

ANEXO 02. Matriz de riesgos e implicaciones geotécnicas identificadas							
Nº	Riesgo o implicación geotécnica identificada	Referentes internacionales asociados	Efecto sobre el alcance	Efecto sobre los costos	Efecto sobre el cronograma	Efecto sobre la sostenibilidad	Efecto sobre la toma de decisiones
1	Insuficiente caracterización geológica, geotécnica y geomorfológica del corredor	DNIT (2006), National Highways et al. (2025), TII (2024), Austroads (2019), IRC (2019)	Puede generar diseños incompletos, necesidad de estudios adicionales y cambios en el trazado o en las soluciones de estabilización.	Incrementa costos por rediseños, investigaciones complementarias, contingencias y obras no previstas.	Produce demoras por ajustes de diseño, suspensión de actividades y ampliación de la fase de estudios.	Puede inducir soluciones sobredimensionadas, impactos ambientales innecesarios o intervenciones correctivas posteriores.	Limita la comparación objetiva de alternativas y aumenta la incertidumbre en la selección del corredor vial.
2	Inestabilidad de laderas y taludes naturales o intervenidos	GEO (2017), IRC (2015), NZTA (2025), FHWA (2019), World Bank (2019)	Exige incluir obras de estabilización, protección, drenaje, monitoreo o incluso modificar el alineamiento.	Aumenta costos por muros, anclajes, drenajes, revegetalización, manejo de derrumbes y mantenimiento recurrente.	Genera retrasos por cierres, atención de emergencias, rediseños y ejecución de obras adicionales.	Puede afectar ecosistemas de ladera, generar erosión, pérdida de cobertura vegetal y mayor presión sobre el territorio.	Obliga a priorizar tramos críticos, definir niveles de intervención y decidir entre evitar, mitigar o aceptar el riesgo.
3	Movimientos en masa, deslizamientos, flujos de detritos y caída de rocas	IRC (2015), FHWA (2023), World Bank (2019), World Bank (2020), Waka Kotahi NZ Transport Agency (2023)	Puede modificar el alcance técnico del proyecto al requerir obras especializadas, sistemas de protección y zonas de exclusión.	Produce incrementos significativos por estabilización, limpieza, contención, reposición de infraestructura y gestión de emergencias.	Afecta la continuidad de obra y operación por cierres temporales o permanentes del corredor.	Incrementa la vulnerabilidad territorial si no se gestionan adecuadamente drenajes, cortes, rellenos y zonas de depósito.	Exige clasificar amenaza, exposición y consecuencia para priorizar inversiones y definir medidas de reducción del riesgo.
4	Riesgo hidrogeológico asociado a agua subterránea, escorrentía, saturación y drenaje deficiente	ANSFISA (2025), World Bank (2021), GEO (2017), FHWA (2023), World Bank (2019)	Puede requerir rediseño de drenajes, obras hidráulicas, subdrenes, filtros, protección de taludes y manejo de cauces.	Aumenta costos por obras de drenaje, control de erosión, reparación de fallas y mantenimiento periódico.	Produce retrasos durante temporadas de lluvia, fallas de taludes o afectaciones a estructuras de drenaje.	Puede intensificar erosión, sedimentación, alteración de cauces y degradación ambiental del corredor.	Obliga a integrar variables hidrológicas e hidrogeológicas en la selección de alternativas y en la gestión del riesgo.
5	Subestimación de eventos climáticos extremos y cambio climático	FHWA (2023), World Bank (2021), IDB (2017), World Bank (2019), World Bank (2020)	Exige revisar criterios de diseño, drenaje, estabilidad, resiliencia y continuidad operativa.	Incrementa costos por adaptación, obras de mayor capacidad, mantenimiento y recuperación después de eventos extremos.	Puede generar interrupciones recurrentes por lluvias intensas, inundaciones, erosión, socavación o deslizamientos.	Afecta la resiliencia de la infraestructura y puede aumentar la huella ambiental por reconstrucciones frecuentes.	Obliga a incorporar escenarios futuros de amenaza, vulnerabilidad y resiliencia en la planeación vial.
6	Selección inadecuada del trazado en zonas montañosas o de alta complejidad territorial	IRC (2019), Austroads (2019), DNIT (2006), World Bank (2019), MDSF (2024)	Puede obligar a modificar radios, pendientes, túneles, viaductos, cortes, rellenos o ubicación del corredor.	Incrementa costos por mayores movimientos de tierra, estructuras especiales, obras de estabilización y compensaciones ambientales.	Genera demoras por cambios de alternativa, nuevos estudios, licencias, consultas y ajustes prediales.	Puede incrementar fragmentación ecológica, afectación de laderas, intervención de cauces y pérdida de cobertura vegetal.	La decisión de trazado debe apoyarse en análisis multicriterio que incluya riesgo geotécnico, ambiente, costo y funcionalidad.
7	Ausencia de inventario y gestión de activos geotécnicos	Alaska DOT&PF (2017), Álvarez Álvarez (2025), FHWA (2019), GEO (2017), World Bank (2019)	Dificulta definir qué taludes, cortes, rellenos, muros, drenajes o zonas críticas deben incluirse en el alcance del proyecto.	Aumenta costos por atención reactiva de fallas, mantenimiento no programado y pérdida de oportunidad para intervenciones preventivas.	Produce retrasos por emergencias no previstas y falta de programación de mantenimiento o intervención.	Reduce la eficiencia del ciclo de vida de la infraestructura y favorece intervenciones correctivas de mayor impacto.	Limita la priorización técnica y presupuestal de intervenciones según condición, riesgo y criticidad del activo.
8	Deficiente calidad, trazabilidad o interoperabilidad de la información espacial	Highways England et al. (2021), National Highways et al. (2025), TII (2024), Waka Kotahi NZ Transport Agency (2023)	Puede generar inconsistencias entre estudios topográficos, geológicos, prediales, ambientales y de diseño.	Produce sobrecostos por reprocesamiento de información, levantamientos adicionales y errores de localización.	Genera demoras por incompatibilidad de datos, falta de precisión o necesidad de verificar información en campo.	Dificulta la identificación de impactos ambientales y territoriales de manera precisa.	Afecta la confiabilidad de las decisiones sobre trazado, zonas críticas, predios, drenajes y medidas de mitigación.
9	Falta de registro formal y actualización de riesgos geotécnicos durante el ciclo del proyecto	National Highways et al. (2025), TII (2024), World Bank (2019), MDSF (2024)	Impide mantener coherencia entre estudios, diseños, construcción, operación y mantenimiento.	Aumenta costos por riesgos no gestionados, contingencias mal estimadas y transferencia inadecuada de responsabilidades.	Produce retrasos por decisiones tardías, rediseños y falta de claridad sobre medidas de tratamiento.	Reduce la capacidad de aprendizaje institucional y de prevención en futuros proyectos.	Debilita la trazabilidad de decisiones y la asignación de responsables para evitar, mitigar, transferir o aceptar riesgos.
10	Gestión institucional fragmentada del riesgo geotécnico	ANSFISA (2025), World Bank (2020), IDB (2017), Banco Mundial (2024), World Bank (2019)	Puede generar duplicidad de estudios, vacíos de competencia y falta de articulación entre entidades.	Incrementa costos por reprocesos, decisiones contradictorias y falta de coordinación presupuestal.	Retrasa aprobaciones, permisos, contratación, gestión ambiental, atención de emergencias y ejecución de medidas.	Dificulta integrar criterios ambientales, sociales, técnicos y de riesgo en una estrategia común.	Exige definir gobernanza, responsabilidades, protocolos de información y mecanismos de coordinación interinstitucional.
11	Ausencia de monitoreo, inspección y alerta temprana en zonas críticas	GEO (2017), IRC (2015), FHWA (2023), World Bank (2020), Waka Kotahi NZ Transport Agency (2023)	Puede dejar fuera del alcance actividades de seguimiento, instrumentación, mantenimiento y gestión operacional del riesgo.	Aumenta costos por fallas súbitas, atención de emergencias y reconstrucción.	Genera cierres no programados, interrupciones de obra y afectación de la operación vial.	Reduce la resiliencia del corredor frente a lluvias intensas, sismos o procesos progresivos de inestabilidad.	Dificulta activar cierres preventivos, priorizar intervenciones y tomar decisiones oportunas con base en evidencia.
12	Priorización insuficiente de tramos críticos por amenaza, exposición y consecuencia	NZTA (2025), FHWA (2019), Álvarez Álvarez (2025), World Bank (2019), MDSF (2024)	Puede dispersar el alcance en múltiples intervenciones sin jerarquía técnica.	Genera uso ineficiente de recursos, intervenciones en sitios de menor criticidad y postergación de riesgos altos.	Afecta la programación por falta de criterios para ordenar estudios, obras y mantenimiento.	Reduce la efectividad de las inversiones preventivas y puede aumentar impactos acumulativos.	Exige matrices de calificación que combinen amenaza, vulnerabilidad, exposición, criticidad y nivel de servicio.
13	Definición inadecuada de medidas de mitigación geotécnica	IRC (2015), GEO (2017), NBRO et al. (2019), World Bank (2021), World Bank (2019)	Puede llevar a soluciones insuficientes, sobredimensionadas o incompatibles con el entorno.	Incrementa costos por fallas posteriores, obras complementarias, mantenimiento excesivo o rediseños.	Produce retrasos por ajustes técnicos, fallas durante construcción o necesidad de medidas correctivas.	Puede generar impactos ambientales innecesarios si se privilegian soluciones rígidas sin evaluar alternativas sostenibles.	Requiere comparar medidas estructurales, no estructurales, híbridas y basadas en la naturaleza según amenaza y contexto.
14	Escasa incorporación de soluciones sostenibles o basadas en la naturaleza	NBRO et al. (2019), World Bank (2021), Banco Mundial (2024), Austroads (2019)	Puede restringir el alcance a soluciones convencionales y excluir alternativas de estabilización, revegetalización o manejo hídrico.	Puede elevar costos de construcción y mantenimiento si no se evalúan soluciones de menor impacto y ciclo de vida.	Algunas soluciones sostenibles requieren planificación temprana, mantenimiento y tiempos de establecimiento vegetal.	Afecta la adaptación climática, restauración de laderas, control de erosión y resiliencia ambiental del corredor.	Obliga a evaluar alternativas híbridas y sostenibles como parte de la decisión técnica, ambiental y económica.
15	Subestimación de costos de ciclo de vida y mantenimiento geotécnico	Alaska DOT&PF (2017), FHWA (2019), Álvarez Álvarez (2025), World Bank (2019), Austroads (2019)	Puede dejar por fuera actividades de mantenimiento, inspección, monitoreo y gestión de activos.	Aumenta costos futuros por reconstrucción, atención de emergencias y deterioro acelerado de la infraestructura.	Genera intervenciones no programadas que afectan la operación y el mantenimiento periódico.	Reduce la sostenibilidad financiera y técnica del corredor vial.	Exige evaluar costo inicial y el costo total durante construcción, operación, mantenimiento y recuperación.
16	Insuficiente análisis de alternativas en fase temprana o preinversión	MDSF (2024), DNIT (2006), World Bank (2019), IRC (2019), Banco Mundial (2024)	Puede consolidar alternativas con alto riesgo geotécnico antes de contar con información suficiente.	Incrementa costos por cambios tardíos, obras adicionales o inviabilidad de soluciones inicialmente propuestas.	Produce retrasos por necesidad de replantear alternativas, diseños o permisos.	Puede aumentar impactos ambientales y sociales por no comparar adecuadamente opciones menos expuestas.	El corredor geotécnico debe apoyar la selección de alternativas mediante criterios de amenaza, exposición, vulnerabilidad, costo y resiliencia.
17	Afectación de estructuras críticas por condiciones geotécnicas e hidráulicas del entorno	Ministerio de Infraestructura y Transporte de Italia (2020), FHWA (2023), World Bank (2019), World Bank (2020)	Puede requerir estudios específicos para puentes, viaductos, obras de drenaje, cimentaciones y accesos.	Aumenta costos por protección de cimentaciones, control de socavación, estabilización de accesos y monitoreo estructural.	Puede generar retrasos si se identifican vulnerabilidades después del diseño o durante la construcción.	La falla de estructuras críticas afecta la conectividad territorial y puede generar impactos sociales severos.	Exige integrar riesgo geotécnico, hidráulico y estructural en la priorización de activos críticos del corredor.
18	Falta de retroalimentación entre diseño, construcción, operación y nuevos proyectos	National Highways et al. (2025), TII (2024), FHWA (2019), Alaska DOT&PF (2017), GEO (2017)	Impide que las lecciones de obra y operación se incorporen al alcance de futuros proyectos.	Reproduce errores de diseño y aumenta costos por falta de aprendizaje institucional.	Mantiene retrasos recurrentes asociados a riesgos ya conocidos en corredores similares.	Reduce la mejora continua en prácticas de sostenibilidad, mantenimiento y resiliencia.	El corredor geotécnico debe funcionar como repositorio de conocimiento actualizado para mejorar decisiones futuras.