CODELCO

Riesgo de Fatalidad

CAVING

Seguridad
Salud y
Bienestar





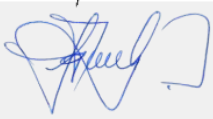
Evento Top
Pérdida de Control de Caving

SIGO-ECC-003-28
VERSIÓN: 001

CUADRO INFORMATIVO

Área Responsable	Gerencia Corporativa de Seguridad y Salud Ocupacional
Código	SIGO-ECC-003-28
Versión	001
Vigencia	31-12-2025
Páginas	21

Fecha	Control de Cambios	Responsables
23-09-2022	Publicación oficial del documento.	Gerencia Corp. SSO
31-12-2025	Actualización del documento: • Ajuste del nombre del Riesgo de Fatalidad, respecto de la Gestión de Controles Críticos. • Optimización de requerimientos asociados a Controles Críticos, incorporando requerimientos desde los ECF.	Gerencia Corp. SSO

Elaborado:	• **Representantes Divisionales y VP** • **Mesas técnicas de Riesgos de Fatalidad** • **Especialistas de la Gerencia Corp. SSO** **Juan Pablo Salinas Salgado** Especialista Corporativo de Seguridad Unidad de Riesgos de Fatalidad	
Revisado:	**Angelina Pipon Castro** Directora Corporativa de Seguridad	
Aprobado:	**Jorge Camhi Andrade** Gerente Corp. de Seguridad y Salud Ocupacional	

Información de Uso Interno (I) – Propiedad de Codelco | 2025
Ejemplar Vigente publicado en Intranet ¡Copia impresa es documento no controlado!
Si encuentra un ejemplar impreso de este documento, favor entréguelo a Asistente del Área



ALCANCE

Aplica a la Pérdida del Control de Caving durante la explotación subterránea. En este escenario se puede producir la colgadura de un área determinada por falta de propagación de la cavidad.

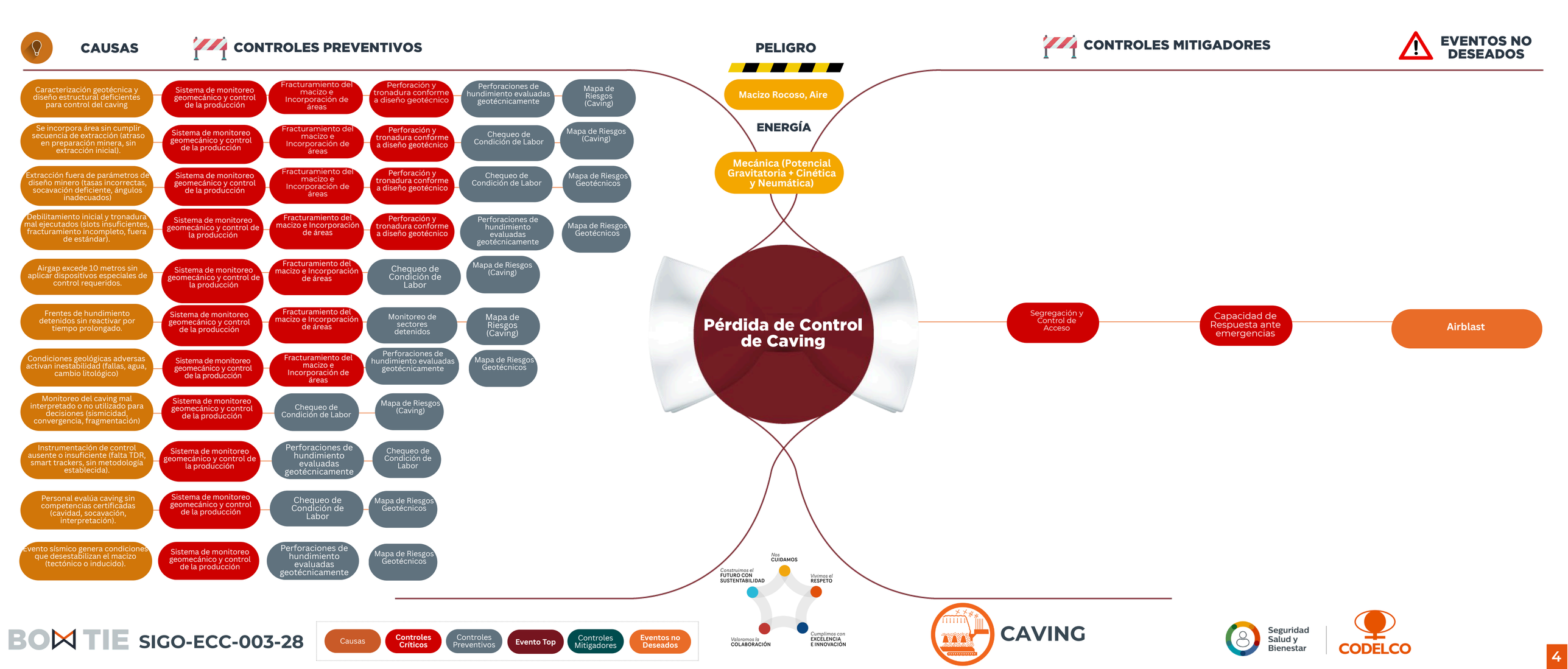
Posteriormente la pérdida de control puede generar un desprendimiento y/o colapso súbito de material, resultando en un efecto de compresión de aire generando lesiones graves o fatales a personas y daños en la infraestructura y equipos mineros.

EXCLUSIONES

Se excluyen los siguientes escenarios:

- Pérdida de control estructural de macizo rocoso.
- Pérdida de control estabilidad de roca subterránea.
- Fallas inducidas por sísmica.
- Pérdida instantánea de la estabilidad de excavaciones en labores subterráneas.




CAUSAS
CONTROLES PREVENTIVOS
PELIGRO
CONTROLES MITIGADORES
EVENTOS NO DESEADOS
Caracterización geotécnica y diseño estructural deficientes para control del caving
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente
Mapa de Riesgos (Caving)
Se incorpora área sin cumplir secuencia de extracción (atraso en preparación minera, sin extracción inicial).
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos (Caving)
Extracción fuera de parámetros de diseño minero (tasas incorrectas, socavación deficiente, ángulos inadecuados)
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Debilitamiento inicial y tronadura mal ejecutados (slots insuficientes, fracturamiento incompleto, fuera de estándar).
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico
Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Airgap excede 10 metros sin aplicar dispositivos especiales de control requeridos.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos (Caving)
Frentes de hundimiento detenidos sin reactivar por tiempo prolongado.
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Monitoreo de sectores detenidos
Mapa de Riesgos (Caving)
Condiciones geológicas adversas activan inestabilidad (fallas, agua, cambio litológico)
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas
Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Monitoreo del caving mal interpretado o no utilizado para decisiones (sismicidad, convergencia, fragmentación)
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos (Caving)
Instrumentación de control ausente o insuficiente (falta TDR, smart trackers, sin metodología establecida).
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente
Chequeo de Condición de Labor
Personal evalúa caving sin competencias certificadas (cavidad, socavación, interpretación).
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Chequeo de Condición de Labor
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Evento sísmico genera condiciones que desestabilizan el macizo (tectónico o inducido).
Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción
Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente
Mapa de Riesgos Geotécnicos
Macizo Rocoso, Aire
ENERGÍA
Mecánica (Potencial Gravitatoria + Cinética y Neumática)
Pérdida de Control de Caving
Segregación y Control de Acceso
Capacidad de Respuesta ante emergencias
Airblast
Nos CUIDAMOS
Vivimos el RESPETO
Cumplimos con EXCELENCIA E INNOVACIÓN
Valoramos la COLABORACIÓN
Construimos el FUTURO CON SUSTENTABILIDAD
BOW TIE SIGO-ECC-003-28
Causas
Controles Críticos
Controles Preventivos
Evento Top
Controles Mitigadores
Eventos no Deseados
CAVING
Seguridad Salud y Bienestar
CODELCO
4

ÍNDICE CONTROLES CRÍTICOS

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CLASIFICACIÓN	PÁGINA
1	CCP1	Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	Preventivo	Sistema	6-7
2	CCP2	Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas	Preventivo	Sistema	8-9
3	CCP3	Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Preventivo	Sistema	10-11
4	CCM1	Segregación y Control de Acceso	Mitigador	Sistema	12-13
5	CCM2	Capacidad de Respuesta ante emergencias	Mitigador	Sistema	14-15

ÍNDICE OTROS CONTROLES

#	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	PÁGINA
1	CP1	Perforaciones de hundimiento evaluadas geotécnicamente	Preventivo	16
2	CP2	Mapa de Riesgos (Caving)	Preventivo	16
3	CP3	Chequeo de Condición de Labor	Preventivo	16
4	CP4	Monitoreo de sectores detenidos	Preventivo	16

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)

SISTEMA DE MONITOREO GEOMECÁNICO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN



OBJETIVOS

Prevenir la formación de colgaduras y el crecimiento descontrolado del airgap, mediante el monitoreo continuo de la sismicidad y la subsidencia del macizo rocoso, y el control estricto de la secuencia y velocidad de extracción.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿Conozco las alertas de inestabilidad del caving en mi sector (sísmicas, visuales) y sé que debo evacuar inmediatamente a una zona segura si se activan?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que los instrumentos de monitoreo geomecánico están operativos, que mi equipo cumple el plan de extracción (cartir) sin desviaciones, y que conozco el estado actual del crecimiento de la cavidad y la altura del airgap?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

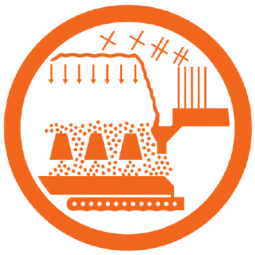
¿Está implementado un sistema que asegure monitoreo continuo, interpretación experta y control de la secuencia de extracción conforme al diseño geotécnico?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se continúa la extracción en un sector a pesar de que los instrumentos de monitoreo han superado un umbral de alerta crítico (rojo) sin un plan de acción formal.
- El sistema de monitoreo principal del caving (ej. red microsísmica) está fuera de servicio sin implementar controles alternativos de mitigación.
- Se excede de forma sostenida y no autorizada la tasa de extracción de diseño, generando una condición de inestabilidad no controlada.
- El monitoreo confirma un crecimiento del airgap por sobre el límite crítico de diseño (ej. >10m) y no se detiene la extracción para gestionar la condición.
- Se ignora una recomendación geomecánica formal de detener o modificar la extracción en un sector debido a condiciones de inestabilidad del caving.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 1 (CCP1)



SISTEMA DE MONITOREO GEOMECÁNICO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Caracterización Geotécnica para Hundibilidad.	Solicitar el modelo geotécnico que define la hundibilidad del macizo (RMR, Radio Hidráulico) y sus actualizaciones.	Anual
2	Instrumentación de Monitoreo Operativa.	Solicitar reportes de disponibilidad del sistema de monitoreo (Red Microsísmica, TDR, Smart Markers, radares).	Semanal
3	Control de la Tasa de Extracción.	Solicitar reportes del sistema de control de producción que verifiquen el cumplimiento de las velocidades de extracción (ej. <0.35 m/día).	Diario
4	Monitoreo del Crecimiento de la Cavidad y Airgap.	Solicitar informes geomecánicos que reporten la altura de la cavidad y la dimensión del airgap, verificando que sea <10m.	Mensual
5	Sistema de Gestión de Datos Integrado.	Verificar que la data de monitoreo se integra y actualiza diariamente en el modelo geomecánico para la toma de decisiones.	Semanal
6	Umbrales de Alerta Definidos y Vigentes.	Solicitar el documento que define los umbrales de alerta (ej. sismicidad, velocidad de deformación) y su protocolo de gestión.	Semestral
7	Personal Especialista para Análisis de Datos.	Solicitar las competencias y roles, según perfil o descriptor de cargo, para el personal que interpreta los datos geotécnicos y toma decisiones 24/7.	Anual

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

FRACTURAMIENTO DEL MACIZO E INCORPORACIÓN DE ÁREAS



OBJETIVOS

Prevenir la formación de colgaduras persistentes (hangups), asegurando que el macizo rocoso sea debilitado de forma controlada mediante fracturamiento hidráulico o destress blasting antes de su incorporación al proceso de hundimiento.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

¿He verificado que tengo la autorización para ingresar a esta labor y que los trabajos de debilitamiento (fracturamiento) requeridos para el sector ya fueron ejecutados y aprobados?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He confirmado que el plan de debilitamiento para el área se ejecutó conforme al diseño y secuencia, y he verificado los resultados (sismicidad, monitoreo) antes de autorizar la incorporación del sector al hundimiento?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se garantiza que todo fracturamiento hidráulico o destress blasting se ejecute conforme a diseño validado y que se verifique su efectividad antes de incorporar áreas al hundimiento?

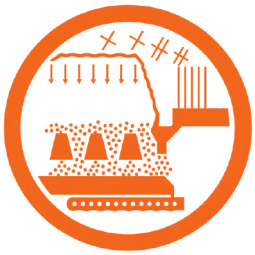
DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se inicia la extracción en un área de la mina que requería debilitamiento previo, sin haber ejecutado el programa de fracturamiento diseñado.
- Se utiliza un método o diseño de debilitamiento que no ha sido validado por el área de geotecnia para las condiciones específicas del macizo rocoso.
- Se continúa con la secuencia de incorporación de un área a pesar de que los resultados del monitoreo post-fracturamiento indican que el debilitamiento fue ineficaz.
- Personal no capacitado está a cargo de la ejecución de tareas críticas de fracturamiento hidráulico o destress blasting.
- Se omite el monitoreo sísmico durante una campaña de fracturamiento hidráulico, operando a ciegas respecto a la respuesta del macizo.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 2 (CCP2)

FRACTURAMIENTO DEL MACIZO E INCORPORACIÓN DE ÁREAS



ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño de Fracturamiento Validado.	Solicitar el diseño de fracturamiento hidráulico o destress blasting, verificando la aprobación de Geotecnia.	Por evento
2	Ejecución Conforme al Diseño.	Solicitar los reportes de ejecución de fracturamiento, verificando el cumplimiento de parámetros (presiones, volúmenes, cargas).	Por evento
3	Control de Sismicidad Inducida.	Solicitar los informes de monitoreo sísmico durante y después de las actividades de debilitamiento para evaluar la respuesta del macizo.	Por evento
4	Verificación de Efectividad Post-Fracturamiento.	Solicitar el informe de verificación (ej. sismología, TDR) que confirma que se cumplieron los objetivos de debilitamiento.	Por evento
5	Protocolo de Incorporación de Áreas.	Solicitar el procedimiento que define la secuencia y el timing para la incorporación segura de áreas post-debilitamiento.	Anual
6	Competencias del personal para el fracturamiento	Solicitar listado de competencias y roles, según perfil y descriptor de cargo, para que diseña, ejecuta y supervisa las tareas de fracturamiento.	Anual

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)

PERFORACIÓN Y TRONADURA CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO



OBJETIVOS

Garantizar que todas las actividades de perforación, tronadura y preacondicionamiento se ejecuten de manera controlada y en estricto cumplimiento de los diseños y secuencias de ingeniería validados geomecánicamente, para minimizar el daño al macizo rocoso, controlar la sismicidad inducida y mantener la estabilidad de las excavaciones.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de ingresar, ¿he verificado que la labor se encuentra liberada y autorizada para el tránsito después de la tronadura, y que no existen advertencias de condiciones post-disparo anormales como tiros quedados o inestabilidad del terreno?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿Confirmé que la P&T se ejecutó según diseño, el área fue despejada y la labor está inspeccionada y liberada para reingreso, verificando que no hay daño estructural en los puntos de extracción?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

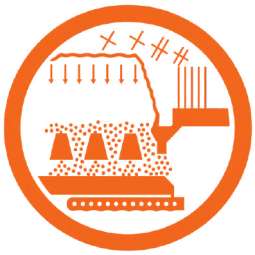
¿Se asegura que todas las actividades de P&T se ejecuten según diseño validado, con QA/QC aplicado y liberación segura del área antes del reingreso?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se ejecuta una tronadura de producción sin un diseño validado por Geotecnia que incluya criterios de control de daño.
- Se ingresa a una labor después de una tronadura sin la autorización formal de reingreso por parte de la supervisión.
- Se identifica daño estructural severo en un pilar o punto de extracción post-tronadura y no se segrega el área ni se reporta formalmente.
- No se reporta o no se gestiona un tiro quedado (TQ) en un punto de extracción según procedimiento, permitiendo el ingreso de equipos LHD.
- Se utiliza un factor de carga o una secuencia de tronadura no autorizada que pone en riesgo la estabilidad del crown pillar.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO 3 (CCP3)



PERFORACIÓN Y TRONADURA CONFORME A DISEÑO GEOTÉCNICO

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Diseño de P&T con Criterio de Control de Daño.	Solicitar el diseño de P&T, verificando que incluye especificaciones para control de daño al crown pillar y puntos de extracción.	Mensual
2	Control de Calidad (QA/QC) de Ejecución.	Solicitar reportes de topografía o de navegación que verifiquen el cumplimiento de la perforación según diseño.	Semanal
3	Protocolo de Aislamiento y Evacuación.	Revisar registros de aislamiento del área (libro de tronadura) que confirman la evacuación del personal antes de la tronadura.	Diario
4	Evaluación Post-Tronadura y Liberación de Área.	Solicitar el registro de inspección post-tronadura (check de TQ y estabilidad) que autoriza formalmente el reingreso.	Diario
5	Inspección de Daño a Infraestructura de Producción.	Solicitar el reporte post-tronadura que incluya la inspección visual de la condición del crown pillar y puntos de extracción.	Por evento
6	Personal de P&T Acreditado.	Solicitar registros de acreditación y licencias vigentes del personal que ejecuta y supervisa las tareas de P&T.	Anual
7	Gestión de Tiros Quedados (TQ).	Solicitar el procedimiento de gestión de TQ y verificar los registros de reporte y eliminación segura.	Por evento

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)

SEGREGACIÓN Y CONTROL DE ACCESO



OBJETIVOS

Impedir el ingreso de personas y equipos a las inmediaciones de sectores colgados o con riesgo inminente de airblast, asegurando que estas áreas de exclusión estén claramente identificadas, físicamente bloqueadas y con un control de acceso riguroso.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

Antes de ingresar a una labor, ¿he verificado el mapa de riesgo actualizado del sector y he comprobado que no existen barreras o señalizaciones que prohíban el paso por peligro de colgadura o riesgo de airblast?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que todas las zonas con riesgo de airblast bajo mi responsabilidad están correctamente señalizadas y segregadas con barreras duras, y que se está aplicando un control estricto para autorizar cualquier ingreso?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

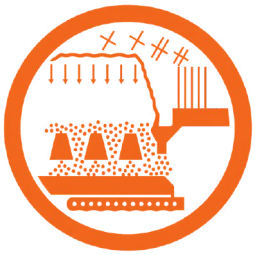
¿Se garantiza que las zonas con riesgo de colgadura o airblast estén segregadas con barreras duras, mapas de riesgo actualizados y control de accesos efectivos?

DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Se encuentra personal no autorizado dentro de un área que está formalmente segregada con barreras duras por riesgo de airblast.
- Una zona identificada con una colgadura activa y riesgo de airblast no cuenta con una barrera física dura que restrinja el acceso.
- Se retira una barrera dura de una zona de exclusión sin una reevaluación geotécnica formal y una autorización de la gerencia.
- El sistema de comunicación radial para evacuación de la mina subterránea no está operativo.
- El supervisor autoriza verbalmente el ingreso a una zona de exclusión por riesgo de airblast, sin seguir el protocolo formal.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 1 (CCM1)



SEGREGACIÓN Y CONTROL DE ACCESO

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Segregación por Riesgo de Airblast.	Solicitar el documento que define el tipo de barrera física (dura) y el radio de exclusión para zonas con colgadura activa.	Anual
2	Mapa de Riesgo de Colgaduras Actualizado.	Solicitar el mapa de riesgo del turno y verificar su fecha de actualización y la clara identificación de zonas de exclusión.	Diario
3	Implementación de Barreras Físicas (Duras).	Verificar en terreno que las zonas de alto riesgo están aisladas con barreras físicas efectivas según estándar.	Semanal
4	Señalización Clara y Visible.	Verificar en terreno la existencia y buen estado de letreros de advertencia claros (Peligro: Riesgo de Airblast, No Pasar).	Mensual
5	Sistema de Comunicación Radial para Evacuación.	Solicitar registros de pruebas de cobertura y funcionamiento del sistema de comunicación radial (leaky feeder) en toda la mina.	Trimestral
6	Protocolo de Control de Acceso a Zonas de Exclusión.	Solicitar el procedimiento de autorización de ingreso (si aplica bajo condiciones controladas) a zonas de exclusión.	Anual

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 2 (CCM2)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA



OBJETIVOS

Garantizar una respuesta sistémica, inmediata y eficaz tras un evento de airblast, integrando el protocolo de emergencia, la disponibilidad de refugios mineros y la acción de brigadas especializadas, para proteger, rescatar y atender a las personas afectadas.

PREGUNTAS TRABAJADOR/A

En caso de un evento de airblast, ¿conozco la señal de emergencia, sé que debo dirigirme inmediatamente al refugio minero más cercano y conozco su ubicación?

PREGUNTAS SUPERVISOR/A

¿He verificado que mi equipo conoce el plan de emergencia específico para airblast, que los refugios en mi sector están operativos, y que los sistemas de comunicación para emergencias funcionan correctamente?

PREGUNTAS EJECUTIVO/A

¿Se dispone de un plan específico para airblast probado en simulacros, brigada entrenada y refugios mineros operativos?

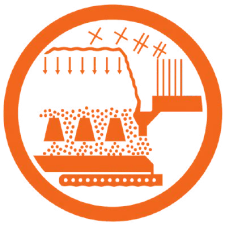
DESVIACIONES AL CONTROL CRÍTICO (EJEMPLOS)

- Ocurre un evento de airblast y el sistema de comunicación principal para coordinar la emergencia y el rescate no funciona.
- La brigada de rescate no está disponible o su equipamiento crítico para rescate en ambientes post-airblast no está operativo.
- Los refugios mineros en la zona de afectación no son herméticos, no presurizan o no cuentan con los insumos vitales operativos (aire, agua).
- El personal no evacúa hacia los refugios mineros tras una instrucción formal de emergencia por riesgo de airblast.
- Se autoriza el ingreso de la brigada de rescate a la zona del evento sin una evaluación previa de la estabilidad y la calidad del aire.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CONTROL CRÍTICO MITIGADOR 2 (CCM2)

CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA



ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO (DUEÑO/A DE CONTROL)

N°	Requisito	Evidencia	Monitoreo
1	Plan de Emergencia Específico para Airblast.	Solicitar el plan de emergencia y verificar su actualización, incluyendo protocolos de comunicación, evacuación y rescate.	Anual
2	Refugios Mineros Operativos y Mantenidos.	Solicitar los registros de inspección y mantenimiento mensual de los refugios mineros (presurización, consumibles, comunicaciones).	Mensual
3	Brigada de Rescate Entrenada para Airblast.	Solicitar los registros de entrenamiento y simulacros de la brigada de rescate en escenarios específicos de airblast.	Semestral
4	Sistemas de Comunicación de Emergencia Funcionales.	Solicitar registros de pruebas funcionales de los sistemas de comunicación de emergencia (radios, alarmas, leaky feeder).	Trimestral
5	Simulacros de Respuesta a Airblast Realizados.	Solicitar el informe del último simulacro de airblast, verificando tiempos de evacuación y planes de acción de las brechas.	Semestral
6	Personal Capacitado en el Plan de Emergencia.	Verificar que el personal ha recibido instrucción en el protocolo de aviso y las rutas hacia los refugios.	Trimestral

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

CP1: PERFORACIONES DE HUNDIMIENTO EVALUADAS GEOTÉCNICAMENTE

Todos los diseños de perforación y tronadura asociados a la iniciación y propagación del caving deben ser evaluados y validados geotécnicamente para asegurar su efectividad en el debilitamiento y fracturamiento del macizo rocoso.

a. El área de Geomecánica debe revisar y aprobar formalmente cada diseño de tronadura de hundimiento, asegurando que es coherente con las recomendaciones del plan minero y la caracterización geotécnica del sector.

b. El supervisor de perforación debe verificar en terreno que la ejecución de los tiros (ubicación, inclinación y profundidad) se ajusta al diseño validado, utilizando para ello los planos de la malla y herramientas de medición topográfica.

c. Toda desviación de perforación que exceda las tolerancias de diseño debe ser informada por el supervisor al área de Geomecánica, la cual debe evaluar el impacto en el caving y definir si se requiere reperforar o modificar el carguío de explosivos.

CP2: MAPA DE RIESGOS (CAVING)

Se debe mantener y utilizar un mapa de riesgos dinámico y actualizado del proceso de caving para la planificación, instrucción y control de las operaciones de extracción.

a. El área de Geomecánica es responsable de generar y actualizar el mapa de riesgos del caving con una frecuencia semanal, o antes si la condición lo amerita, indicando visualmente el estado de cada sector (ej: colgado, propagación normal, detenido, airgap).

b. El supervisor de operaciones debe utilizar este mapa en la planificación diaria y en la charla de inicio de turno para instruir al personal sobre las zonas de mayor riesgo, las velocidades de extracción requeridas y las prohibiciones de acceso.

c. La información del mapa de riesgos debe ser un insumo obligatorio para el área de Planificación Mina para ajustar las secuencias de extracción y las tasas de socavación, con el objetivo de gestionar activamente la propagación del caving.

CP3: CHEQUEO DE CONDICIÓN DE LABOR

Todo operador o trabajador debe realizar una inspección visual de las condiciones geotécnicas de su lugar de trabajo al inicio del turno y antes de posicionar su equipo o iniciar su tarea.

a. El operador debe verificar la presencia de grietas, desprendimiento de rocas, filtraciones de agua, deformaciones en la fortificación (si aplica) o cualquier condición anómala en los taludes o paredes de la labor.

b. Ante la detección de cualquier condición de riesgo, el operador debe detener su actividad, no exponerse, informar inmediatamente al supervisor directo y esperar instrucciones antes de continuar.

c. El supervisor, al ser informado de una condición anómala, debe verificar la condición en terreno, aislar el área si es necesario y coordinar con el área de Geotecnia la evaluación y las medidas correctivas.

CP4: MONITOREO DE SECTORES DETENIDOS

Todos los frentes de producción o labores de desarrollo que se encuentren con detención prolongada deben ser monitoreados formalmente para controlar su estabilidad geotécnica antes de autorizar el reingreso de personal y equipos.

a. El supervisor del área debe asegurar que todas las labores con detención prolongada sean incorporadas en los programas de inspección geotécnica, con una frecuencia definida por el área especialista.

b. El acceso a los sectores detenidos debe estar restringido mediante barreras físicas y señalización de advertencia, prohibiendo el ingreso hasta que una inspección geotécnica formal autorice su reingreso.

c. Antes de reiniciar las actividades, un especialista del área de geomecánica debe realizar una evaluación documentada de la estabilidad de la labor, emitiendo recomendaciones de saneamiento o refuerzo que deben ser implementadas por el personal de operaciones.

INFORMACIÓN DE USO INTERNO (I) – PROPIEDAD DE CODELCO | 2025

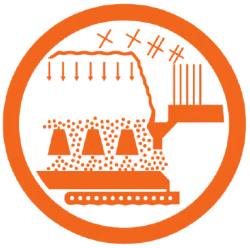


ANEXOS

- Controles Críticos que salvan vidas (Trabajador/a y Supervisor/a)
- Liderazgo que salva vidas (Ejecutivo/a)

RF 28

CAVING



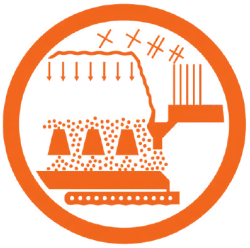
TRABAJADOR/A

Control Crítico	Pregunta del Trabajador/a
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿Conozco las alertas de inestabilidad del caving en mi sector (sísmicas, visuales) y sé que debo evacuar inmediatamente a una zona segura si se activan?
CCP2 – Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas	¿He verificado que tengo la autorización para ingresar a esta labor y que los trabajos de debilitamiento (fracturamiento) requeridos para el sector ya fueron ejecutados y aprobados?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Antes de ingresar, ¿he verificado que la labor se encuentra liberada y autorizada para el tránsito después de la tronadura, y que no existen advertencias de condiciones post-disparo anormales como tiros quedados o inestabilidad del terreno?
CCM1 – Segregación y Control de Acceso	Antes de ingresar a una labor, ¿he verificado el mapa de riesgo actualizado del sector y he comprobado que no existen barreras o señalizaciones que prohíban el paso por peligro de colgadura o riesgo de airblast?
CCM2 – Capacidad de Respuesta ante Emergencia	En caso de un evento de airblast, ¿conozco la señal de emergencia, sé que debo dirigirme inmediatamente al refugio minero más cercano y conozco su ubicación?

Si alguna de las preguntas tiene como respuesta "NO", detenga la actividad.
*Luego, aplique **tarjeta verde** y notifique al supervisor para asegurar la implementación del control crítico en terreno.*

RF 28

CAVING



SUPERVISOR/A

Control Crítico	Pregunta del Supervisor/a
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿He verificado que los instrumentos de monitoreo geomecánico están operativos, que mi equipo cumple el plan de extracción (cartir) sin desviaciones, y que conozco el estado actual del crecimiento de la cavidad y la altura del airgap?
CCP2 – Fracturamiento del macizo e Incorporación de áreas	¿He confirmado que el plan de debilitamiento para el área se ejecutó conforme al diseño y secuencia, y he verificado los resultados (sismicidad, monitoreo) antes de autorizar la incorporación del sector al hundimiento?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	¿Confirmé que la P&T se ejecutó según diseño, el área fue despejada y la labor está inspeccionada y liberada para reingreso, verificando que no hay daño estructural en los puntos de extracción?
CCM1 – Segregación y Control de Acceso	¿He verificado que todas las zonas con riesgo de airblast bajo mi responsabilidad están correctamente señalizadas y segregadas con barreras duras, y que se está aplicando un control estricto para autorizar cualquier ingreso?
CCM2 – Capacidad de Respuesta ante Emergencia	¿He verificado que mi equipo conoce el plan de emergencia específico para airblast, que los refugios en mi sector están operativos, y que los sistemas de comunicación para emergencias funcionan correctamente?

Si alguna de las preguntas tiene como respuesta "NO", detenga la actividad.
Luego, gestione y asegure la implementación del control crítico en terreno.

RF 28

CAVING

EJECUTIVO/A

Control Crítico	Pregunta del Ejecutivo
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	¿Está implementado un sistema que asegure monitoreo continuo, interpretación experta y control de la secuencia de extracción conforme al diseño geotécnico?
CCP2 – Fracturamiento del macizo e incorporación de áreas	¿Se garantiza que todo fracturamiento hidráulico o destress blasting se ejecute conforme a diseño validado y que se verifique su efectividad antes de incorporar áreas al hundimiento?
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	¿Se asegura que todas las actividades de P&T se ejecuten según diseño validado, con QA/QC aplicado y liberación segura del área antes del reingreso?
CCM1 – Segregación y control de acceso	¿Se garantiza que las zonas con riesgo de colgadura o airblast estén segregadas con barreras duras, mapas de riesgo actualizados y control de accesos efectivos?
CCM2 – Capacidad de respuesta ante emergencias	¿Se dispone de un plan específico para airblast probado en simulacros, brigada entrenada y refugios mineros operativos?

ESTÁNDAR DE DESEMPEÑO

Control Crítico		Evidencias
CCP1 – Sistema de monitoreo geomecánico y control de la producción	Diseño	Solicite el modelo geotécnico actualizado, reportes de monitoreo y umbrales de alerta vigentes.
	Terreno	Verifique instrumentos operativos, alarmas activas y secuencia de extracción conforme al plan.
CCP2 – Fracturamiento del macizo e incorporación de áreas	Diseño	Solicite diseño de fracturamiento aprobado, reportes de ejecución y verificación post-fracturamiento.
	Terreno	Verifique cumplimiento de parámetros críticos y confirmación de efectividad antes de incorporar áreas.
CCP3 – Perforación y tronadura conforme a diseño geotécnico	Diseño	Solicite cartas de tronadura validadas y reportes QA/QC.
	Terreno	Verifique perforación ejecutada según diseño, tiros quedados gestionados y liberación formal del área.
CCM1 – Segregación y control de acceso	Diseño	Solicite el estándar de segregación y mapa de riesgos actualizado.
	Terreno	Verifique barreras duras instaladas, señalización visible y control de accesos vigente.
CCM2 – Capacidad de respuesta ante emergencias	Diseño	Solicite el plan de emergencia específico y registros de simulacros.
	Terreno	Verifique brigada entrenada, refugios mineros operativos y comunicación de emergencia funcional.


CODELCO