lista de instructivos de campo u otros que correspondan.
- Resultados de las pruebas de laboratorio de CQA,
- Fotografías del trabajo observado por la supervisión.

5.3 CONTROL

5.3.1 Control de los cambios

A función del capítulo IV “DISEÑO DE LOS PROCESOS DE LA GESTIÓN DE CALIDAD” se presenta el listado de los documentos generados en la gestión de cambios RFI's, RFC's y NCR's.

Tabla 18: Listado de RFI's registrados

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

ITEM	CÓDIGO	SOLICITUD DE INFORMACIÓN
1	RFI-SC-001	Procedimiento de despliegue de geomembrana en pantalla del dique
2	RFI-SC-002	Procedimiento de pegado de la geomembrana nueva con al existente en el muro MSE
3	RFI-001	Ubicación del eje del dique tramo 6 de impermeabilización
4	RFI-002	Interferencias de canal y tuberías que atraviesan el dique Margen Izquierdo
5	RFI-003	Interferencia poste eléctrico dentro de la proyección del dique margen izquierdo
6	RFI-004	Canal existente que se encuentra dentro de la huella de impermeabilización
7	RFI-005	Fundación de elementos Terramesh en estribo derecho
8	RFI-006	Interferencias (puntos de agua) en el canal de anclaje tramo 6 del bofedal
9	RFI-007	Procedimiento para el recrecimiento del dique en el tramo N6 (bofedal) del sistema de impermeabilización
10	RFI-008	Procedimiento de instalación de cajas terramesh aguas arriba de la fase II a la fase I, 5ta etapa
11	RFI-009	Interferencia de carretera en la impermeabilización del vaso de la presa en la cota 4534
12	RFI-010	Interferencia de 3 pozas techadas en las progresivas indicadas en el plano anexo
13	RFI-011	tuberías ubicadas a lo largo del canal existente margen izquierda dentro de la impermeabilización
14	RFI-012	Anclaje de elementos terramesh en estribo derecho prog. 0+257.1 - 0+364
15	RFI-013	detalle de anclaje de elementos terramesh en estribo derecho prog. 0+357.1@0+361.82 (aguas arriba) y 0+358@0+364 (aguas abajo)
16	RFI-014	Desfase de línea de eje en fase 1 correspondiente a la fase 2 en corona de dique
17	RFI-015	Instructivo de campo correspondiente a costura de fase 1 y fase 2 elementos terramesh en borde corona dique, aguas arriba dique relaves
18	RFI-016	Tratamiento en zona de engrampe correspondiente a los elementos terramesh y zona de roca en el estribo derecho

ITEM	CÓDIGO	SOLICITUD DE INFORMACIÓN
19	RFI-017	Tramos de canal existente que se encuentran dentro de la huella de impermeabilización
20	RFI-018	Cota de impermeabilización 4534 en la progresiva 0+830
21	RFI-019	Progresiva inicial de impermeabilización de geomembrana HDPE en el estribo izquierdo para empalme en prog. 0+095
22	RFI-023	Rellenos adicionales - partida impermeabilización del vaso
23	RFI-029	Valores mínimos para resultado de pruebas de resistencia de soldadura

Tabla 19: Listado de RFC's registrados

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

ITEM	CÓDIGO	SOLICITUD DE CAMBIO
1	RFC-001	Cambio de un gavión con cola a un gavión simple en la corona del dique

Tabla 20: Listado de NCR's registrados

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

ITEM	CÓDIGO	REQUISITO INCUMPLIDO
1	NCR-001	Relleno de piedra en gavión - Verticalidad y horizontalidad
2	NCR-002	Relleno de piedra en gavión - Verticalidad y horizontalidad, Calidad de roca

El desarrollo de todos los DOCUMENTOS DE CAMBIO presentados en las tablas 18, 19 y 20 se encuentran en los siguientes anexos:

Anexo G – Requerimiento de Información

Anexo H – Reporte de No Conformidad

Anexo I – Requerimiento de Cambio de Diseño

5.3.2 Registros y protocolos

Como una de las principales funciones del control y aseguramiento de la calidad es registrar todas las actividades y sus aprobaciones, a continuación, se muestran los formatos rellenos y firmados durante la ejecución de la obra.

5.4 CIERRE

5.4.1 Dossier de calidad

Durante los cierres de cada mes se realizaron presentaciones del avance de dossier de calidad hacia el cliente, sin embargo, para la culminación del proyecto se presentó el dossier de calidad en su versión final, el cual es la acumulación de diferentes documentos que se muestran en la siguiente Tabla N°21.

Tabla 21: Listado de documentos del dossier de calidad

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Informe final de calidad
2	Acta de inicio de Obra
3	Acta de cierre de Obra
4	Autorización de Construcción
5	Reportes Diarios
6	Cartas enviadas
7	Instructivos
8	RFC
9	RFI
10	RNC
11	Planos del proyecto
12	Planos Red Line
13	Planos As Built
14	Plan de Trabajo CQA
15	Manual de Aseguramiento de Calidad
16	Certificado de Calibración de equipos
17	Certificado de Calidad de Materiales
18	Ensayos de suelos
19	Ensayos de geosintéticos
20	Protocolos de Liberación de MSE
21	Protocolos de Liberación de ESPALDÓN
22	Protocolos de Liberación de Instalación de Geosintéticos
23	Protocolos de Liberación de TOPOGRÁFICO
24	Especificaciones Técnicas

ITEM	DESCRIPCIÓN
25	Certificado de Control de Garantía de Calidad

Los documentos más importantes dentro del dossier de calidad son los siguientes:

- Informe final de calidad
- Planos As Built
- Certificado de Control de Garantía de Calidad
- RFC
- RFI
- RNC
- Protocolos de calidad

5.5 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO

La supervisión QA y el área de control de calidad QC del contratista realizaron las pruebas de campo y ensayos de laboratorio para las obras de movimiento de tierras; los resultados obtenidos de las pruebas de campo y ensayos de laboratorio fueron debidamente documentados, revisados y aprobados por la supervisión. Así mismo, los documentos están debidamente visados y registrados en el Dossier de Calidad, según el ítem 5.4 CIERRE.

El laboratorio de la supervisión que fue implementado en obra contó con equipos para realizar pruebas de campo y ensayos de laboratorio para obras de movimiento de tierras, los cuales están debidamente certificados y registrados en el Dossier de Calidad, según el ítem 5.4 CIERRE.

Así mismo, la empresa SINCO ingeniería y construcción SAC como responsable del Aseguramiento de la Calidad, verificó el estado operativo de los equipos topográficos y equipos para instalación de geosintéticos, los cuales fueron documentados y archivados en el Dossier de Calidad, según el ítem 5.4 CIERRE.

5.5.1 Pruebas de campo – Liberación de capas compactadas

Desde marzo del 2021 hasta noviembre del 2021, las pruebas de campo en obras de movimiento de tierras fueron realizados por el personal de QC y validados por el Supervisor QA de la empresa SINCO ingeniería y construcción sac. Las pruebas de campo y sus aceptaciones para la liberación de los trabajos de movimiento de

tierras; así como el resumen de los resultados obtenidos, han sido registrados en los documentos adjuntos en el Dossier de Calidad.

En la tabla N° 22, se presenta la cantidad de pruebas de campo realizados durante la construcción de los componentes:

Tabla 22: Cantidad de Pruebas de campo realizadas

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ensayo	Cantidad	Método	Norma	Tipo de Control
Densidad in situ	17	Cono de arena	ASTM D1556	Compactación con Material Estructural. (MSE)
Humedad in situ	17	Secado al horno	ASTM D2216	
Densidad in situ	05	Reemplazo con agua en fosa	ASTM D5030	Compactación con Material Relleno Masivo. (ESPALDÓN)
Humedad in situ	05	Secado al horno	ASTM D2216	
Densidad in situ	12	Cono de arena	ASTM D1556	Compactación con Material Préstamo. (ZANJA DE ANCLAJE)
Humedad in situ	12	Secado al horno	ASTM D2216	

A continuación, se muestra la Tabla N°23, Tabla N°24 y Tabla N°25 con los LOG's de los ensayos realizados para la liberación de cada una de las capas de relleno Estructural (MSE); relleno Masivo (ESPALDÓN) y relleno con material de préstamo (ZANJA DE ANCLAJE) respectivamente.

Tabla 23: LOG de ensayos in situ – liberación de fundación y capas de relleno estructural (MSE)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ítem	Fecha	Código de Registro	Cota (msnm)	Capa N°	Densidad en Sitio (gr/cm ³)	C.H. (%)	G.C. (%)
1	19/05/2021	SGI-SNC-003-LIB-000-MAY-21	4531.00	0	2.402	3.62%	NA
2	31/05/2021	SGI-SNC-003-LIB-001-MAY-21	4531.25	1	2.381	5.33%	95.30%
3	02/06/2021		4531.50	2	2.461	5.88%	97.40%

Ítem	Fecha	Código de Registro	Cota (msnm)	Capa N°	Densidad en Sitio (gr/cm ³)	C.H. (%)	G.C. (%)
		SGI-SNC-003-LIB-002-JUN-21					
4	05/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-003-JUN-21	4531.75	3	2.440	5.35%	96.60%
5	11/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-004-JUN-21	4532.00	4	2.44	5.35%	96.60%
6	17/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-005-JUN-21	4532.25	5	2.340	4.80%	95.60%
7	18/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-006-JUN-21	4532.50	6	2.438	6.51%	96.50%
8	19/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-007-JUN-21	4532.75	7	2.500	6.51%	99.00%
9	24/06/2021	SGI-SNC-003-LIB-008-JUN-21	4533.00	8	2.500	6.01%	99.00%
10	20/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-009-DIC-21	4531.25	1	2.416	6.01%	95.70%
11	20/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-010-DIC-21	4531.50	2	2.425	6.27%	96.10%
12	20/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-011-DIC-21	4531.75	3	2.423	5.56%	96.00%
13	20/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-012-DIC-21	4532.00	4	2.448	5.02%	97.00%
14	21/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-013-DIC-21	4532.25	5	2.469	5.54%	97.80%
15	21/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-014-DIC-21	4532.50	6	2.434	4.41%	96.40%
16	21/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-015-DIC-21	4532.75	7	2.415	5.07%	95.70%
17	21/12/2021	SGI-SNC-003-LIB-016-DIC-21	4533.00	8	2.437	6.09%	96.50%

Tabla 24: LOG de ensayos in situ – liberación de fundación y capas de relleno masivo (ESPALDÓN)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ítem	Fecha	Código de Registro	Cota (msnm)	Área Liberada (m ²)	Volumen Liberado (m ³)	Capa N°	Densidad en Sitio (gr/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Grado de Compactación (%)
1	31/05/2021	SGI-SNC-002-LIB-000-MAY-21	4529.97	1,931	0.00	0	2.563	4.4 %	NA
2	05/06/2021	SGI-SNC-002-LIB-001-JUN-21	4531.50	1,958	979.00	1	2.410	6.30 %	96.76 %
3	06/06/2021	SGI-SNC-002-LIB-002-JUN-21	4532.00	1,602	802.00	2	2.401	6.50 %	96.37 %
4	11/06/2021	SGI-SNC-002-LIB-003-JUN-21	4532.50	1,199	599.38	3	2.446	5.40 %	98.19 %
5	26/06/2021	SGI-SNC-002-LIB-004-JUN-21	4533.00	677	338.53	4	2.368	4.60 %	95.05 %

Tabla 25: LOG de ensayos in situ – liberación de relleno con material de préstamo (ZANJA DE ANCLAJE)

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ítem	Tramo	Fecha	Código de Registro	Densidad en Sitio (gr/cm ³)	C.H. (%)	G.C. (%)
1	1	01/09/2021	SGI-SNC-001-NOT-001-ZJA	2.014	17.78%	97.40%
2	1	03/09/2021	SGI-SNC-001-NOT-002-ZJA	2.03	15.02%	98.30%
3	1	05/09/2021	SGI-SNC-001-NOT-003-ZJA	2.44	5.50%	96.60%
4	4	06/09/2021	SGI-SNC-001-NOT-004-ZJA	2.46	5.02%	97.30%
5	4	12/10/2021	SGI-SNC-001-NOT-005-ZJA	2.40	5.30%	95.20%
6	5	20/10/2021	SGI-SNC-001-NOT-006-ZJA	2.40	5.02%	95.10%
7	5	21/10/2021	SGI-SNC-001-NOT-007-ZJA	2.46	5.45%	97.20%
8	2	02/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-008-ZJA	2.40	5.83%	95.30%
9	2	05/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-009-ZJA	2.41	5.00%	96.00%
10	3	08/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-010-ZJA	2.43	5.02%	96.50%
11	3	10/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-011-ZJA	2.41	5.54%	95.70%
12	11	12/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-012-ZJA	2.39	5.20%	95.10%
13	11	14/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-013-ZJA	2.46	5.63%	97.80%
14	12	15/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-014-ZJA	2.42	5.60%	96.00%
15	12	18/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-015-ZJA	2.39	5.56%	95.00%
16	3	24/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-016-ZJA	2.43	6.06%	96.60%
17	6 y7	27/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-017-ZJA	2.42	7.00%	95.80%
18	7, 8 y 9	27/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-018-ZJA	2.41	5.38%	95.70%
19	3, 4	27/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-019-ZJA	2.43	6.11%	96.60%
20	6 y7	27/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-020-ZJA	2.42	6.74%	96.40%
21	7, 8 y 9	27/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-021-ZJA	2.43	6.73%	96.80%

Ítem	Tramo	Fecha	Código de Registro	Densidad en Sitio (gr/cm ³)	C.H. (%)	G.C. (%)
22	3, 4	28/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-022-ZJA	2.44	6.17%	97.10%
23	9 y 10	28/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-023-ZJA	2.40	6.61%	95.50%
24	9 y 10	28/11/2021	SGI-SNC-001-NOT-024-ZJA	2.42	6.75%	96.10%

5.5.2 Análisis de los resultados de compactación de capas compactadas

En los siguientes gráficos, se muestran los grados de compactación máximos y mínimos obtenidos a partir de las pruebas de campo realizados en las capas compactadas para la conformación del dique, según la frecuencia de ensayos indicado en el Manual de CQA.

Así mismo en las Figuras N°25, 26 y 27 se realiza el análisis de los grados de compactación de los diferentes materiales compactados:

- El material estructural es utilizado para la conformación del Muro Suelo Estructural (MSE), se ha realizado la compactación de 08 capas de 0.25 metros de espesor, dando un recrecimiento de 2.0 metros en total.
- El material de relleno masivo es utilizado para la conformación del Espaldón, se ha realizado la compactación de 04 capas de 0.5 metros de espesor, dando un recrecimiento de 2.0 metros en total.
- El material de relleno de zanja de anclaje ha sido utilizado en las 04 capas de 0.25 metros en toda la zanja de anclaje de geosintéticos ejecutada alrededor del vaso del depósito de relaves, cabe decir que, por fines de control y valorización, el perímetro del vaso del depósito de relaves ha sido descompuesto en 12 tramos.

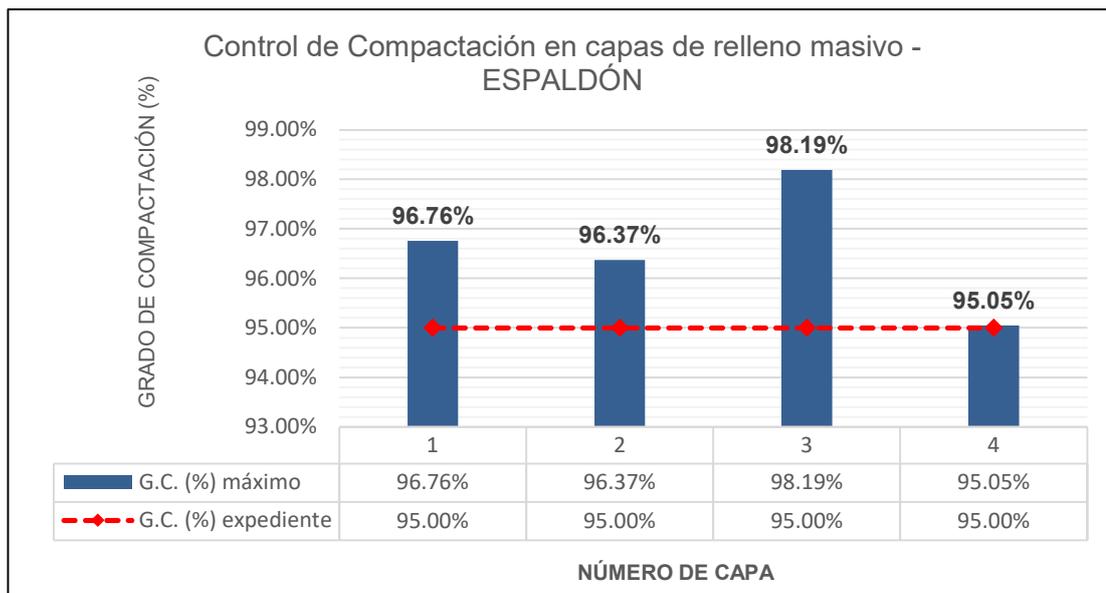


Figura N° 25: Análisis de datos de compactación – Relleno Masivo

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

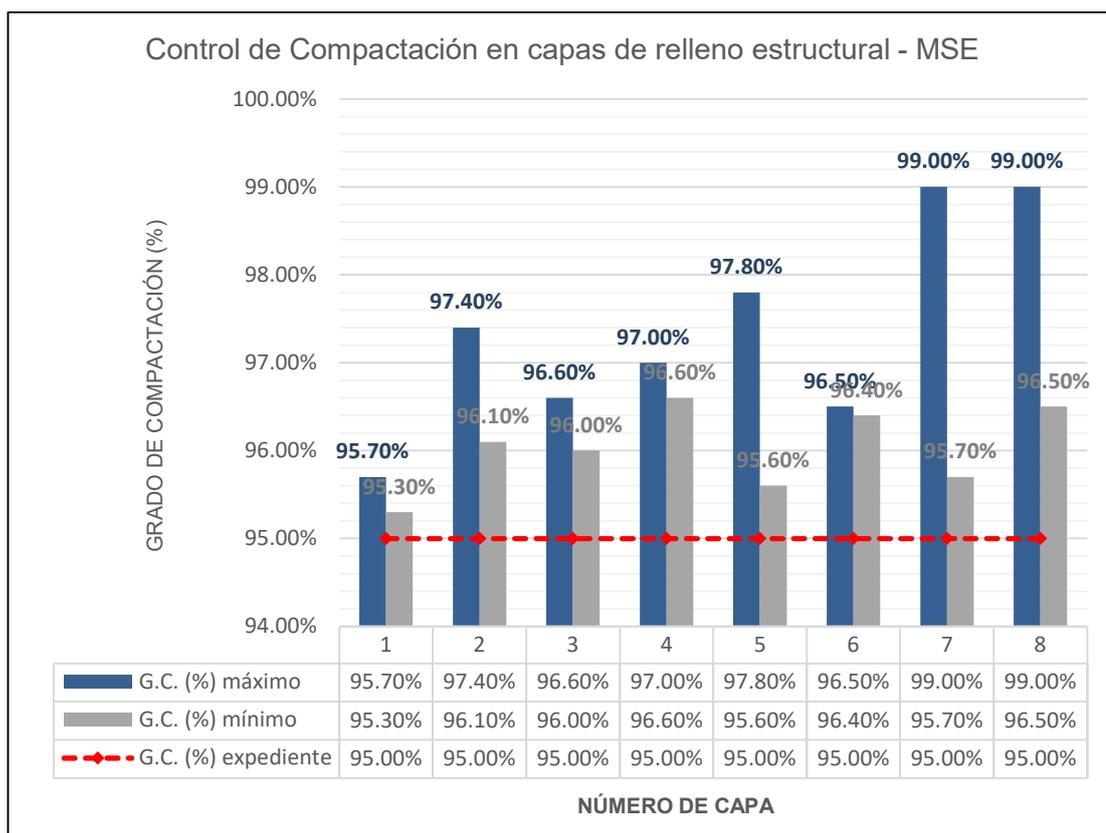


Figura N° 26: Análisis de datos de compactación – Relleno Estructural

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

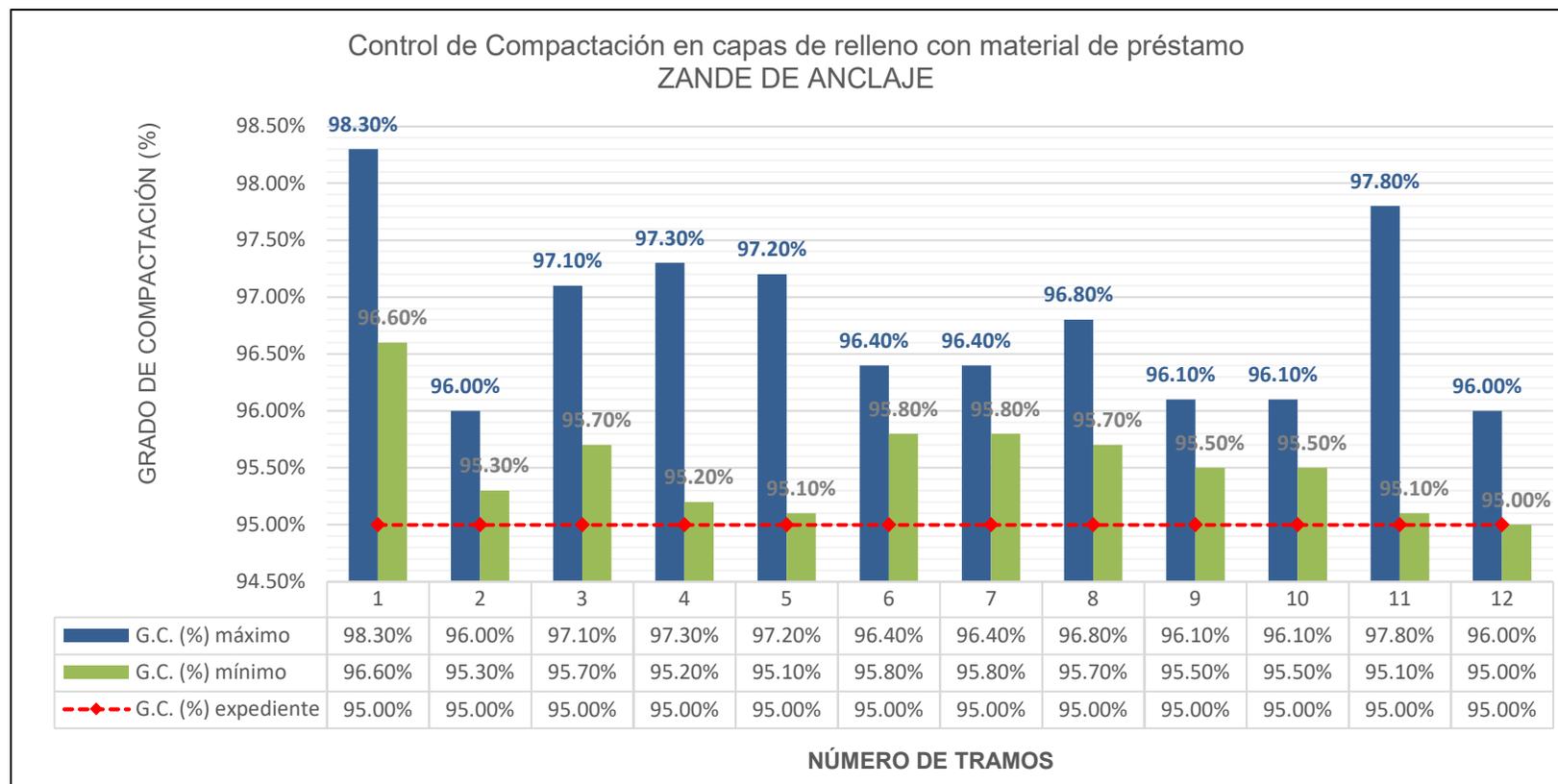


Figura N° 27: Análisis de datos de compactación – Zanja de Anclaje

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

5.5.3 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en el laboratorio de suelos implementado en el proyecto, con las facilidades para desarrollar los ensayos requeridos con las muestras de la cantera Tajo Central.

De la Tabla N° 26, se presenta la cantidad de ensayos de laboratorio realizados durante la ejecución del proyecto:

Tabla 26: Listado de Ensayos de Laboratorio

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ensayo	Cantidad	Norma	Tipo de Material
Humedad natural	8	ASTM D2216	• Relleno Estructural
Granulometría	8	ASTM D6913	
Proctor Modificado	8	ASTM D1557	
Clasificación SUCS	8	ASTM D2487	
Humedad natural	4	ASTM D2216	• Relleno Masivo
Granulometría	4	ASTM D6913	
Clasificación SUCS	4	ASTM D2487	
Humedad natural	10	ASTM D2216	• Relleno Zanja de Anclaje
Granulometría	10	ASTM D6913	
Proctor Modificado	10	ASTM D1557	
Clasificación SUCS	10	ASTM D2487	

5.5.4 Protocolos de geosintéticos

A continuación, en la Tabla N°27 se muestra el resumen de los ensayos y registros de geosintéticos generados en el control de la instalación de geosintéticos:

Tabla 27: Listado de Registros de Geosintéticos

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

ITEM	ESTRUCTURA	CANTIDAD DE REGISTROS
1	Protocolo de Aceptación de Panel y unión de instalación geotextil	06
2	Protocolo de Aceptación de Panel y unión de instalación geomembrana	04
3	Protocolo de Despliegue de Geotextil	06
4	Protocolo de Despliegue de Geomembrana	04

ITEM	ESTRUCTURA	CANTIDAD DE REGISTROS
5	Protocolo de Uniones por fusión en Geomembrana Instalada	03
6	Protocolo de Soldadura por extrusión en geomembrana instalada	16

5.5.5 Análisis de reporte de no conformidad

En el proceso de ejecución de la obra se documentaron “No Conformidades” u observaciones a trabajos mal realizados, a continuación, se presentará un análisis de los 02 reportes de NO conformidad originados.

Tabla 28: Datos del RNC-001

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

DATOS	DESCRIPCIÓN
FECHA DE ELABORACIÓN	28/02/2021
COMPONENTE	GAVIONES TERRAMESH
UBICACIÓN ESPECÍFICA	Entre las progresivas 0+294 a 0+300 del dique Cota 4531, aguas arriba.
ACTIVIDAD OBSERVADA	Relleno con piedra en Gavión
DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN	Las Cajas de Gaviones presentan vacíos entre las rocas
	El constructor desconoce el procedimiento constructivo
	El constructor no cuenta con baliza, reglas o cordel para el alineamiento vertical y horizontal de los gaviones
	La cara anterior y posterior de los gaviones colocados con piedras presentan protuberancias verticales y horizontales
	Los operarios de piedra no cuentan con niveles de mano
FECHA DE LEVANTAMIENTO	04/03/2021
PROCESO DE LEVANTAMIENTO	Capacitación al personal involucrado Colocación de alineamientos verticales y horizontales que sirvan como guías a la cuadrilla

Tabla 29: Datos del RNC-002

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

DATOS	DESCRIPCIÓN
FECHA DE ELABORACIÓN	23/04/2021
COMPONENTE	GAVIONES TERRAMESH
UBICACIÓN ESPECÍFICA	Dique, Cota 4532, aguas abajo.
ACTIVIDAD OBSERVADA	Relleno con piedra en Gavión
DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN	Las Cajas de Gaviones presentan vacíos entre las rocas 0+079 a 0+270
	Existe error en verticalidad de hasta 11cm en las progresivas: 0+176, 0+196, 0+205 y 0+253
	A pesar de las indicaciones de la supervisión han colocado piedras mayores al tamaño requerido, así como piedras con pirita.
	El constructor no está realizando control de alineamiento vertical y horizontal de los gaviones
FECHA DE LEVANTAMIENTO	28/04/2021
PROCESO DE LEVANTAMIENTO	Se implementó el nivel de mano y más referencias topográficas, durante el llenado de los gaviones.

De la información proporcionada en la tabla N°28 y tabla N°29 se muestra una falta de planificación y gestión de calidad por parte del contratista, el levantamiento de estas observaciones se encuentra en el "ANEXO H RNC".

Según las especificaciones técnicas y presupuesto del proyecto se debe tener un número de personas calificadas para esta actividad, en caso de haber menos cantidad afectaría la calidad del entregable; otro punto importante es proporcionar las herramientas necesarias para realizarla y que se encuentren en óptimo estado. Adicional se debe realizar un buen proceso constructivo.

Las soluciones que se realizaron con la coordinación del contratista, la supervisión y el cliente se presentan a continuación:

- Se corrigieron los errores de verticalidad, manteniendo las tolerancias establecidas.
- Se instruyó al personal encargado con la forma correcta para realizar el llenado de gaviones.
- El personal de piso contará con niveles de mano que les ayudará a respetar los alineamientos.

- El área de topografía colocó alineamientos verticales y horizontales para mantener el alineamiento vertical y horizontal.
- Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad se programan para verificar constantemente la uniformidad del llenado de gaviones, para evitar oquedades.

5.6 MEJORA CONTINUA

En siguiente ítem está compuesta por el proceso de mejora continua y el de lecciones aprendidas.

5.6.1 Mejora continua

El objetivo de realizar la mejora continua es de minimizar las pérdidas y maximizar el producto final, que en este caso sería maximizar la calidad de los entregables; en la Tabla N°30 se detallan las mejoras realizadas durante el proceso de ejecución del proyecto.

Tabla 30: Mejora continua

Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ítem	Área	Descripción del evento
1	Comunicaciones	Utilizar el modelo de manejo de información tipo PULL (información buscada por el interesado), manejando una plataforma virtual para que tanto el cliente como el contratista puedan manejar la información en tiempo real, sin tener la necesidad de pedir y/o esperar hasta las reuniones o reportes diarios o semanales.
2	Capacitaciones	Se realizó 02 campañas de capacitación sobre temas de calidad en la actividad del llenado de cajas de gaviones, con el fin de concientizar a la cuadrilla de esta actividad sobre la importancia de este tema, tanto en tiempo de liberación, tiempo de levantamiento de NCR, retrasos en la obra y costos de calidad. Estas campañas surgieron debido a los 02 NCR presentados por la supervisión; posteriormente ya no se generaron más observaciones.
3	Capacitaciones	Campaña de capacitación de proceso de instalación de encofrados (prefabricados). Debido a que la empresa ejecutora realizó un

Ítem	Área	Descripción del evento
		subcontrato para la actividad de encofrados, se realizó una capacitación a todo el personal involucrado al proyecto, ya sea ejecutor y supervisión.
4	Gestión de Cambios	Durante el proceso de ejecución del proyecto los primeros RFI's y RFC's demoraron en responderse, posteriormente estos documentos fueron respondidos máximo a las 48hrs.
5	Protocolos de Calidad	El contratista tuvo demoras en la presentación de los protocolos de calidad, los cuales se tuvieron que cubrir con el dossier de calidad de la supervisión CQC/CQA.
6	Cuaderno de Obra	Existió muchos retrasos en el relleno del cuaderno de obra, documento importante en la gestión del proyecto. En el transcurso de los meses se fue regularizando y posteriormente se mantenía al día, a exigencia de la supervisión y del cliente.
7	Planos AS Built	En un primer pedido de los planos As Built por parte del cliente, tanto el QC y el QA no tenían la información al día, posteriormente se intensificaron las cuadrillas de topógrafos para no tener problemas en la emisión del dossier de calidad.

5.6.2 Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas son conocimientos obtenidos en base a la experiencia, ya sea un conjunto de errores o éxitos, en este caso se realizaron las lecciones aprendidas en base a situaciones que producían demoras en el proyecto.

En la Tabla N°31 se identifica el stake holders implicado en las diferentes situaciones en las cuales se obtuvo una lección aprendida, además se detalla la ubicación y actividad que se realizó para desarrollar la lección aprendida.

Tabla 31: Lecciones aprendidas
Fuente: SINCO ingeniería y construcción SAC (2021)

Ítem	Identificador	Descripción del evento	Actividad efectuada en lección aprendida	Fase	Sector
1	CONTRATISTA EJECUTOR	Se identificaron varias restricciones a lo largo de todo el perímetro del vaso del depósito de relaves.	Realizar un recorrido preliminar de toda el área de trabajo antes de comenzar las actividades.	Construcción / Diseño	Vaso del Relave
2	SUPERVISOR SINCO	Se identificó que los equipos de compactación del contratista no llegan a tiempo según el cronograma de adquisición de maquinaria.	Coordinar con el contratista sobre los proveedores de su maquinaria de línea amarilla.	Construcción	Dique
3	SUPERVISOR SINCO	Se identifica material saturado, tanto en la cantera como en la capa de material colocada, ocasionando acolchonamiento en las capas del dique.	Se adquirió cobertores para las rumas de material en cantera, así como también para cubrir las capas conformadas y compactadas.	Preparación de material	Cantera / Dique

Ítem	Identificador	Descripción del evento	Actividad efectuada en lección aprendida	Fase	Sector
4	CLIENTE MINERO	No se tiene claro los procedimientos de impermeabilización en la pantalla del dique, hay cambio de tipo de geomembrana, antes se tenía geomembrana de PVC reforzado y ahora se ha colocado geomembrana HDPE.	Desarrollar los RFI's y RFC's oportunamente con el cliente y el proyectista.	Diseño	Dique

CONCLUSIONES

En el desarrollo del proyecto en mención y del presente informe, se realizaron los siguientes puntos: el análisis situacional al iniciar el proyecto (cómo se encontró la gestión de calidad del proyecto); se diseñaron e implementaron los procesos de gestión de calidad, tomando en cuenta las actividades desarrolladas en la ejecución de la obra y los lineamientos del PMI; y se analizó el incumplimiento de las especificaciones técnicas, utilizando herramientas como los RNC. Por lo tanto, después de desarrollar todos los puntos antes mencionados, se llegan a las siguientes conclusiones:

Se implementó los procesos de gestión de calidad en el recrecimiento de presas de relaves, tomando en cuenta el manual de Calidad, frecuencia de ensayos, especificaciones técnicas; y se elaboró los protocolos de calidad, documentos de cambio (RFI, RFC y RNC), mejora en las comunicaciones etc.

Se revisó toda la información actual del proyecto y de la empresa (en el inicio de la ejecución del proyecto), para identificar las herramientas y procesos de calidad faltantes.

Se han utilizado tres metodologías para la identificación de Impactos ambientales: Matriz de Leopold, Diagrama Causa – Efecto, Hojas de campo; los cuales son complementarias para una mejor identificación de impactos y posteriormente realizar un mejor plan de manejo ambiental.

Reforzar las capacitaciones al personal que desarrolla las actividades, aumenta la calidad del trabajo ejecutado y por ende ya no se realiza retrabajos, disminuyendo el costo y el tiempo.

Los resultados obtenidos en el control de la compactación de capas de material estructural (MSE) y relleno de zanjas de anclaje han sido satisfactorios; en todos los casos han sobrepasado el 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo de laboratorio - proctor modificado.

Los resultados obtenidos en el control de la compactación de capas de relleno masivo (espaldón) han sido satisfactorios; en todos los casos han sobrepasado el

95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo de campo Test Fill o también llamado terraplén de prueba.

El reflejo de la buena ejecución del plan de calidad fue desarrollar el dossier de calidad en el tiempo establecido del cliente.

En la actividad de llenado de cajas de gavión se desarrolló un seguimiento continuo con el área de topografía, con el fin de asegurar la calidad en la ejecución de esta partida, y así evitar futuras observaciones.

Las primeras actividades de ejecución fueron el llenado de las cajas de gaviones, esta partida fue observada en dos ocasiones (se presentaron 02 No conformidades), ocasionando retrabajos en esa partida. Posteriormente la contratista ejecutora tuvo más prevención en el desarrollo de la calidad de las actividades.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones mencionadas y al trabajo realizado en el informe líneas arriba se recomienda lo siguiente:

Se recomienda tener al inicio de un proyecto, todas las herramientas necesarias para desarrollar la gestión de calidad del mismo, de preferencia, tener toda la documentación días antes de iniciar una obra con el fin de que se utilice como línea base.

Se recomienda realizar un diagnóstico de la gestión existente en la empresa y/o en la obra, con el fin de identificar con anticipación las deficiencias y virtudes existentes en la gestión.

En los próximos trabajos que se ejecuten se debe desarrollar hitos de actualización del plan de calidad y manual de CQA, tener en cuenta que estos documentos generados en la etapa de planificación del proyecto van a variar dependiendo de la apertura de frentes de trabajo y las nuevas actividades.

Se recomienda realizar un seguimiento a los índices de calidad, generando alertas tempranas ante una disminución de la calidad y/o ante una posible desviación de la calidad en partidas sensible, como sería el caso del grado de compactación (mayor al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado, como indica la norma) para las capas en la partida de movimiento de tierras. Otro índice de calidad son las desviaciones topográficas que existan en el alineamiento y cota del relleno de piedra en los gaviones; sus dimensiones deben mantener la tolerancia indicada en las especificaciones técnicas.

Se recomienda elaborar un cronograma de capacitaciones (beneficios de realizar un trabajo con calidad, productividad y efectividad) hacia el personal técnico y de apoyo del área de calidad del contratista, así mismo si se identifica desconocimiento de los procesos de ejecución entre los operadores de campo, también se les debe planificar las capacitaciones con el fin de mejorar su producción y reducir las posibles observaciones de la supervisión. No se debe escatimar costos en estos procesos de mejora, en este proyecto no se realizaron

las suficientes capacitaciones por evitar gastos de personal y reducción de tiempos. Además, se debe incorporar al presupuesto un programa de capacitaciones de buenas prácticas en la ejecución de las actividades, para que la empresa contratista tenga la obligación de capacitar a su personal durante la obra, además que servirá como especialización para el personal de la zona.

Se debe asegurar que todo el personal clave propuesto por las empresas continúe a lo largo de todo el proyecto, en caso alguno de ellos se retire, se debe contar con un reemplazo inmediato. La falta de alguno de estos profesionales perjudica en el avance y calidad de la obra. Además, la empresa contratista, debe realizar la contratación de la mayor cantidad posible de mano de obra no calificada de la zona, a fin de reactivar la economía de los pobladores durante la ejecución del proyecto.

Se debe realizar una caminata entre todos los participantes del proyecto con el fin de detectar todas las interferencias y ver sus posibles soluciones.

Se recomienda tener buena comunicación con el diseñador del proyecto, una vez iniciada la obra es importante que el diseñador esté al tanto del avance, para que pueda responder algún cambio de diseño que pueda surgir.

Un tema importante para una nueva investigación es desarrollar un análisis más profundo sobre el costo y tiempo que se genera efectuar el levantamiento de las observaciones presentadas por la supervisión (Reporte de No Conformidad - RNC), el proceso de retrabajos, eliminación, ejecución y/o resane de estructuras; llegando a la conclusión del ahorro de costo y tiempo que se obtiene desarrollando un trabajo con calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, R. (2017). *Análisis de Estabilidad Física del Depósito de Relaves N° 5 de la Conseción de Beneficio Belén*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional de UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2538>
- Alfaro Félix, O. (2008). *Sistemas de aseguramiento de la calidad en la construcción*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/185/ALFO_OMAR_SISTEMAS_ASEGURAMIENTO_CALIDAD_CONSTRUCCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barzola, F., Diaz, J. & Zarate, M. (2022). *Buenas prácticas para la gestión de calidad en el control de la construcción de presas de relaves en una empresa supervisora de Lima-2021*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional de UTP. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6080/F.Barzola_J.Diaz_M.Zarate_Trabajo_Investigacion_Maestria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Egoavil Perea, H. (2011, junio). *MSEW_Terramesh System en Obras Mineras*. Geotecnia y geosintéticos. <https://geoapuntes.wordpress.com/2011/06/19/msew-terramesh-system-en-obras-mineras/>
- Fernandez, B. (2019). *Control de calidad en el proceso de obtención de arenas y construcción de presas de relaves*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/2c1e7c32-f8e1-45c2-872b-74f9f5766064/full>
- Geoservice Ingeniería SAC. (2014). *Estudio definitivo de la sobreelevación del depósito de relaves Yauricocha. Reporte preparado para Sociedad Minera Corona S.A.*
- Geosistemas PAVCO. (2012). *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Bogotá D.C.
- Herrera, W. (2020). *Movimiento de tierras para la construcción de la presa de relaves enlozada de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. Arequipa, Perú*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11287>

- Lara, J. L. (2013). *Experiencias de Operación de Depósitos de Relaves Espesados y Filtrados*. Lima Perú.
- Martínez, E., Martínez, E., González, E., Martínez, I., & Batanero, P. (2007). *Diseño de Pequeñas Presas (Boreau of Reclamation)*. (3.ª ed.). Bellisco.
- Morales Osorio, L.J. (2019). *Control de calidad CQC para el recrecimiento del depósito de relaves de la U.E.A. Animón – Pasco – 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional de UNDAC.
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1425/1/T026_70495262_T.pdf
- Morataya, L. (Agosto de 2011). *Sistema de Tierra Armada con Geomalla (Procedimiento de diseño y evaluación de estructuras existentes)*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional de USAC.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3291_C.pdf
- Olaya, E., & Sevillano, B. (2019). *Análisis comparativo entre el método aguas abajo y suelo reforzado para el recrecimiento de la presa de relaves Viluyo*. [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2720>
- ONG World Wildlife Fund. (2019, enero). *Dam burst in Brumadinho caused 125 hectares of forest loss*. WWF. <https://www.wwf.org.br/?69542/dam-brumadinho-125-hectares-forest-loss>
- Oviedo Tejada, R.M. (2007). *Aseguramiento y control de calidad de las obras de recrecimiento de la presa Alpamarca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/108>
- Paredes, N. (2019). *Derrame del relave minero en el distrito de San Pedro de Coris-Huancavelica: Informe de emergencia N°759-30/09/2019/COEN – INDECI/ 12:50 horas*. (No. 15). <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/INFORME-DE-EMERGENCIA-N%C2%BA-759-30SEP2019-DERRAME-DE-RELAVE-MINERO-EN-EL-DISTRITO-DE-SAN-PEDRO-DE-CORIS-HUANCAVELICA-15-002.pdf>
- Project Management Institute. (2018). *Guía de los fundamentos para la dirección de los proyectos. Guía del PMBOK*. (6.ª ed.). PMI

- Ramos, J. (2019). *Derrame de relave minero en el distrito de Ananea-Puno: Reporte complementario N°2853- 18/11/2019/COEN – INDECI/ 12:55 horas.* (No. 02). <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N-2853-18NOV2019-DERRAME-DE-RELAVE-MINERO-EN-EL-DISTRITO-DE-ANANEA-PUNO-2.pdf>
- Rodriguez, R. (2021). *Aseguramiento de Calidad en la ingeniería de detalle para el recrecimiento de la presa de colas San José, a través de a empresa BISA ingeniería de Proyectos S.A.* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana del Norte]. Repositorio institucional de UPN. Obtenido de repositorio de la Universidad Peruana del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27694>
- Suarez Salazar, C. (2005). *Administración de empresas constructoras.* (2.^a ed.). Limusa.