



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ (PRESIDENTE DR. NÉSTOR C. KIRCHNER Y GOBERNADOR JORGE CEPERNIC), PROVINCIA DE SANTA CRUZ

ACTUALIZACIÓN

CAPÍTULO 5 – IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

PUNTO 5 - IMPACTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO GEOLÓGICO

INDICE

5	IMPACTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO GEOLÓGICO	2
5.1	INTRODUCCIÓN	2
5.2	FACTOR ANALIZADO	2
5.3	EVALUACIÓN	3
5.3.1	Valle del Río Santa Cruz	3
5.3.2	Secciones del Valle del Río Santa Cruz correspondientes a los Cierres de Néstor Kirchner y Jorge Cepernic 10	

5 IMPACTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO GEOLÓGICO

5.1 INTRODUCCIÓN

La materialización del proyecto hidroeléctrico Presidente Néstor Kirchner y Jorge Cepernic implica la construcción de dos presas, la formación de sendos espejos de agua, actividades mineras relacionadas con la explotación de yacimientos y la modificación local de superficies del paisaje en los sitios reservados a obradores, villas temporarias y caminos, entre las modificaciones más destacables.

Todas las actividades indicadas involucran transformaciones de diversa tipología y magnitud que afectarán de distinta forma las cualidades geológicas preexistentes. Bajo este análisis se mencionan como las más importantes a las relacionadas con la dinámica y evolución de los procesos geomórficos de naturaleza exógena que han venido desarrollándose en el valle del río Santa Cruz hasta el presente y la pérdida de registros estratigráficos correspondientes a los eventos glaciogénicos más recientes.

Por ejemplo, la generación de los dos lagos artificiales implica la desaparición total de la morfometría fluvial y dinámica actual del río Santa Cruz en las secciones inundadas, de tal forma que de los aproximadamente 380 km de longitud que presenta su cauce, 192 km (50% de su recorrido total) se transformarán en un cuerpo lacustre. Esta situación significa la cancelación irreversible de la morfometría fluvial y los procesos de erosión, transporte y acumulación fluviales que prevalecen en la actualidad en la sección que será inundada. Este cambio también repercutirá en los tramos fluviales que quedarán fuera del alcance de los lagos proyectados. Asimismo, tendrá lugar a una variación de los niveles de base de los tributarios del río Santa Cruz, de tal forma que la modificación referida se transmitirá a la totalidad de la cuenca adyacente en el largo plazo. Asimismo, la generación de los referidos cuerpos de agua dará lugar en el plazo inmediato a la modificación de procesos vinculados con la dinámica de los acuíferos presentes de tal forma que variarán las áreas de recarga y descarga, sus localizaciones, caudales y persistencia temporal, situaciones que para algunas secciones de las pendientes del valle fluvial implicarán alteraciones substanciales en los factores internos que se vinculan con la estabilidad actual que tienen las mismas.

Por otra parte, las tareas ingenieriles relacionadas con el implante de las estructuras de mayor importancia, como ser las relacionadas con las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic, modificarán localmente las características geológicas de las unidades litológicas y acumulaciones intervenidas y la de los procesos dinámicos que presentaban hasta antes de su alteración. Estas variaciones también perturbarán la estabilidad que actualmente tienen las pendientes que van a ser afectadas.

A continuación se indican los componentes ambientales geológicos más relevantes que fueron seleccionados para su análisis. Las acciones antropogénicas de mayor importancia que actuarán sobre ellos se describieron en el Punto 3. A partir de esta relación se identifican los cambios que se espera puedan ocurrir en el medio geológico, con el fin de establecer el impacto potencial esperable.

5.2 FACTOR ANALIZADO

Los componentes geológicos de mayor relevancia que fueron seleccionados para determinar en qué forma el proyecto hidroeléctrico los afectará se detallan a continuación:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz
- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes (Proceso de Remoción en Masa)
- Sistema hidrogeológico
- Registro estratigráfico de las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo

5.3 EVALUACIÓN

La identificación de impactos potenciales en el medio geológico se efectúa a partir de evaluar cuál sería la evolución a futuro que tendrán los componentes geológicos seleccionados antes las acciones referidas para cada una de las Etapas vinculada con la materialización de proyecto hidroeléctrico y cuál sería la evolución que tendrían sin las modificaciones indicadas. De la diferencia entre ambos escenarios surge el tipo, magnitud e importancia del impacto esperado. En primer término se realiza este análisis para la totalidad del valle (Punto 5.3.1) y en segundo término se evalúa este aspecto en forma detallada para cada cierre proyectado (Punto 5.3.2).

5.3.1 Valle del Río Santa Cruz

En este análisis se considera la totalidad del valle del río Santa Cruz desde su embocadura en el lago Argentino hasta su desembocadura en el Océano Atlántico. Queda incluida además la cuenca fluvial tributaria. **No se incluye en este análisis al lago Argentino como tampoco a los glaciares de descarga que llegan a este cuerpo de aguas debido a que no existirá vinculación hidráulica entre él y el lago artificial de la presa Néstor Kirchner.**

Las acciones que se evaluaron para el análisis de la totalidad del valle del río Santa Cruz y su red fluvial tributaria están vinculadas con aquellas que se relacionan con modificaciones que alcanzan el mayor desarrollo areal. Otras acciones importantes aunque de alcance local, serán evaluadas en el tratamiento detallado para cada uno de los cierres proyectados.

Asimismo, algunas de las acciones relacionadas con el proyecto hidroeléctrico pueden afectar un componente geológico pero puede no afectar a otro. En este último caso dicha acción no ha sido evaluada para ese factor natural particular.

Las modificaciones que afectarán grandes superficies areales quedan incluidas de manera parcial en las etapas de Construcción y Operación y son: Llenado de embalse, Presencia de presas y embalses y Explotación de canteras. A continuación se las desarrolla en detalle.

5.3.1.1 Llenado de Embalse y Presencia de presas y embalses

Durante el llenado de los embalses Néstor Kirchner y Jorge Cepernic serán modificados en forma progresiva los siguientes factores geológicos situados en el valle del río Santa Cruz:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales,
- Unidades y subunidades geomórficas,
- Estabilidad de las pendientes,
- Sistema hidrogeológico y
- Registro estratigráfico de las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo.

En todos estos factores tendrán lugar una serie de cambios que alcanzarán su desarrollo máximo en la etapa de Presencia de las presas y embalses, momento a partir del cual mantendrán esa magnitud final.

Teniendo en cuenta que el llenado de ambos lagos artificiales tendrá lugar en un corto tiempo, se ha considerado analizar las acciones referidas y sus efectos a partir de la Presencia de presas y embalses, haciendo la salvedad que algunos de los factores geológicos a analizar tendrán una dinámica variable en la etapa de llenado.

En estos casos se realizarán las evaluaciones correspondientes. A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores para las acciones indicadas.

Morfometría y dinámica del río Santa Cruz

La generación de los dos lagos artificiales involucra la desaparición total de la morfometría fluvial del río Santa Cruz en las secciones que serán inundadas. Esta situación significa para estas secciones la anulación de los procesos de erosión, transporte y acumulación fluviales preexistentes. Para las secciones que no serán alcanzadas por la inundación, también se esperan cambios en las tasas de erosión y acumulación actuales.

Se prevé que el vaso correspondiente a la presa Jorge Cepernic llegue al pie de la presa Néstor Kirchner, por lo tanto no quedará entre ambos emprendimientos sección fluvial alguna. Bajo este escenario se considera que desde el cierre de la presa Jorge Cepernic hasta la cola de la presa Néstor Kirchner, el valle fluvial quedará totalmente inundado a lo largo de aproximadamente 192 kilómetros. Por otra parte, se considera que quedarán dos secciones fluviales sin inundar, la primera de ellas de aproximadamente 9 km de longitud estará situada entre la cola del embalse Néstor Kirchner y la embocadura del río Santa Cruz en el lago Argentino, y otra, más extensa y de aproximadamente 183 km, se localizará entre la presa Jorge Cepernic y la desembocadura del río en el Océano Atlántico.

En forma progresiva durante el llenado de las cuencas y a partir de la estabilización de los lagos artificiales tendrán lugar las siguientes variaciones en las secciones referidas:

1) Desaparición de la morfometría fluvial e Interrupción de los procesos de transporte de la carga trasladada por arrastre en las secciones inundadas. Atenuamiento de la erosión vertical en la sección superior del cauce del río Santa Cruz entre la cola del embalse Néstor Kirchner y el lago Argentino. Incremento de la erosión vertical en el tramo fluvial que se extiende entre la presa Jorge Cepernic y el Océano Atlántico.

La existencia de un lago en las cercanías de la embocadura y nacimiento del río Santa Cruz implica una elevación del nivel de base local para este corto tramo relictual del curso fluvial, el que actualmente presenta una tendencia hacia la profundización fluvial. El cambio de esta tendencia disminuirá la profundización del umbral que se sitúa actualmente en la referida embocadura.

Bajo este escenario, en la cola del embalse Néstor Kirchner se prevé la llegada de los sedimentos que son transportados fluvialmente en esta sección de 9 km que se extiende entre este sitio y la embocadura del río Santa Cruz en el lago Argentino, de tal forma que se podría formar un delta progradante. Sin embargo la sección fluvial referida en la etapa final de llenado del vaso sería de mínima longitud, de tal forma que el volumen clástico relacionado con la carga de fondo transportada por arrastre sería ínfima. En cambio, el ingreso de la carga transportada en suspensión no debería variar y esta debería sedimentar a partir de la cola del embalse.

Actualmente, en el primer tramo fluvial del río Santa Cruz y a lo largo de los 900 m iniciales se pueden reconocer evidencias morfológicas y sedimentológicas de procesos lacustres, los que tienen lugar cuando los niveles del lago Argentino alcanzan su mayor cota y penetra en esta sección fluvial.

Estos eventos en los cuales la dinámica lacustre penetra en el primer tramo fluvial tienen su mayor desarrollo cuando se combinan la elevación anual del lago, sumado a rupturas del brazo Rico y/o presencia de fuertes vientos desde el Oeste. Bajo este escenario, la acción de las olas erosiona parcialmente las gravas y arenas lacustres del frente del lago y las traslada dentro del tramo fluvial. Bajo este análisis, es probable que en parte el escalón localizado en el piso de cauce y contacto del río con el lago responda procesos lacustres como el señalado.

En este tramo fluvial, en el cual tendrán lugar procesos de erosión y sedimentación fluvio-lacustres, se espera una pérdida progresiva de la potencia de la erosión vertical vinculada a la elevación local del nivel de base promovida por el lago artificial. Esta situación podría favorecer una tendencia a la sedimentación vertical de las gravas y arenas trasladadas en el referido tramo fluvial de 900 m de longitud por la dinámica lacustre referida, estabilizando e incluso reforzando el escalón situado en la embocadura del río. Paralelamente, en la sección fluvial situada a continuación de este tramo híbrido (fluvial-lacustre) se incrementará la inestabilidad de borde de canal al aumentar la divagación lateral del cauce disparada por el proceso de sedimentación vertical.

Por otra parte, en la sección fluvial distal remanente que se extenderá a partir de la presa Jorge Cepernic las tendencias serán las opuestas a las descritas precedentemente debido a que ambas presas se comportarían como trampas clásticas al decepcionar y retener los sedimentos que actualmente son transportados por el río Santa Cruz como carga de fondo por arrastre y como carga en suspensión.

De esta forma, se establecerá una merma en el ingreso clástico en esta sección fluvial al tiempo que se incrementará la capacidad de la erosión fluvial ya que el agua a la salida de la presa Jorge Cepernic estará desprovista de carga, situaciones que darán lugar a una progresiva profundización del cauce y su estabilización al atenuarse la divagación lateral.

2- Como consecuencia de la formación de los lagos artificiales comenzarán a tener lugar procesos lacustres litorales, tanto de erosión (formación de micro acantilados) como de acumulación (cordones lacustres), dependiendo su tipología de la configuración que adopte la inundación y su relación con los vientos dominantes de mayor magnitud. En algunos sectores, la acción erosiva lacustre podrá promover movimientos de remoción en masa locales ya que parte de estas geoformas serán total o parcialmente inundadas. Un escenario similar al que se dará en el futuro en relación con la generación de un ambiente lacustre ya ha tenido lugar en esta comarca cuando se formó el Paleolago Argentino, en el cual se estructuraron micro acantilados, playas lacustres, espigas y otras paleo formas que se preservan actualmente en el tramo superior del valle del río Santa Cruz. Su identificación y análisis (Strelin y Malagnino, 1996) permite pronosticar cómo será la evolución del ambiente litoral generado a partir de la generación del lago artificial, aunque debe tenerse en cuenta que la intensidad del viento debió ser en ese tiempo de mayor magnitud que la actual.

Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz

La generación de los lagos artificiales implica la inundación distal de los cauces tributarios del río Santa Cruz. Esta situación dará lugar a una elevación del nivel de base para los mismos, que tendrá como consecuencia directa la formación de deltas muy locales en cursos permanentes y el atenuamiento de la erosión vertical para cada curso en particular y para la cuenca general en su conjunto en el largo plazo.

Teniendo en cuenta las diferencias que presentan los tributarios del río Santa Cruz, en cuanto a su régimen (desde estacionales a permanentes) y caudales, los referidos efectos tendrán una distribución e importancia variable.

Por ejemplo, será ponderable en el largo plazo para el río Bote ya que se trata de un curso fluvial de régimen permanente pero serán poco evidentes para los tributarios de régimen estacional, incluso para lapsos temporales muy extendidos. Actualmente el río Bote presenta un meandro esculpido, rasgo que implica que está pasando por un periodo de profundización fluvial con suave tendencia al desplazamiento lateral. Este hábito se encuentra encajado en un anterior cauce de mayor desarrollo, el que aparece a ambos lados del cauce activo como niveles de terrazas escalonados.

La elevación de su nivel de base actual dará lugar a largo plazo a la formación en su sección distal de un delta local de bajo desarrollo sobre el futuro lago artificial de la presa Néstor Kirchner y moderará progresivamente la actual tendencia a la profundización de su cauce.

Unidades y subunidades geomórficas

La generación de los espejos de agua artificiales inundará, además de las unidades fluviales ya descritas, a otras geoformas entre las que se destacan las terrazas glacifluviales, cordones morénicos, pedimentos de flanco y otras unidades y subunidades vinculadas con procesos locales de remoción en masa y eólico.

De entre ellas se destacan las terrazas glacifluviales ya que debido a su bajo relieve relativo darán lugar a áreas inundadas en las cuales las variaciones menores del nivel del lago generarán grandes extensiones laterales interlacustres (Faja inundada periódicamente).

Estabilidad de las pendientes

Los lagos artificiales inundarán pendientes con variable grado de estabilidad. Las que en la actualidad están dentro de la categoría de inestables y potencialmente inestables serán las que tendrán el mayor grado de impacto debido a que su sumersión parcial o total inducirá el incremento de los factores que tienden al corte y posterior caída de la misma. Se consideran como pendientes inestables a las que actualmente presentan formas de remoción en masa mientras que las caracterizadas como potencialmente inestables son aquellas que si bien no presentan estas morfologías tienen condiciones geológicas y factores internos y externos similares a ellas, de tal forma que ante la aparición de un factor desencadenante se desplazarían.

En el análisis general del valle en su totalidad, este análisis se ha focalizado en las pendientes referidas precedentemente, especialmente las inestables por su más rápido reconocimiento. Las mismas, al ser alcanzadas por la inundación quedarán bajo la acción de nuevos factores externos e internos que no estaban presentes antes del embalsado. Entre ellos se destaca el incremento de peso sobre los laterales inundados y sobre el piso del valle por la altura del agua y la elevación del nivel freático en las laderas del embalse, el que incrementará los valores de la presión poral preexistente.

Bajo estas nuevas condiciones, si los factores que resisten la caída son superados por la magnitud creciente de estos nuevos factores externos e internos, tendrán lugar reactivaciones de los movimientos de remoción en masa reconocidos o ocurrirán otros nuevos.

Sistema hidrogeológico

La generación de los lagos artificiales inducirá cambios en la localización, área de carga, área de descarga, caudales y estabilidad de los acuíferos preexistentes, especialmente los localizados aguas abajo de los espejos de agua.

Para el caso de los acuíferos del tipo Meseta estas modificaciones se manifestarán mediante la estabilidad, ampliación e incremento de caudales de los acuíferos existentes y probablemente, la aparición de nuevos acuíferos a diferentes niveles de profundidad.

Asimismo, la elevación de la presión poral que acompañará en general el incremento de la magnitud de los acuíferos de meseta, darán lugar a incrementos del grado de inestabilidad de las pendiente potencialmente inestables favoreciendo en ellas su corte y posterior caída a favor de movimientos de remoción en masa, especialmente los relacionados con expansiones laterales y flujos. Además, teniendo en cuenta que en algunos niveles de la Formación Santa Cruz se han observado sumideros locales relacionados con niveles freáticos en los cuales están presentes procesos de turbación (procesos de erosión subterránea), se espera que en estos sitios los procesos referidos se incrementen dando lugar a colapsos locales.

Para el caso de los acuíferos del tipo subálveo situados en el piso de valles tributarios adyacentes a los cierres y localizados a una cota inferior a los niveles de los lagos, es probable que pierdan su condición dual de efluente a influente de tal forma que el acuífero aportará aguas al río en forma permanente, incrementando su importancia. Incluso podrán formarse nuevos acuíferos de este tipo en sitios en los cuales no están presentes en la actualidad. Estos sistemas hidrogeológicos locales podrían modificar la categoría de los arroyos involucrados transformándolos en cursos de régimen permanente.

Para el acuífero de subálveo vinculado con las acumulaciones fluviales del lecho activo del río Santa Cruz situado aguas abajo de la presa Jorge Cepernic, en la zona cercana a la presa (efecto localizado) el mismo pasará a tener un comportamiento netamente influente (el río aporta al acuífero) si se implanta una cortina impermeable situada debajo del eje de la presa, que dé lugar a una desconexión física en la continuidad de las gravas y arenas que forman parte del lecho del río y sus niveles de terrazas adyacentes.

Al respecto al Estudio Hidrogeológico desarrollado en forma ampliatoria de la LBA (ver Capítulo 3 – Punto 3: Estudio Hidrogeológico) ha ratificado que el llenado de los embalses NK y JC y el mantenimiento del mismo ocasionará aguas arriba de cada presa, una nueva situación hidrodinámica por el ascenso de los niveles de agua. Ante ello es factible que se originen afloramientos de agua (manantiales/vertientes o mallines) que dependiendo de las condiciones propias de cada sitio podrán darse en las bardas aguas abajo de los muros (filtraciones laterales y/o modificación en la actual descarga de agua subterránea) y/o las adyacencias del perilago, en coincidencia con la cota de inundación (cambio de nivel de base del acuífero).

En relación a la merma de los caudales erogados (mínimos caudales del río Santa Cruz) durante el llenado de los embalses, el Estudio Hidrogeológico mencionado señala que la retención de agua por tiempos prolongados podría generar una disminución de los niveles freáticos de los acuíferos de subálveo, de los cuales se abastecen algunas estancias aguas abajo de la presa JC. Al respecto, en el Capítulo 6 de este Estudio se ha considerado la necesidad de monitorear esta zona con pozos monitores al acuífero.

Registro estratigráfico en las acumulaciones pertenecientes a las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo

El lago artificial relacionado con la presa Néstor Kirchner inundará una sección de río Santa Cruz en la cual este curso fluvial corto las acumulaciones glaciogénicas de las unidades pertenecientes a Arroyo Verde y El Tranquilo. Estos afloramientos constituyen las mejores exposiciones que se tienen de estas unidades.

5.3.1.2 Explotación de Yacimientos

La construcción de las presas y sus obras complementarias requerirán de la extracción de rocas y sedimentos de diversas características litológicas y granulométricas. Al respecto se ha suministrado la localización que tendrán las tres áreas de extracción de áridos. Una de ellas se sitúa inmediatamente al pie de la presa Néstor Kirchner mientras que las dos restantes están en las proximidades de la presa Jorge Cepernic.

La primera de ellas (ver detalle en Descripción del Proyecto, Capítulo 2) abarca una zona en la cual están presentes varias unidades estratigráficas tales como son las gravas y arenas glacioglaciales del Nivel Inferior, gravas y arenas de la terraza aluvial del río Santa Cruz, bloques de basaltos y cenoglomerados derivados de movimientos de remoción en masa, acumulaciones aluviales actuales del río Santa Cruz y acumulaciones de arenas eólicas.

Por su parte, las restantes dos áreas de extracción de áridos se localizan en las adyacencias de la presa Jorge Cepernic. Una de ellas se sitúa sobre el Nivel III de arenas y gravas glacifluviales situado en el tope de la margen derecha del valle y la restante se ubica sobre los Niveles Glacifluviales inferiores V, VI y VII.

En general se trata de superficies subhorizontales, salvo un área limitada que se localiza en la faja norte de la zona de extracción situada al pie de la presa Néstor Kirchner.

Las actividades mineras involucradas modificarán los siguientes factores geológicos:

- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes
- Tasa de erosión, transporte y sedimentación de los sistemas fluviales

Si bien las áreas de extracción abarcan en su mayor parte a tres superficie de terrazas del valle del río Santa Cruz, para dos de ellas las modificaciones serán de carácter temporal al ser inundadas mientras que para la restante las modificaciones serán permanentes.

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores geológicos para la acción indicada.

Morfometría y dinámica del río Santa Cruz

De acuerdo a la información suministrada, de las dos áreas de extracción localizadas en la comarca de la presa Jorge Cepernic, solo una de ellas se encuentra en las cercanías del río Santa Cruz, sobre uno de sus niveles de terraza. La misma, luego de la operación minera, quedara inundada por el lago artificial Jorge Cepernic, razón por la cual, cualquier impacto relacionado con la extracción será de carácter temporal. La restante área de extracción situada en esta comarca se localiza sobre un Nivel Glacifluvial elevado, fuera del ámbito del río Santa Cruz y por lo tanto las operaciones mineras no interferirán con él.

Por otra parte, la tercera zona de extracción se localiza inmediatamente aguas abajo de la presa Néstor Kirchner. En este caso el área de explotación abarca parte de las acumulaciones de terraza inferior, llanura aluvial e incluso el cauce actual del río Santa Cruz. A diferencia de las anteriores, en este caso las operaciones mineras afectarán la morfometría fluvial en la sección intervenida, lo que provocará ajustes progresivos del hábito fluvial en un tramo particular donde el río Santa Cruz presenta una variación de este parámetro al desarrollar una barra central que queda sumergida durante los periodos de aguas altas. De todas formas, se tratará de una variación de carácter temporal ya que la cola del lago de la presa Jorge Cepernic inundará este sector del piso del valle.

Tasa de erosión, transporte y sedimentación del río Santa Cruz y sus sistemas fluviales tributarios

Para el caso del río Santa Cruz, tal como se indicó precedentemente, solo una sección fluvial limitada será directamente afectada por las actividades mineras y es la situada en el área de la presa Néstor Kirchner. En este sitio la extracción de parte de las gravas, arenas y limos de la terraza baja, llanura de inundación y cauce marginal del río causara en forma inmediata un incremento del transporte de las granulometrías finas, independientemente de los caudales existentes en el momento de la acción, situación que dará lugar a la contaminación clástica del río. El transporte será por suspensión e incrementará el grado de turbidez hacia las secciones fluviales inferiores. Las variaciones en la tasa de erosión, transporte y sedimentación posteriores a la extracción dependerán de la morfometría final de la zona afectada, aunque se supone que la existencia de una depresión en un lateral del cauce favorecerá la sedimentación local. De todas formas, como se indicó precedentemente, se tratará de un proceso temporario ya que toda la zona alterada será posteriormente inundada y por lo tanto cesará en ella la dinámica fluvial.

Por otra parte, la zona de extracción situada inmediatamente aguas arriba de la presa Jorge Cepernic solamente podría afectar los procesos de transporte del río Santa Cruz en forma indirecta ya que el área de extracción no involucra al cauce activo. Eventualmente, las actividades mineras podrían inducir el ingreso de fracciones clásticas finas aumentando la turbidez original del agua. Se destaca que, como en la zona de extracción referida precedentemente para el área de Néstor Kirchner, se trataría de un proceso temporario ya que todo el sitio de extracción será posteriormente inundado.

Solo en un caso (área situada en el Nivel Glacifluvial III, Presa Jorge Cepernic) la zona de extracción no será posteriormente anegada. Sobre esta superficie se reconoce un sistema fluvial relictico de habito megaentrelazado y actualmente inactivo. Sobre él no se verifican procesos de escorrentía superficial ponderables, más allá de encharcamientos locales durante los periodos de mayor precipitación. De hecho, parte de los paleocauces han sido profundizados por la acción eólica y dan lugar a cubetas pandas elongadas. Como resultado de la extracción minera éste registro fluvial será eliminado totalmente. Sin embargo esta acción no tendrá consecuencias sobre procesos de erosión, transporte y depositación fluvial ya que se trata de una superficie con drenaje impedido. No obstante, como se verá a continuación, otros procesos tendrán lugar en este ambiente luego de la extracción, por lo que debería contemplarse seleccionar otra área que se sitúe en una zona que en el futuro quede inundada.

Unidades y subunidades geomórficas

Como se indicó precedentemente, las áreas de extracción de áridos afectarán en su mayor parte a las acumulaciones de gravas y arenas glacifluviales de los niveles de terrazas que se sitúan en el piso del valle y en el tope de su margen Norte. Debido a que se trata de superficies sub horizontales, la extracción areal eliminará los bancos glacifluviales de sus niveles superiores. En general, la superficie de estas acumulaciones presenta una carpeta residual de gravas (armadura rocosa) con una cementación carbonatica secundaria que inhibe la erosión eólica, por lo que durante las operaciones mineras aumentará la deflación eólica al eliminarse este nivel protector, con la consiguiente generación de material particulado que se trasladara por saltación, para el caso de las arenas, y por suspensión, para el caso de las fracciones clásticas de menor granulometría. Este proceso culminará en los niveles de terrazas inferiores a partir de la inundación de las áreas de extracción con el llenado de la presa Jorge Cepernic. Sin embargo persistirá para el caso del Nivel Superior III ya que este permanecerá fuera del alcance del lago.

Por su parte, la extracción de bloques de vulcanitas y acumulaciones de cenoglomerados presentes en la faja norte de la cantera situada al pie de la presa Néstor Kirchner, probablemente active movimientos de remoción en masa locales si involucra cortes de pendiente abruptos y profundos ya que en este sector la operación minera avanzará sobre un área de pendientes inestables en la cual están presentes asentamientos rotacionales y flujos locales.

Sistema hidrogeológico

Si las extracciones son suficientemente profundas (por encima de los 6 a 8 m) podrían afectar los niveles freáticos subsuperficiales que presentan las gravas y arenas de las terrazas inferiores, vinculados con niveles del tipo subálveo, o los del tipo de Meseta, para el caso de la extracción situada en la terraza superior.

Para el caso de las operaciones mineras localizadas en las terrazas inferiores no se consideran las modificaciones que podrían ocurrir en los freáticos situados en el cuerpo de las mismas ya que con posterioridad a la extracción serán totalmente inundados por el lago de la presa Jorge Cepernic, situación que los transformará radicalmente.

En cambio, para el Nivel III de Gravas y arenas Glacifluviales se considera que localmente van a ser afectadas las cualidades originales de la zona de recarga local del freático de Meseta que está presente en esa zona. Asimismo, aumentará la vulnerabilidad de este recurso localmente ya que durante las precipitaciones se formarán lagunas temporarias en las áreas excavadas, las que podrían estar en directo contacto con el freático subsuperficial incorporando los contaminantes que eventualmente estuvieran presentes en el área.

5.3.2 Secciones del Valle del Río Santa Cruz correspondientes a los Cierres de Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

En este análisis se consideran las zonas correspondientes a los indicados cierres y las obras periféricas vinculadas con los mismos.

Las acciones que se evaluaron en ambos casos están vinculadas con modificaciones de alcance local. Son acciones que forman parte de las diferentes etapas del aprovechamiento hidroeléctrico por lo que algunas de ellas se reiteran sin demasiadas variaciones, razón por la cual se tratan en forma general, aclarándose esta situación en cada caso.

5.3.2.1 Villas temporarias

La primera de ellas (ver Descripción del Proyecto, Capítulo 2) correspondiente a la Villa Néstor Kirchner se localizará parcialmente sobre un pedimento de flanco local labrado sobre las sedimentitas terciarias de la Formación Santa Cruz y sobre una serie de cauces menores de poco desarrollo.

Por su parte, la correspondiente a la Villa Jorge Cepernic lo hará sobre superficies de naturaleza similar (ver Descripción del Proyecto, Capítulo 2), aunque en este caso se observa un cauce de mayor importancia. En ambos sitios se trata de superficie con variable grado de inclinación.

La construcción de las villas temporarias requerirá de la nivelación del terreno y la extracción parcial del suelo. La modificación más significativa de esta acción será sobre el factor geológico correspondiente a la:

- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz
- Unidades y subunidades geomórficas locales

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores geológicos para las acciones indicadas.

Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz y Unidades y subunidades geomórficas locales

En ambas locaciones existen dos tipos de escurrimiento: difuso sobre la superficie regular de los pedimentos de flanco y encauzado en los cauces de régimen estacional que atraviesan ambos predios. Las tareas de nivelación afectarán localmente a ambas subunidades geomórficas y al movimiento de las aguas de precipitación que circulan sobre ellos, situación que podría derivar en la intensificación de los procesos de cárcavamiento local que ya se observan en ambos sitios.

Asimismo, las tareas de nivelación incluirán la eliminación parcial de la capa edáfica y una etapa inicial en la cual se acelerarán los procesos de erosión hídrica y eólica.

5.3.2.2 Puentes

Se prevé la instalación de dos puentes, cada uno de ellos situados inmediatamente aguas abajo de cada presa. El correspondiente a la presa Néstor Kirchner atravesará el anterior cauce del río Santa Cruz, el que quedará inundado por la existencia del lago de la presa Jorge Cepernic. Por su parte, el puente situado aguas abajo de la presa Jorge Cepernic se localizará en una curva de meandro.

La construcción de estas estructuras involucra excavaciones locales transversales al río Santa Cruz y la instalación de estructuras defensivas con el fin de evitar procesos de erosión marginal del cauce que pudieran afectar sus apoyos laterales. Las mismas modificarán localmente los siguientes factores geológicos:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales
- Unidades y subunidades geomórficas

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores geológicos para la acción indicada

Morfometría y dinámica del río Santa Cruz, Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales, Unidades y subunidades geomórficas

El puente situado aguas abajo de la presa Jorge Cepernic tendrá su estribo norte apoyado sobre depósitos de punta de barra mientras que el correspondiente al margen sur lo hará sobre acumulaciones de terraza aluvial situadas en la pendiente de corte.

De esta forma el puente se localizará sobre una sección fluvial que actualmente presenta una migración lateral continua hacia el cuadrante sur, con procesos de sedimentación sobre su margen izquierda y de erosión sobre su margen derecha. Se prevé por lo tanto que la instalación de esta estructura modificará localmente la tendencia que la migración del meandro presenta actualmente de tal forma que la sección de corte y erosión dejará de tener este comportamiento al estar protegida de los efectos erosivos. Bajo esta condición el meandro se estabilizará y como consecuencia de esta situación se producirá una disminución de la tasa de sedimentación en la siguiente faja de depósitos de punta de barra situados sobre la margen derecha del río, a 1300 m aguas abajo del puente. Por su parte, en la margen norte del puente no se espera que varíe la tendencia a la acumulación.

Asimismo, durante las tareas de excavación y movilización de acumulaciones aluviales tendrá lugar un incremento de la contaminación clástica en el río Santa Cruz aguas abajo de las actividades referidas, especialmente de granulometrías finas que serán trasladadas en suspensión hacia la sección distal del río aumentando la turbidez del agua.

Para el puente localizado aguas abajo de la presa Néstor Kirchner, su etapa constructiva también estará acompañada de un incremento de la contaminación clástica, aunque en este caso este evento será de menor magnitud que el relacionado con la explotación minera que se realizará en el ámbito cercano. Asimismo, no se contemplan variaciones al comportamiento de la dinámica fluvial posteriores ya que el área será inundada por el lago de la presa Jorge Cepernic.

5.3.2.3 Caminos Permanentes y Temporarios

Se contempla la construcción de varios caminos permanentes y temporarios que estarán situados en las cercanías de ambas presas y a ambos lados del valle.

Para el caso de los caminos permanentes situados en el área de la presa Néstor Kirchner, la traza de los mismos se extenderá en la margen derecha sobre un paisaje irregular en general, labrado sobre las sedimentitas de la Formación Santa Cruz. La sección extendida sobre la margen izquierda lo hará en su mayor parte sobre la superficie de la planicie volcánica perteneciente a los basaltos Cóndor Cliff, aunque una sección menor se desarrollará sobre una pendiente inestable con presencia de movimientos de remoción en masa. Asimismo, los caminos permanentes localizados en el área de la presa Jorge Cepernic se desplegarán en la margen derecha sobre pendientes relativamente abruptas labradas sobre la Formación Santa Cruz, en áreas donde localmente están presentes pendientes inestables que tienen asentamientos rotacionales y flujos antiguos, en general pedimentados.

Por su parte, los caminos temporarios situados en el ámbito de la presa Néstor Kirchner tienen recorridos similares a los permanentes de tal forma que son válidos para ellos las descripciones realizadas precedentemente sobre el grado de peligrosidad que tienen las superficies en las cuales serán instalados. Para la comarca de la presa Jorge Cepernic los caminos temporarios han sido trazados sobre superficies de pendientes con un mayor grado de estabilidad, salvo un tramo de 1300 m situado entre el inicio de su recorrido en la planicie de Pampa Alta y la bajada hacia el piso del valle.

La construcción de los referidos caminos involucra, para las secciones de relieve irregular, cortes pronunciados de pendiente y construcción de terraplenes locales. Estas acciones modificarán especialmente el siguiente factor geológico:

- Estabilidad de las pendientes

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en el referido factor geológico para la acción indicada.

Estabilidad de las pendientes

El corte de pendientes constituye un factor externo que bajo ciertas condiciones puede actuar como un condicionante de futuros desplazamientos de la pendiente o incluso como un desencadenante de movimientos de remoción en masas locales, especialmente en las secciones donde actualmente están presentes pendientes inestables y potencialmente inestables.

El mayor grado de peligrosidad se establece para aquellas pendientes en las cuales se observan formas relacionadas con desplazamientos gravitacionales. Esta situación se verifica, por ejemplo, para el camino situado sobre la margen izquierda de la presa Néstor Kirchner. A lo largo de su recorrido se observan asentamientos rotacionales, flujos y caída de rocas por lo que es altamente probable que las tareas de corte de pendiente mediante explosivos y/o corte mecánico promuevan movimientos de remoción en masa locales. La traza del mencionado camino presenta cortes de pendiente muy importantes (escalonados) que pueden incrementar aún más la inestabilidad original que ya ostenta este sector. Situaciones similares son observadas para algunas secciones de los caminos situados en el ámbito de las sedimentitas terciarias, aunque en estos casos los movimientos de remoción en masa identificados son de mayor antigüedad.

5.3.2.4 Obradores

Se contempla la instalación de dos obradores cada uno de ellos situados aguas abajo de ambas presas. El correspondiente a la presa Néstor Kirchner se emplaza sobre el nivel de terrazas inferior y faja de arenas eólicas mientras que el cercano a la presa Jorge Cepernic ocupa parte de un nivel glacifluvial inferior.

La construcción de los obradores requerirá de la nivelación del terreno y la extracción parcial del suelo en las áreas afectadas aunque se destaca que se trata de superficies subhorizontales de tal forma que la alteración más significativa de esta acción será sobre el factor geológico correspondiente a las:

- Unidades y subunidades geomórficas locales
- Tasa de erosión, transporte y sedimentación de sistemas fluviales.

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en los referidos factores geológicos para la acción considerada.

Unidades y subunidades geomórficas locales

Las actividades constructivas afectarán superficialmente las acumulaciones glacifluviales de gravas y arenas ya que incluirán la eliminación de los patrones fluviales inactivos y la extracción de la capa edáfica. La exposición de niveles subyacentes acelerarán los procesos de erosión eólica, efecto este último que será muy importante en una zona marginal situada en el obrador correspondiente a la presa Néstor Kirchner.

Tasa de erosión, transporte y sedimentación de sistemas fluviales

En ambas locaciones está presente el escurrimiento difuso el que localmente puede encauzarse en el referido patrón relíctico de paleocauces. Sin embargo, se trata de un sistema inactivo situado sobre una superficie de muy baja inclinación y por lo tanto la circulación del agua es poco efectiva. Las tareas de nivelación y construcción afectarán localmente a ambas subunidades geomórficas y al movimiento de las aguas de precipitación que circulan sobre ellas, situación que podría derivar en la generación de encharcamientos locales que serán transferidos al río Santa Cruz mediante la implementación de sistemas de drenaje. Este último escenario podría incrementar la turbidez del río localmente, especialmente durante la etapa de nivelación del terreno.

5.3.2.5 Movimiento de vehículos y maquinas

La circulación de vehículos y maquinaria, especialmente del tipo pesado, a lo largo de la traza de los caminos involucra sobrepeso y vibraciones. Ambos efectos constituyen factores externos que ante pendientes inestables podrían desencadenar movimientos gravitacionales.

Como se detalló en el punto 5.3.2.3, a lo largo de la traza de los caminos proyectados existen secciones que presentan elevado grado de inestabilidad las que ante un disparador adecuado, como por ejemplo podría ser el sobrepeso y/o vibración vinculada con el paso de un vehículo, daría lugar a movimientos de remoción en masa del tipo deslizamiento.

5.3.2.6 Explotación de canteras

Este ítem ya fue desarrollado precedentemente, ver el mismo en el Punto 5.3.1.2.

5.3.2.7 Construcción de presas

La construcción de ambas presas involucra en la etapa inicial cortes profundos que afectan la estabilidad de las pendientes, la excavación del piso del valle, y en su etapa final, sobrepeso que induce compresiones y esfuerzos cortantes.

Para el caso de la presa Néstor Kirchner, los cortes de laderas se localizarán sobre diversas litologías y acumulaciones entre las que se destacan las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, acumulaciones glaciogénicas de diversa granulometría y permeabilidad y acumulaciones de remoción en masa.

Durante estas tareas serán afectados los siguientes componentes geológicos:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en los referidos factores geológicos para la acción considerada.

Morfometría y dinámica del río Santa Cruz y Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales

Los movimientos de suelo y las excavaciones profundas sobre la pendiente y el piso del valle del río Santa Cruz darán lugar a una modificación radical de los cauces tributarios locales, la morfometría del río y las tasas de transporte y sedimentación preexistentes. El incremento de la carga clástica, especialmente la que será transportada en suspensión, dará lugar a un aumento de turbidez.

Unidades y subunidades geomórficas y Estabilidad de las pendientes

Durante las tareas de excavación serán eliminadas varias unidades y subunidades geomórficas tales como pedimentos de flanco, morenas, planicies aluviales, terrazas y áreas con remoción en masa, entre otras.

Además se incrementará el riesgo de remoción en masa, especialmente en la margen izquierda de la presa Néstor Kirchner ya que esta actividad se localizará en gran parte sobre una faja de la pendiente en la cual se observan formas derivadas de movimientos de remoción en masa de diversa tipología. Esta situación no se observa para el caso de la presa Jorge Cepernic ya que sus pendientes tienen mayor grado de estabilidad.

5.3.2.8 Uso de explosivos

El uso de explosivos da lugar en el medio geológico a la generación de vibraciones y superficies de ruptura. Por lo tanto esta acción actuara sobre el factor geológico de Estabilidad de las pendientes. La vibración puede ser considerada un factor externo que actúa como desencadenante de movimientos de remoción en masa en pendientes inestables mientras que las superficies de ruptura actuarán en la misma dirección, aunque como un factor que posibilita la caída inmediata de la pendiente o la prepara para futuras removilizaciones.

No se ha indicado el ambiente geológico en el cual se utilizará este tipo de actividad de corte de pendientes. No obstante, se destaca que si esta metodología se aplica en pendientes inestables o potencialmente inestables es probable que la explosión desencadene movimientos de remoción en masa locales. La tipología del movimiento puede ser variada dependiendo de cuáles son las condiciones ambientales que prevalecen durante la aplicación de esta actividad. No se descarta por lo tanto la materialización de movimientos de remoción en masa del tipo expansiones laterales ya que las mismas se vinculan con mezclas clásticas que bajo condiciones húmedas puede fluidificarse ante la aparición de una vibración.

5.3.2.9 Desvío de río

Para ambas presas se contempla desviar el río Santa Cruz mediante un canal situado en la margen derecha, excavado fundamentalmente en las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, aunque para el caso de la presa Néstor Kirchner también deberán ser excavadas las acumulaciones glaciarias pertenecientes a las morenas de la glaciación Cerro Fortaleza.

La construcción de los desvíos referidos involucra cortes abruptos en el cuerpo de las sedimentitas terciarias. De esta forma serán afectados los siguientes componentes geológicos:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales,
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en los referidos factores geológicos para la acción considerada.

Morfometría y dinámica del río Santa Cruz, Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales, Unidades y subunidades geomórficas

El desvío fluvial implica un cambio severo en las características morfométricas originales de los tramos fluviales intervenidos, situación que derivará en un ajuste posterior de las tasas de erosión, transporte y acumulación preexistente, especialmente aguas abajo de las secciones modificadas. De todas formas se aclara que luego de la construcción de las presas, la comarca correspondiente a la Presa Néstor Kirchner no presentará curso fluvial alguno por lo que el cambio será de carácter temporario. Asimismo, durante las tareas de excavación y movilización de acumulaciones aluviales tendrá lugar un incremento de la contaminación clástica en el río Santa Cruz.

Estabilidad de las pendientes

Se prevé que durante las tareas de excavación se incremente el riesgo de remoción en masa teniendo en cuenta que, para el caso de la presa Néstor Kirchner parte de la misma avanzará sobre una sección de pendiente del valle que muestra evidencias de movimientos gravitacionales de masas del tipo expansión lateral. Para el caso de la presa Jorge Cepernic no se observa una situación similar.

5.3.2.10 Presencia de presas y embalses

El tratamiento de este tema ya fue precedentemente expuesto en forma general en el punto 5.3.1.1. A continuación se desarrollará en forma particular el efecto que estas acciones tienen en la zona de los cierres, especialmente para los temas vinculados con la estabilidad de sus pendientes.

Estabilidad de las pendientes

El lago artificial correspondiente a la presa Néstor Kirchner inundará pendientes con variable grado de estabilidad, destacándose que los escenarios de mayor gravedad se localizan sobre la margen izquierda.

Se trata de pendientes que tienen una variedad de formas relacionadas con diversos tipos de movimientos de remoción en masa, y en las cuales se han identificado un elevado número de factores internos y externos que permiten incluirlas dentro de la categoría de pendientes inestables y potencialmente inestables.

El embalsado de estas superficies implica la aparición de nuevas condiciones relacionadas con incrementos de la inestabilidad de las pendientes, las que se indican a continuación.

La generación del lago artificial dará lugar a un incremento de la carga sobre las pendientes y el piso del valle que estará dada por la altura del agua en cada punto del embalse. Se trata de un factor externo que tiende a favorecer el corte y caída de la misma. Paralelamente, a medida que se eleve el nivel del espejo de aguas, se producirá una elevación del nivel freático de las laderas, proceso que dará lugar a un cambio de las cualidades originales de las litologías y acumulaciones y a las condiciones hidrogeológicas preexistentes al embalse. Este cambio favorecerá el incremento de la presión poral, factor interno que promueve y facilita la generación de fallas en el cuerpo de la pendiente de tal forma que ante un desencadenante adecuado tendrá lugar la generación de un movimiento de remoción en masa.

Si bien no está contemplado que dentro de las operaciones de explotación regulares del aprovechamiento hidroeléctrico de ambas presas tengan lugar variaciones importantes del nivel de los lagos artificiales, desembalsados urgentes podrían darse por otras causas.

En estos casos se presentaría un escenario muy negativo para la estabilidad de las pendientes ya que existiría un elevado desequilibrio entre laderas con elevado nivel de presión poral que quedarían por encima del embalse sin llegar a disipar estos valores a la misma velocidad que se da la caída del nivel del lago.

De esta forma, la fuerza estabilizadora que generaba el peso del agua (carga hidrostática sobre la ladera sumergida) dejaría de actuar y la pendiente con valores de presión intersticial elevados generaría la aparición de fallas que darían lugar a movimientos de remoción en masa. Estas condiciones podrían tener mayor tasa de aparición en pendientes que actualmente tienen movimientos de este tipo.

Para el caso de la presa Jorge Cepernic el escenario es más alentador ya que en estas condiciones lito estructurales no favorecen a los movimientos gravitacionales, los que se localizan con mínimo desarrollo, por encima de los niveles de embalsado, e incluso están ausentes en su margen derecha.