ANEXOS INCORPORADOS

ANEXO N° 39
SISTEMA DE INTEGRIDAD DE DUCTOS

ANEXO N° 39 A
ESTRUCTURA DEL ESTUDIO GEOMECÁNICO GLOBAL

ANEXO N° 39 B
ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN GEOMECÁNICA LOCAL

ANEXO N° 39 C
ESTRUCTURA DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

ANEXO N° 39 D
ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE SISMICIDAD INDUCIDA

ANEXO N° 40
CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UN DEPÓSITO DE RELAVES

ANEXO N° 41
CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UN DEPÓSITO DE DESMONTE

ANEXO N° 42
CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UNA PILA DE LIXIVIACIÓN (PAD)

ANEXO N° 43
MONITOREO GEOTÉCNICO DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES

ANEXO N° 39

SISTEMA DE INTEGRIDAD DE DUCTOS

El área responsable de la gestión del Sistema de Integridad de Ductos deberá reportar los resultados de su gestión al más alto nivel operativo dentro de la estructura organizativa de la empresa.

El Sistema de Integridad de Ductos se basa en el Estudio de Riesgos, los Análisis de Riesgo desarrollados por el Operador, y los resultados de los Programas de Gestión de Integridad desarrollados. El Sistema de Integridad de Ductos deberá ser elaborado por especialistas debidamente certificados con el perfil correspondiente, experiencia comprobada y capacitaciones acreditadas; en base a información confiable y fidedigna de las operaciones del Mineroducto.

La gestión del Sistema de Integridad de Ductos tomará como guía lo establecido en la norma API 1160, en lo que sea aplicable.

La Integridad de Ductos debe considerar lo siguiente:

a) Hasta el 31 de diciembre de cada año, la Gerencia General del titular de actividad minera aprobará los planes del Sistema de Integridad de Ductos a implementar el año siguiente.

   La información de estos planes deberá incluir, como mínimo, lo siguiente:

   - Actualización de los planes y procedimientos que forman parte del Programa de Gestión de Integridad.
   - Los objetivos y metas de integridad para el año siguiente.
   - El Plan de Relevamiento Base o el Plan de Inspección y Monitoreo, según sea el caso.
   - Plan de Reparaciones a desarrollar en el periodo.
   - Actividades a Implementar como medidas mitigativas y/o preventivas adicionales en las Áreas Sensibles identificadas.
   - Actividades a implementar para mejorar el proceso de recolección y mejora de datos.
   - Actividades a implementar en el periodo asociadas a los Planes del Programa de Gestión de Integridad.
   - Auditorías internas y externas a llevar adelante en el periodo.
   - Cronograma de ejecución de actividades.
   - Recursos asignados para la ejecución de lo planificado.

   La información presentada por el Operador deberá estar firmada por el más alto nivel operativo de la empresa.

b) El 31 de marzo de cada año, el Operador deberá contar con los resultados de la gestión del Sistema de Integridad de Ductos correspondientes al año anterior, presentándolo a la autoridad competente cuando ésta lo requiera.

La información de los Resultados de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos deberá incluir lo siguiente:

- Descripción general y características básicas del Sistema de Transporte.
- Resultados del Análisis de Riesgo del periodo anterior.
- Estado de avance del Plan de Relevamiento Base, de ser el caso.
- Desempeño del Plan de Respuesta.
- Áreas Sensibles y/o Amenazas a la Integridad identificadas en el último periodo.
- Resultados del Plan de Recolección y Mejora de Datos.
- Resultados del desarrollo de los Planes componentes del Programa de Gestión de Integridad: Integridad, Desempeño, Calidad, Comunicaciones y Manejo de Cambios.
- Nivel de Cumplimiento del Plan de Inspección y Monitoreo.
- Nivel de ejecución del presupuesto asignado.
- Base de Datos, este elemento puede estar solamente en soporte magnético.
- Resultados de Auditorias y criterios para establecer su frecuencia.
- Resultados de los Indicadores de Desempeño.
- Cambios en el personal responsable de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.
- Conclusiones y Recomendaciones.

La información presentada por el Operador deberá estar firmada por el más alto nivel operativo de la empresa.

c) La empresa contará con un Manual de Integridad que exponga lo siguiente:

- Política de Integridad de la Empresa.
- Funciones y Responsabilidades (de las áreas de Operación, Mantenimiento e Integridad).
- Perfil del personal responsable de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.
- Objetivos de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.
- Metas e indicadores de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.
- Organigrama de la Empresa y la descripción de las responsabilidades y competencias del personal responsable de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.
- Planes de capacitación del personal responsable.
- El Programa de Gestión de Integridad.
- Descripción, de corresponder, del Plan de Relevamiento Base (incluyendo la metodología del Análisis de Riesgo Básico, el cronograma de ejecución, la metodología del Análisis de Riesgo luego del primer año de ejecución del Plan de Relevamiento Base).
- Descripción, de corresponder, del Plan de Inspección y Monitoreo (incluyendo la metodología del Análisis de Riesgo, el cronograma de ejecución, la metodología para actualizar el plan considerando los resultados del periodo anterior).
- Recursos asignados para el cumplimiento de la Gestión del Sistema de Integridad de Ductos.

El Manual de Integridad será actualizado anualmente o cuando se realicen cambios significativos al sistema. Deberá ser presentado a la autoridad competente cuando ésta lo requiera.

d) El Operador deberá monitorear el desempeño de la gestión del Sistema de Integridad de Ductos considerando los indicadores y aplicando los que correspondan a su sistema de ductos de acuerdo a las características propias del mismo (diseño, operación y plan de mantenimiento, según lo siguiente:

- Cumplimiento de lo programado a nivel global.
- Nivel de Evaluación Directa (ED).
- Nivel de Inspección Interna.
- Tiempo de atención de defectos.
- Frecuencia de Actividades No Programadas (ANP).
- Frecuencia de Reparaciones No Programadas (RNP).
- Nivel de Riesgo No Aceptable (RNA).
- Nivel de Información Mínima Requerida (IMR).
- Frecuencia de Actividades No Autorizadas (ANA) en el Derecho de Vía.
- Frecuencia de Roturas.
- Frecuencia de fugas o derrames.

La explicación de cada indicador está expuesta en el siguiente cuadro:

INDICADORES DE INTEGRIDAD		
INDICADOR	**FÓRMULA**	**¿QUÉ MIDE?**
Cumplimiento de lo programado a nivel global	$\frac{\sum(\text{Acciones programadas ejecutadas})}{\text{Total de Acciones Programadas}} \times 100$	El porcentaje de ejecución de las acciones programadas en un periodo anual, considerando todas las actividades.
Nivel de Evaluación Directa (ED).	$\frac{\sum(\text{Km de ducto inspeccionado mediante ED})}{\text{Total de Km del ducto}} \times 100$	El porcentaje del ducto que se ha inspeccionado con procedimientos de evaluación directa, durante el año reportado.
Nivel de Inspección Interna	$\frac{\sum(\text{Km de ducto inspeccionados mediante ILI})}{\text{Total deKm del ducto}} \times 100$	El porcentaje del ducto que se ha inspeccionado mediante ILI, durante el año reportado.
Tiempo de atención de defectos	$\frac{\sum(\text{N° días para actuar sobre un defecto de atención inmediata})}{\text{N° de defectos atendidos}}$	El tiempo promedio (en días calendario) entre la detección de un defecto cuya atención debe ser inmediata y su reparación completa. Las medidas temporales sobre este tipo de defectos deben ser tomadas, como máximo, a los 05 días de detectados. El indicador se refiere al N° total de días transcurridos hasta que dicho defecto sea reparado o extraído, o hasta que se haya reducido la MOP.
Frecuencia de Actividades No Programadas (ANP)	$\frac{\text{N° de ANP x 1,000}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	El número de Actividades No Programadas realizadas al ducto, en un periodo anual, por cada 1000 Km.
Frecuencia de Reparaciones No Programadas (RNP)	$\frac{\text{N° de RNP x 1,000}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	El número de Reparaciones No Programadas realizadas al ducto, en un periodo anual, por cada 1000 Km.
Nivel de Riesgo No Aceptable (RNA)	$\frac{\text{N° de Km del ducto con RNA x 100}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	Porcentaje de la longitud del ducto que representa la sumatoria (en Km) de los tramos del ducto que presentan un Riesgo No Aceptable (RNA), en un periodo anual.

INDICADORES DE INTEGRIDAD 2		
INDICADOR	**FÓRMULA**	**¿QUÉ MIDE?**
Nivel de Información Mínima Requerida (IMR)	$\frac{\text{N° de Km del ducto sin IMR x 100}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	Porcentaje de la longitud del ducto que representa la sumatoria (en Km) de los tramos del ducto de los cuales no se tenga la Información Mínima Requerida (IMR) para evaluar la probabilidad de falla en un periodo anual. La IMR será la indicada en el API 1160 para los ductos de transporte de concentrados.
Frecuencia de Actividades No Autorizadas (ANA) en el DdV	$\frac{\text{N° ANA en el DdV x 1,000}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	El número de Actividades No Autorizadas (ANA) ocurridas al ducto, en un periodo anual, por cada 1000 Km. Las ANA se definen como aquellos eventos de terceros que pueden afectar la integridad de la tubería y que ocurren sin autorización Operador, incluyen: La movilización de vehículos o equipamiento sobre el Derecho de Vía; Actividades de Construcción u otros.
Existencia de Áreas de Alta Consecuencia (AAC)	$\frac{\sum \text{ de Km de las AS x 100}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	Porcentaje de la longitud del ducto que representa la sumatoria (en Km) de los tramos del ducto que presentan Áreas Sensibles (AS), en un periodo anual.
Frecuencia de Roturas	$\frac{\text{N° de Roturas x 1,000}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	El número de Roturas ocurridas al ducto, en un periodo anual, por cada 1000 Km. Una rotura se define como la pérdida del contenido transportado, que afecta la operación de un ducto.
Frecuencia de fugas o derrames	$\frac{\text{N° Fugas o Derrames en el año x 1,000}}{\text{N° Total de Km del ducto}}$	Para el caso de ductos de transporte de concentrados, mide el número de derrames ocurridos, en el periodo de un año, por cada 1000 Km. Un derrame se define como cualquier liberación de concentrado no prevista o no controlada por el Operador.

ANEXO N° 39 A

ESTRUCTURA DEL ESTUDIO GEOMECANICO GLOBAL

1. Introducción
   - 1.1. Objetivo y Alcances
   - 1.2. Información Técnica Revisada
   - 1.3. Criterios de Diseño (Descripción General)
2. Investigaciones de Campo y Laboratorio
   - 2.1. Mapeo Geomecánico de Labores Subterráneas
   - 2.2. Logueo de Perforaciones Diamantinas
   - 2.3. Recopilación del Modelo 3D de Tajeos
   - 2.4. Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Rocas
     - 2.4.1. Propiedades Físicas
     - 2.4.2. Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple (Uniaxial)
     - 2.4.3. Ensayo de Carga Puntual (Point Load Test)
     - 2.4.4. Resistencia a la Compresión Triaxial
     - 2.4.5. Resistencia a la Tracción (Método Brasilero)
     - 2.4.6. Propiedades Elásticas
3. Caracterización Geomecánica del Macizo Rocoso
   - 3.1. Geología
     - 3.1.1. Geología Regional
     - 3.1.2. Geología Local
   - 3.2. Hidrogeología
   - 3.3. Geoestructuras
     - 3.3.1. Fallas
     - 3.3.2. Discontinuidades
   - 3.4. Caracterización Geomecánica del Macizo Rocoso
     - 3.4.1. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Roca Intacta
     - 3.4.2. Índice RQD
     - 3.4.3. Sistema de Clasificación RMR
     - 3.4.4. Sectores de Diseño
     - 3.4.5. Parámetros de diseño de Resistencia de roca intacta del Macizo Rocoso (laboratorio de mecánica de rocas)
4. Diseño de Excavaciones para los Métodos de Minado (minería subterránea)
   - 4.1. Metodología del Diseño de Excavaciones
   - 4.2. Alternativas del Método de Minado
   - 4.3. Diseño de Aberturas del Método de Minado
   - 4.4. Diseño de Pilares Costilla y Pilares Puente de la Explotación
   - 4.5. Diseño de Resistencia del Relleno
   - 4.6. Modelo Numérico de Esfuerzos (software) y Secuencia de Minado
5. Diseño de Sostenimiento de Labores Mineras (minería subterránea)
6. Instrumentación y Monitoreo
7. Conclusiones y Recomendaciones
8. Anexos

ANEXO N° 39 B
ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN GEOMECÁNICA LOCAL
(MINERÍA SUBTERRÁNEA)

1. Introducción
2. Caracterización geomecánica del macizo rocoso
3. Condiciones geomecánicas actuales de la labor
4. Evaluación de estabilidad
   - 4.1 Cálculo empírico
   - 4.2 Análisis cinemático de cuñas
   - 4.3 Modelamiento numérico
     - 4.3.1 Recomendación de excavación/explotación
     - 4.3.2 Recomendación de reforzamiento y/o sostenimiento de labores mineras
5. Conclusiones y Recomendaciones
6. Anexos

   (Se deberá presentar una memoria resumen con los parámetros de entrada del software geomecánico utilizado y una copia electrónica de los archivos).

ANEXO N° 39 C
ESTRUCTURA DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN
- 1.1 Objetivo
- 1.2 Ubicación
- 1.3 Accesibilidad
- 1.4 Componentes del proyecto

2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
- 2.1 Revisión de la información existente
- 2.2 Codificación de las fuentes
- 2.3 Inventario de fuentes
  - 2.3.1 Inventario de fuentes en superficie
  - 2.3.2 Inventario de descargas en interior mina
  - 2.3.3 Metodología de monitoreo y aforos
  - 2.3.4 Medición de niveles en piezómetros
- 2.4 Perforación sondajes de investigación hidrogeológica
  - 2.4.1 Plan y método de perforaciones
  - 2.4.2 Instalación de piezómetros y limpieza
  - 2.4.3 Pruebas hidráulicas en sondeos
- 2.5 Estaciones de muestreo hidroquímico
  - 2.5.1 Establecimiento red de monitoreo
  - 2.5.2 Selección de parámetros físico químicos
- 2.6 Control y aseguramiento de la calidad
  - 2.6.1 Correlación de solidos disueltos totales (TDS) y conductividad eléctrica (CE) de las muestras
  - 2.6.2 Error de Balance Iónico

3. ASPECTOS GENERALES
- 3.1 Geomorfología
  - 3.1.1 Valle Glaciar
  - 3.1.2 Altiplanicies
  - 3.1.3 Montañas
- 3.2 Hidrografía del área
- 3.3 Climatología
  - 3.3.1 Precipitación
  - 3.3.2 Temperatura
  - 3.3.3 Humedad relativa
- 3.6 Balance hídrico (entradas y salidas)
  - 3.6.1 Precipitación del área
  - 3.6.2 Evapotranspiración potencial
  - 3.6.3 Evapotranspiración real
  - 3.6.4 Escorrentía o flujo superficial
  - 3.6.5 Recarga o infiltración
  - 3.6.6 Análisis de la recarga
- 3.7 Geología local
  - 3.7.1 Rocas sedimentarias
  - 3.7.2 Rocas Intrusivas
  - 3.7.3 Depósitos cuaternarios
- 3.8 Geología Estructural
  - 3.8.1 Plegamientos
  - 3.8.2 Fallas y fracturamientos

4. HIDROGEOLOGÍA DE LA MINA SUBTERRÁNEA
- 4.1 Clasificación de las unidades hidrogeológicas
  - 4.1.1 Clasificación por su medio litológico
  - 4.1.2 Clasificación según su conductividad hidráulica
- 4.2 Mapeo Hidrogeológico de fuentes

4.2.1 Monitoreo de fuentes subterráneas
4.2.2 Clasificación por tipo de fuente
4.2.3 Monitoreo de agua subterránea en Interior mina
4.3 Resultados de las perforaciones hidrogeológicas
4.3.1 Perforación sondajes hidrogeológicos en superficie
4.3.2 Perforación sondajes hidrogeológicos en interior mina
4.3.3 Instalación de piezómetros y/o obturación con packer.
4.3.4 Lectura de niveles y presiones hidrostáticas
4.4 Conductividad hidráulica de las unidades hidrogeológicas
4.4.1 Conductividad hidráulica
4.4.2 Coeficiente de almacenamiento
4.4.3 Transmisividad
4.4.4 Cono de depresión por efecto de drenaje
4.5 Niveles y evolución de las aguas subterráneas
4.5.1 Monitoreo de piezómetros en superficie
4.5.2 Monitoreo de piezómetros en interior mina
4.6 Interpretación piezometría y flujo de agua subterránea
4.7 Recarga del medio subterráneo
4.8 Descarga de aguas subterráneas
4.9 Modelo hidrogeológico conceptual
5. HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
5.1 Investigaciones de campo
5.2 Estaciones de Muestreo
5.3 Calidad de las aguas subterráneas
5.3.1 Parámetros fisicoquímicos de campo
5.3.2 Elementos mayoritarios
5.3.3 Elementos minoritarios (trazas)
5.3.4 Facies hidroquímicas
5.4 Calidad de agua superficial
5.4.1 Parámetros fisicoquímicos de campo
5.4.2 Elementos mayoritarios
5.4.3 Elementos minoritarios (trazas)
6. BALANCE HÍDRICO DE MINA Y CAUDALES
6.1 Clasificación descargas de agua por galerías
6.1.1 Descargas por niveles o labores
6.1.2 Descargas en el túnel de drenaje
6.1.3 Caudales horarios de bombeo
6.2 Balance hídrico de mina y calibración con caudal de drenaje
6.3 Diagrama del sistema de bombeo con caudales por niveles
7. MODELO NUMERICO DE PROFUNDIZACION DE MINA
7.1 Objetivo
7.2 Alcances
7.3 Modelo hidrogeológico conceptual de mina
7.4 Construcción del modelo numérico
7.4.1 Dominio del modelo, Malla y discretización vertical
7.4.2 Capas del modelo
7.4.3 Condiciones de borde
7.4.4 Conductividad hidráulica
7.4.5 Recarga asignada al modelo
7.5 Calibración del modelo numérico
7.5.1 Calibración en régimen estacionario
7.5.2 Calibración en régimen transitorio
7.6 Pronóstico del modelo, bajo escenarios de profundización de mina
7.6.1 Parámetros del modelo numérico calibrado
7.6.2 Plan de minado para la profundización de labores mineras
7.6.3 Representación de las labores mineras en el modelo
7.6.4 Calibración con los caudales de drenaje mina
7.8 Resultados de simulación predictiva según plan de minado
7.8.1 Simulación para la predicción de caudales de mina
7.8.2 Piezometría simulada para los años proyectados

7.9 Transporte de solutos para escenarios natural, operación y cierre.
7.9.1 Construcción del modelo de transporte de masa
7.9.2 Simulación con un soluto seleccionado y registrados en campo
7.9.3 Trayectorias de flujo (Pathlines)
7.10 Resultados

8. PLAN DE MANEJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
8.1 Plan de manejo de aguas.
8.1.1 Componentes de agua cruda y sus alternativas de tratamiento
8.1.2 Planteamiento de sistema de tratamiento de agua
8.2 Evaluación de impacto y sus efectos en el medio receptor
8.2.1 Estimación de caudal de descarga y volumen potencial de tratamiento

9. CONCLUSIONES
10. RECOMENDACIONES
11. BIBLIOGRAFIA
Lista de Cuadros
Lista de Figuras
Lista de Fotografías
Lista de Planos
LISTA DE ANEXOS
Anexo A: Cálculos hidrológicos
Anexo B: Data de monitoreo de fuentes subterráneas y superficiales
Anexo C: Registro de sondeos y pruebas hidráulicas
Anexo D: Data y cálculos hidroquímicos
Anexo E: Datos de entrada y salidas del modelo numérico
Anexo F: Planos

ANEXO N° 39 D
ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE SISMICIDAD INDUCIDA
(MINERÍA SUBTERRÁNEA)

1. INTRODUCCIÓN
1.1. Objetivos
1.1.1. Objetivo general
1.1.2. Objetivos específicos
1.2. Alcances

2. ANTECEDENTES Y CONDICIONES DE SISMICIDAD ACTUAL

2.1. Unidad Minera (U.M.)
2.1.1. Ubicación de la U.M.

2.2. Zonas o Minas con sismicidad inducida
2.2.1. Ubicación
2.2.2. Resultado de los ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.
2.2.3. Resultado de mediciones de esfuerzos in-situ
2.2.4. Planos topográficos de detalle.
2.2.5. Planos estructurales.
2.2.6. Información Geológica y Geotécnica.
2.2.7. Información de la caracterización Geomecánica. Calidades zonificadas de las rocas in situ.
2.2.8. Diseño de mina explotado y labores de avance de la zona de eventos Sísmicos.
2.2.9. Proyecto diseño mina actual y futuro (secuencia explotación y dimensiones de cavidades).

3. SISTEMA DE ALERTAS DE SISMICIDAD INDUCIDA
3.1 Sistema de Monitoreo Microsísmico
3.1.1 Introducción
3.1.2 Planos -esquemas ubicación y cobertura del sistema
3.1.3 Descripción de los equipos y softwares del sistema

4. ANALISIS DE PELIGRO Y RIESGO SISMICO
4.1. Introducción

4.2. Parámetros de Análisis
4.2.1. La distribución de Poisson y la Campana de Gauss
4.2.2. Cuadros comparativos de Taza de producción eventos y disparos
4.2.3. La distribución de Gutenberg-Richter, parámetro "b"
4.2.4. La distancia entre eventos
4.2.5. Radios de ruptura
4.2.6. La probabilidad de ocurrencia
4.2.7. El Periodo de Retorno
4.2.8. Distribución en el tiempo de los eventos sísmicos
4.2.9. Conclusiones y recomendaciones

5. VOLADURA Y SISMICIDAD INDUCIDA
5.1 Voladura subterránea
5.1.1 Introducción
5.1.2. Metodología del monitoreo
5.1.3. Equipos y adquisición de datos
5.1.4. Análisis, procesamiento e interpretación de datos
5.1.5. Conclusiones y Recomendaciones

5.2 Voladura superficial
5.2.1. Introducción
5.2.2. Metodología del monitoreo de vibraciones
5.2.3. Equipos y adquisición de datos
5.2.4. Análisis, procesamiento e interpretación de datos
5.2.5. Conclusiones y Recomendaciones
5.2.6. Anexos
Anexo 1: Plano de Ubicación
Anexo 2: Registros y Resultados
Anexo 3: Galería de Fotos

6. PLAN DE ACCION Y MEDIDAS DE CONTROL
6.1 Medidas de control
6.1.1 Medidas tácticas
6.1.2 Medidas estratégicas
6.1.3 Cronogramas de ejecución y seguimiento

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
8. ANEXOS:
ANEXO 1: Data procesada del sistema microsísmico.
ANEXO 2: Planos de ubicación
ANEXO 3: Figuras, gráficos de eventos más resaltantes del historial Sísmico en planos 3D.
ANEXO 4: Panel fotográfico

BIBLIOGRAFIA
APENDICE: GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS
I. CONCEPTOS TEÓRICOS REFERENCIALES
II. PARÁMETROS SÍSMICOS

ANEXO N° 40

CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UN DEPÓSITO DE RELAVES

Se recomienda que los estudios de estabilidad física de los depósitos de relaves tengan como mínimo, el siguiente contenido:

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Contiene la fecha de elaboración del estudio de estabilidad física, la descripción de las principales características de la unidad minera con relación al componente evaluado.

1.2 Ubicación

Incluye la ubicación política de la unidad minera (departamento, provincia y distrito); así como la ubicación geográfica, la cual debe estar referenciada dentro de su entorno (con alguna cordillera, quebrada, valle, río), señalando la altitud promedio y las coordenadas UTM en el sistema WGS84 de la zona de emplazamiento del depósito de relaves, los accesos a la unidad minera y los tiempos empleados en cada ruta.

1.3 Información existente

Mediante un listado, se indicará la información técnica utilizada para la elaboración del estudio (por ejemplo: ingeniería de detalle, investigaciones geotécnicas, estudios de peligro sísmico, registros e informes de monitoreo, etc.), citando el título, autor y fecha de elaboración.

2. GEOLOGÍA

Describe las características geológicas locales y regionales de la zona en la que se encuentra emplazado el depósito de relaves, así como la geodinámica externa que pueda afectar la estabilidad física del componente.

3. HIDROLOGÍA

Incluye información de la cuenca hidrológica a la que pertenece y los parámetros considerados para la zona donde se emplaza el depósito de relaves.

4. TOPOGRAFÍA

Contiene los aspectos morfológicos del área donde se emplaza el componente, indicando la orografía, forma del relieve y los taludes del depósito de relaves y su entorno.

Esta información proporcionará las características geométricas del componente como insumo para la elaboración del estudio. El informe deberá indicar la fecha a la que corresponde la información topográfica utilizada.

5. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

El consultor elaborará un programa de investigaciones geotécnicas de acuerdo a las características de la operación del depósito de relaves para la elaboración del estudio de estabilidad física.

En caso de no contar con el referido programa de investigaciones en el presente estudio, el consultor deberá sustentarlo técnicamente.

5.1 Métodos de Auscultación del terreno

Contiene los métodos utilizados para dicho fin, indicando para cada uno de ellos la profundidad de exploración, características del material encontrado, presencia de nivel freático y potencial de licuación.

Se especificará la cantidad de exploraciones, así como la ubicación con coordenadas UTM donde se realizaron, teniendo en cuenta que debe brindar información acerca del terreno de

emplazamiento del componente. Señalar si las muestras obtenidas en dichas exploraciones son alteradas o inalteradas.
Esta información deberá estar reflejada en un plano de investigaciones geotécnicas.

5.2 Ensayos de campo

Se deberá indicar cuáles fueron los ensayos realizados en campo, la cantidad de los mismos, norma utilizada y los resultados obtenidos. Estos ensayos deben estar mostrados en un plano de investigaciones geotécnicas.

5.3 Ensayos de Laboratorio

Listar los ensayos realizados a cada una de las muestras obtenidas en campo, y posteriormente procesadas en laboratorio; indicando los resultados obtenidos en un cuadro resumen. Se deberán adjuntar los registros firmados de los ensayos realizados por el laboratorio especializado.

6. MONITOREO GEOTÉCNICO

Para la elaboración del análisis de estabilidad física, el consultor deberá utilizar información actualizada del registro de monitoreo geotécnico en base a la instrumentación del componente, a fin de evaluar su comportamiento en el tiempo y de ser necesario, formular recomendaciones para un mejor seguimiento.
Se deberá presentar como anexo la información referente al registro geotécnico utilizado para el análisis de estabilidad física.

7. PELIGRO SÍSMICO

El consultor deberá señalar la fecha de elaboración del estudio de Peligro Sísmico utilizado para la zona analizada, que servirá de insumo para el análisis de estabilidad del depósito de relaves, indicando los periodos de retorno considerados, como también los métodos empleados y las aceleraciones máximas esperadas para cada tipo de material.

8. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS

Contiene el listado de consideraciones empleadas por el consultor para la elaboración del estudio de estabilidad física, en base a la normativa vigente, la ingeniería de diseño y a la revisión de la información existente del componente. Este ítem deberá contar también con un cuadro resumen de los parámetros de resistencia de los materiales y las propiedades física de éstos (SUCS, densidad, peso específico).

9. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

9.1 Estabilidad de taludes

9.1.1 Metodología de análisis

El consultor debe especificar el software utilizado y el método empleado para el análisis de estabilidad, señalando el procedimiento y las consideraciones utilizadas para el cálculo de los factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

9.1.2 Secciones de análisis

Realizar el análisis de estabilidad en las secciones críticas según el criterio del consultor. Esta información deberá estar contenida en un plano donde se indiquen las secciones evaluadas y sus elevaciones en msnm.

10. RESULTADOS

10.1 Resultados del Análisis de Estabilidad

Los resultados se mostrarán en un cuadro resumen de los valores obtenidos mediante el software utilizado, que serán contrastados con los valores señalados en las consideraciones para el análisis.

Las salidas de las corridas de estabilidad con el cuadro de propiedades de los materiales se deben mostrar como anexo del informe.

11. CONCLUSIONES

Se deberán indicar las principales consideraciones adoptadas para la elaboración del estudio.
Señalar si de acuerdo a resultados obtenidos en el análisis de estabilidad física, el depósito de relaves es físicamente estable o si requiere de medidas para su estabilización.

12. RECOMENDACIONES

En caso de ser requerido, se propondrán medidas para una mejorar la operación o el monitoreo del depósito de relaves.
En el caso que los factores de seguridad son menores a los mínimos establecidos, se deberá incluir la propuesta o método de estabilización del componente.

13. REFERENCIAS

Contará con el listado de la documentación y normativa utilizada para la elaboración del estudio.

14. ANEXOS

Los anexos del estudio deberán contener como mínimo lo siguiente:

- Plano con la ubicación de las investigaciones geotécnicas realizadas en coordenadas UTM WGS84.
- Plano con las secciones o perfiles geotécnicos empleados para el análisis de estabilidad física.
- Registros de los ensayos geotécnicos de campo.
- Registro del monitorio geotécnico.
- Registros de los ensayos de laboratorio.
- Salidas (output) de los resultados obtenidos mediante el software utilizado.

ANÁLISIS ADICIONALES

En caso que el consultor requiera para complementar el estudio de estabilidad física, la elaboración de análisis adicionales tales como el análisis de infiltración, análisis de deformaciones estáticas o dinámicas, éstos deberán contar con el siguiente contenido mínimo:

1. ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN

Se usará para determinar el nivel de agua dentro del cuerpo de la presa, tratando de simular las condiciones de operación del depósito de relaves. Este análisis se realizará en caso no se cuente con información del nivel piezométrico del depósito de relaves o en caso de no estar dicho análisis contenido en la ingeniería de diseño.

1.1 Metodología de análisis
Indica el nombre del software y la versión utilizada, así como el método que se ha empleado para la elaboración del análisis.

1.2 Propiedades hidráulicas de los materiales
Contiene los parámetros de conductividad hidráulica (K), estimados en los ensayos de campo o de laboratorio, de los materiales que conforman el depósito de relaves. En caso se asuma un valor se sustentará los valores asumidos.

1.3 Condiciones del análisis de filtración
Las condiciones del análisis de infiltraciones permitirán modelar los escenarios a los cuales estará sometido el depósito de relaves. La condición más desfavorable será usada para el análisis de estabilidad.

1.4 Secciones de análisis
Incluye la geometría obtenida de las secciones críticas del plano topográfico

1.5Resultados

Contiene los gráficos obtenidos por el software utilizado para las condiciones más desfavorables

2. ANÁLISIS NUMÉRICO DE DEFORMACIONES ESTÁTICAS

Este análisis podrá ser realizado por el consultor de manera opcional y complementaria, considerando los resultados obtenidos en el análisis de equilibrio límite.

2.1Metodología de análisis

Se deberá señalar la versión del software utilizado y el método adoptado para el análisis.

2.2Propiedades / parámetros elásticas de los materiales

Contiene las características consideradas para cada material, referidas a sus propiedades elásticas obtenidas a partir de ensayos geofísicos, ensayos triaxiales, bibliografía existente y a la experiencia del consultor.

2.3Resultados

Se presentará un cuadro resumen con los desplazamientos estáticos (horizontal y vertical) obtenidos en el dique del depósito de relaves mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para este método en las consideraciones para el análisis.

3. ANÁLISIS DE DEFORMACIONES POR SISMO MEDIANTE MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Este tipo de análisis puede ser realizado como complemento del análisis de estabilidad física por equilibrio límite. Para ello, el consultor deberá sustentar técnicamente su realización, utilizando como mínimo los siguientes métodos:

- Método de Bray & Travasarou y Macedo
- Método de Makdisi & Seed

3.1Resultados

Se mostrará un cuadro resumen con los desplazamientos máximos y mínimos obtenidos en el dique del depósito de relaves mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para estos métodos en las consideraciones para el análisis.

ANEXO N° 41

CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UN DEPÓSITO DE DESMONTE

Se recomienda que los estudios de estabilidad física de los depósitos de desmonte tengan como mínimo, el siguiente contenido:

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Contiene la fecha de elaboración del estudio de estabilidad física, la descripción de las principales características de la unidad minera con relación al componente evaluado.

1.2 Ubicación

Incluye la ubicación política de la unidad minera (departamento, provincia y distrito); así como la ubicación geográfica, la cual debe estar referenciada dentro de su entorno (con alguna cordillera, quebrada, valle, río), señalando la altitud promedio y las coordenadas UTM en el sistema WGS84 de la zona de emplazamiento del depósito de desmonte, los accesos a la unidad minera y los tiempos empleados en cada ruta.

1.3 Información existente

Mediante un listado, se indicará la información técnica utilizada para la elaboración del estudio (por ejemplo: ingeniería de detalle, investigaciones geotécnicas, estudios de peligro sísmico, registros e informes de monitoreo, etc.), citando el título, autor y fecha de elaboración.

2. GEOLOGÍA

Describe las características geológicas locales y regionales de la zona en la que se encuentra emplazado el depósito de relaves, así como la geodinámica externa que pueda afectar la estabilidad física del componente.

3. HIDROLOGÍA

Incluye información de la cuenca hidrológica a la que pertenece y los parámetros considerados para la zona donde se emplaza el componente evaluado.

4. TOPOGRAFÍA

Contiene los aspectos morfológicos del área donde se emplaza el componente, indicando la orografía, forma del relieve y los taludes del depósito de desmonte y su entorno.

Esta información proporcionará las características geométricas del componente como insumo para la elaboración del estudio. El informe deberá indicar la fecha a la que corresponde la información topográfica utilizada.

5. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

El consultor elaborará un programa de investigaciones geotécnicas de acuerdo a las características de la operación del depósito de desmonte para la elaboración del estudio de estabilidad física.

En caso de no contar con el referido programa de investigaciones en el presente estudio, el consultor deberá sustentar técnicamente dicha omisión, asumiendo las responsabilidades que representen los resultados obtenidos.

5.1 Métodos de Auscultación del terreno

Contiene los métodos utilizados para dicho fin, indicando para cada uno de ellos la profundidad de exploración, características del material encontrado, presencia de nivel freático, entre otros.

Se especificará la cantidad de exploraciones, así como la ubicación con coordenadas UTM donde se realizaron, teniendo en cuenta que debe brindar información acerca del terreno de emplazamiento del componente. Señalar si las muestras obtenidas en dichas exploraciones son alteradas o inalteradas.

Esta información deberá estar reflejada en un plano de investigaciones geotécnicas.

5.2 Ensayos de campo

Se deberá indicar cuáles fueron los ensayos realizados en campo, la cantidad de los mismos, norma utilizada y los resultados obtenidos. Estos ensayos deben estar mostrados en un plano de investigaciones geotécnicas.

5.3 Ensayos de Laboratorio

Listar los ensayos realizados a cada una de las muestras obtenidas en campo, y posteriormente procesadas en laboratorio; indicando los resultados obtenidos en un cuadro resumen. Se deberán adjuntar los registros firmados de los ensayos realizados por el laboratorio especializado.

6. MONITOREO GEOTÉCNICO

Para la elaboración del análisis de estabilidad física, el consultor deberá utilizar información actualizada del registro de monitoreo geotécnico en base a la instrumentación del componente, a fin de evaluar su comportamiento en el tiempo y de ser necesario, formular recomendaciones para un mejor seguimiento.

Se deberá presentar como anexo la información referente al registro geotécnico utilizado para el análisis de estabilidad física.

7. PELIGRO SÍSMICO

El consultor deberá señalar la fecha de elaboración del estudio de Peligro Sísmico para zona analizada, que servirá de insumo para el análisis de estabilidad del depósito de desmonte, indicando los periodos de retorno considerados, como también los métodos empleados y las aceleraciones máximas esperadas para cada tipo de material.

8. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS

Contiene el listado de consideraciones empleadas por el consultor para la elaboración del estudio de estabilidad física, en base a la normativa vigente, la ingeniería de diseño y a la revisión de la información existente del componente. Este ítem deberá contar también con un cuadro resumen de los parámetros de resistencia de los materiales y las propiedades física de éstos (SUCS, densidad, peso específico).

9. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

9.1 Estabilidad de taludes

9.1.1 Metodología de análisis

El consultor debe especificar el software utilizado y el método empleado para el análisis de estabilidad, señalando el procedimiento y las consideraciones utilizadas para el cálculo de los factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

9.1.2 Secciones de análisis

Realizar el análisis de estabilidad en las secciones críticas según el criterio del consultor. Esta información deberá estar contenida en un plano donde se indiquen las secciones evaluadas y sus elevaciones en msnm.

10. RESULTADOS

10.1 Resultados del Análisis de Estabilidad

Los resultados deberán mostrase en un cuadro resumen de los valores obtenidos mediante el software utilizado, que serán contrastados con los valores considerados en las consideraciones para el análisis.

Las salidas de las corridas de estabilidad con el cuadro de propiedades de los materiales se deben mostrar como anexo del informe.

11. CONCLUSIONES

Se deberán indicar las principales consideraciones adoptadas para la elaboración del estudio.
Señalar si de acuerdo a resultados obtenidos en el análisis de estabilidad física, el depósito de desmonte es físicamente estable o si requiere de medidas para su estabilización.

12. RECOMENDACIONES

En caso de ser requerido, se propondrán medidas para una mejorar la operación o el monitoreo del depósito de desmonte.
En el caso que los factores de seguridad son menores a los mínimos establecidos, se deberá incluir la propuesta o método de estabilización del componente.

13. REFERENCIAS

Contará con el listado de la documentación y normativa utilizada para la elaboración del estudio.

14. ANEXOS

Los anexos del estudio deberán contener como mínimo lo siguiente:

- Plano con la ubicación de las investigaciones geotécnicas realizadas en coordenadas UTM WGS84.
- Plano con las secciones o perfiles geotécnicos empleados para el análisis de estabilidad física.
- Registros de los ensayos geotécnicos de campo.
- Registro del monitorio geotécnico.
- Registros de los ensayos de laboratorio.
- Salidas (output) de los resultados obtenidos mediante el software utilizado.

ANÁLISIS ADICIONALES

En caso que el consultor requiera para complementar el estudio de estabilidad física, la elaboración de análisis adicionales tales como el análisis de deformaciones estáticas o dinámicas, éstos deberán contar con el siguiente contenido mínimo:

1. ANÁLISIS NUMÉRICO DE DEFORMACIONES ESTÁTICAS

Este análisis podrá ser realizado por el consultor de manera opcional y complementaria, considerando los resultados obtenidos en el análisis de equilibrio límite.

1.1 Metodología de análisis
Se deberá señalar la versión del software utilizado y el método adoptado para el análisis.

1.2 Propiedades / parámetros elásticas de los materiales
Contiene las características consideradas para cada material, referidas a sus propiedades elásticas obtenidas a partir de ensayos geofísicos, ensayos triaxiales, bibliografía existente y a la experiencia del consultor.

2.4 Resultados
Se presentará un cuadro resumen con los desplazamientos estáticos (horizontal y vertical) obtenidos en el dique del depósito de relaves mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para este método en las consideraciones para el análisis.

2. ANÁLISIS DE DEFORMACIONES POR SISMO MEDIANTE MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Este tipo de análisis puede ser realizado como complemento del análisis de estabilidad física por equilibrio límite. Para ello, el consultor deberá sustentar técnicamente su realización, utilizando como mínimo los siguientes métodos:

- Método de Bray & Travasarou y Macedo
- Método de Makdisi & Seed

2.1 Resultados

Se mostrará un cuadro resumen con los desplazamientos máximos y mínimos obtenidos en el dique del depósito de desmonte mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para estos métodos en las consideraciones para el análisis.

ANEXO N° 42

CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UNA PILA DE LIXIVIACIÓN (PAD)

Se recomienda que los estudios de estabilidad física de las pilas de lixiviación (PAD) tengan como mínimo el siguiente contenido:

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Contiene la fecha de elaboración del estudio de estabilidad física, la descripción de las principales características de la unidad minera con relación al componente evaluado.

1.2 Ubicación

Incluye la ubicación política de la unidad minera (departamento, provincia y distrito); así como la ubicación geográfica, la cual debe estar referenciada dentro de su entorno (con alguna cordillera, quebrada, valle, río), señalando la altitud promedio y las coordenadas UTM en el sistema WGS84 de la zona de emplazamiento del depósito de relaves, los accesos a la unidad minera y los tiempos empleados en cada ruta.

1.3 Información existente

Mediante un listado, se indicará la información técnica utilizada para la elaboración del estudio (por ejemplo: ingeniería de detalle, investigaciones geotécnicas, estudios de peligro sísmico, registros e informes de monitoreo, etc.), citando el título, autor y fecha de elaboración.

2. GEOLOGÍA

Describe las características geológicas locales y regionales de la zona en la que se encuentra emplazado la pila de lixiviación (PAD), así como la geodinámica externa que pueda afectar la estabilidad física del componente.

3. TOPOGRAFÍA

Contiene los aspectos morfológicos del área donde se emplaza la pila de lixiviación (PAD), indicando la orografía, forma del relieve y los taludes del componente y su entorno.

Esta información proporcionará las características geométricas del componente como insumo para la elaboración del estudio. El informe deberá indicar la fecha a la que corresponde la información topográfica utilizada.

4. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

El consultor elaborará un programa de investigaciones geotécnicas de acuerdo a las características de la operación de la pila de lixiviación (PAD) para la elaboración del estudio de estabilidad física.

En caso de no contar con el referido programa de investigaciones en el presente estudio, el consultor deberá sustentar técnicamente dicha omisión, asumiendo las responsabilidades que representen los resultados obtenidos.

4.1 Métodos de Auscultación del terreno

Contiene los métodos utilizados para dicho fin, indicando para cada uno de ellos la profundidad de exploración, características del material encontrado, presencia de nivel freático, entre otros.

Se especificará la cantidad de exploraciones, así como la ubicación con coordenadas UTM donde se realizaron, teniendo en cuenta que debe brindar información acerca del terreno de emplazamiento del componente. Señalar si las muestras obtenidas en dichas exploraciones son alteradas o inalteradas.

Esta información deberá estar reflejada en un plano de investigaciones geotécnicas.

4.2 Ensayos de campo

Se deberá indicar cuáles fueron los ensayos realizados en campo, la cantidad de los mismos, norma utilizada y los resultados obtenidos. Estos ensayos deben estar mostrados en un plano de investigaciones geotécnicas.

4.3 Ensayos de Laboratorio

Listar los ensayos realizados a cada una de las muestras obtenidas en campo, y posteriormente procesadas en laboratorio; indicando los resultados obtenidos en un cuadro resumen. Se deberán adjuntar los registros de los ensayos realizados por el laboratorio especializado.

5. MONITOREO GEOTÉCNICO

Para la elaboración del análisis de estabilidad física, el consultor deberá utilizar información actualizada del registro de monitoreo geotécnico en base a la instrumentación del componente, a fin de evaluar su comportamiento en el tiempo y de ser necesario, formular recomendaciones para un mejor seguimiento.
Se deberá presentar como anexo la información referente al registro geotécnico utilizado para el análisis de estabilidad física.

6. PELIGRO SÍSMICO

El consultor deberá señalar la fecha de elaboración del estudio de Peligro Sísmico utilizado para la zona analizada, que servirá de insumo para el análisis de estabilidad de la pila de lixiviación (PAD), indicando los periodos de retorno considerados, como también los métodos empleados y las aceleraciones máximas esperadas para cada tipo de material.

7. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS

Contiene el listado de consideraciones empleadas por el consultor para la elaboración del estudio de estabilidad física, en base a la normativa vigente, la ingeniería de diseño y a la revisión de la información existente del componente. Este ítem deberá contar también con un cuadro resumen de los parámetros de resistencia de los materiales y las propiedades física de éstos (SUCS, densidad, peso específico).

8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

8.1 Estabilidad de taludes

8.1.1 Metodología de análisis

El consultor debe especificar el software utilizado y el método empleado para el análisis de estabilidad, señalando el procedimiento y las consideraciones utilizadas para el cálculo de los factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

8.1.2 Secciones de análisis

Realizar el análisis de estabilidad en las secciones críticas según el criterio del consultor. Esta información deberá estar contenida en un plano donde se indiquen las secciones evaluadas y sus elevaciones en msnm.

9. RESULTADOS

9.1 Resultados del Análisis de Estabilidad

Los resultados se mostrarán en un cuadro resumen de los valores obtenidos mediante el software utilizado, que serán contrastados con los valores señalados en las consideraciones para el análisis.

Las salidas de las corridas de estabilidad con el cuadro de propiedades de los materiales se deben mostrar como anexo del informe.

10. CONCLUSIONES

Se deberán indicar las principales consideraciones adoptadas para la elaboración del estudio.
Señalar si de acuerdo a resultados obtenidos en el análisis de estabilidad física, la pila de lixiviación (PAD) es físicamente estable o si requiere de medidas para su estabilización.

11. RECOMENDACIONES

En caso de ser requerido, se propondrán medidas para una mejorar la operación o el monitoreo de la pila de lixiviación (PAD).
En el caso que los factores de seguridad son menores a los mínimos establecidos, se deberá incluir la propuesta o método de estabilización del componente.

12. REFERENCIAS

Contará con el listado de la documentación y normativa utilizada para la elaboración del estudio.

13. ANEXOS

Los anexos del estudio deberán contener como mínimo lo siguiente:

- Plano con la ubicación de las investigaciones geotécnicas realizadas en coordenadas UTM WGS84.
- Plano con las secciones o perfiles geotécnicos empleados para el análisis de estabilidad física.
- Registros de los ensayos geotécnicos de campo.
- Registro del monitorio geotécnico.
- Registros de los ensayos de laboratorio.
- Salidas (output) de los resultados obtenidos mediante el software utilizado.

ANÁLISIS ADICIONALES

En caso que el consultor requiera para complementar el estudio de estabilidad física, la elaboración de análisis adicionales tales como el análisis de deformaciones estáticas o análisis de deformaciones por sismo, éstos deberán contar con el siguiente contenido mínimo:

1. ANÁLISIS NUMÉRICO DE DEFORMACIONES ESTÁTICAS

Este análisis podrá ser realizado por el consultor de manera opcional y complementaria, considerando los resultados obtenidos en el análisis de equilibrio límite.

1.1 Metodología de análisis
Se deberá señalar la versión del software utilizado y el método adoptado para el análisis.

1.2 Propiedades elásticas de los materiales
Contiene las características consideradas para cada material, referidas a sus propiedades elásticas obtenidas a partir de ensayos geofísicos, ensayos triaxiales, bibliografía existente y a la experiencia del consultor.

1.3 Resultados
Se presentará un cuadro resumen con los desplazamientos estáticos (horizontal y vertical) obtenidos en la pila de lixiviación (PAD) mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para este método en los criterios de diseño.

2. ANÁLISIS DE DEFORMACIONES POR SISMO MEDIANTE MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Este análisis ser realizado por, En caso de identificar riesgo de licuación de los materiales que conforman la pila de lixiviación (PAD), el consultor deberá realizar el análisis complementario, utilizando como mínimo los siguientes métodos:

- Método de Bray & Travasarou y Macedo

- Método de Makdisi & Seed

2.1 Resultados

Se mostrará un cuadro resumen con los desplazamientos máximos y mínimos obtenidos en el dique de la pila de lixiviación (PAD) mediante el análisis numérico, contrastando con los máximos desplazamientos considerados para estos métodos en los criterios de diseño.

ANEXO N° 43

MONITOREO GEOTÉCNICO DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES

La instrumentación geotécnica de un depósito de relaves tiene por finalidad monitorear, durante las etapas de construcción, operación y cierre, el comportamiento del dique y demás componentes. La utilidad de estos controles radica en la posibilidad de obtener información de su comportamiento midiendo algunos parámetros geotécnicos que controlan los mecanismos de falla.

1. TIPOS DE INSTRUMENTACIÓN

Los instrumentos comúnmente empleados en la investigación y monitoreo de los deslizamientos son los siguientes:

- **Control topográfico de puntos determinados**.- Se usan equipos de topografía, los cuales pueden estar sistematizados para obtener la dirección de los desplazamientos de la superficie.
- **Extensómetros superficiales**.- Permiten medir los movimientos horizontales relativos y los cambios de amplitud de grietas.
- **Inclinómetros**.- Miden el cambio de inclinación de un tubo que se instala mediante una perforación dentro del talud y de esta manera, se calcula la distribución de los movimientos laterales. De esta manera se puede determinar la profundidad de la superficie de falla y la dirección y magnitud de los desplazamientos.
- **Piezómetros**.- Miden el nivel de agua y/o la presión de poros. Pueden ser de tubo abierto, neumáticos o de cable vibratorio.
- **Sismógrafos**.- Son equipos que son utilizados para medir las vibraciones del suelo, producto de actividades como voladuras, demoliciones, minería, explotación de canteras, construcción, sismos, etc.
- **Sistemas de escaneo de taludes**.- Son utilizados para el control de los elementos potencialmente inestables. Este sistema utiliza un radar para el escaneo de taludes para detectar movimientos con precisión milimétrica y pueden proporcionar información en tiempo real las 24 horas del día.
- **Monitoreo con imágenes satelitales**.- Son realizadas mediante plataformas satelitales de radar de apertura sintética (SAR) para obtener desplazamientos en áreas de interés específicas mediante el procesamiento de imágenes satelitales.

2. PROGRAMA DE MONITOREO

El Programa de monitoreo geotécnico deberá incluir la interpretación de los resultados obtenidos, debidamente firmados por el ingeniero geotécnico especializado, considerando los siguientes aspectos:

2.1 El tipo de medición requerido
Deberá ajustarse a la necesidad y características del componente, en relación a la ubicación, geología e hidrogeología de su entorno.

2.2 La instrumentación
El tipo de instrumentación a utilizar, así como su localización, número, profundidad y demás características, deberá estar establecida en la ingeniería de diseño del depósito de relaves o mediante un estudio realizado por un consultor o ingeniero especializado en geotecnia, luego de una evaluación de las condiciones de cada componente.

2.3 La metodología y frecuencia de lectura de las mediciones
El Programa de monitoreo deberá contar con información que incluya la metodología para la toma de datos, la frecuencia de obtención de los mismos para cada tipo de instrumentación, así como el historial de registro.

2.4 Los umbrales de acuerdo al riesgo de falla de cada componente

Deberá contener un cuadro con los rangos de valores establecidos de acuerdo a los niveles de riesgo que representen cada uno, a fin de poder identificar situaciones que requieran la toma de acciones para garantizar la estabilidad física del depósito de relaves.

2.5 Las acciones a realizar en el depósito de relaves cuando los valores excedan los umbrales de riesgo aceptable de falla.

El Programa de monitoreo deberá definir y establecer las acciones que deben ser realizadas por el titular de la actividad cuando los valores obtenidos en las mediciones de la instrumentación superen los aceptables de acuerdo a los umbrales establecidos, a fin de recuperar las condiciones normales de operación.