

Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático

2017-2022



Gobierno
de Chile

Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile

Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile

Chile
mejor



**Chile
mejor**

PLAN DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO 2017-2022

**Ministerio de Obras Públicas
Ministerio del Medio Ambiente
2017**

Elaborado en el marco del Plan de Acción Nacional
de Cambio Climático

Aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad
en noviembre de 2017

PLAN DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO 2017-2022

Documento elaborado por la Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio de la Dirección General de Obras Públicas
Ministerio de Obras Públicas de Chile

Diciembre 2017

Coordinación General y textos

Evelyne Medel

Contraparte Técnica Nivel Central

Andrea Osses, Ariel Grandón, Claudia León, Daniela Latrach, Eduardo Soto, Karla González, Lorena Monares, Margarita Cordaro, Marta Sepúlveda, Oriana Solís, Pablo Ibáñez, Patricio Osorio, Víctor Reyes, Cristina Contzen

Contraparte Técnica Regional

Alberto Calatroni, Carlos Alert, Gonzalo Galleguillos, Jimena Trujillo, Lorena Herrera, Vania Rizzo, Álvaro Correa y Evelyn González

Ministerio del Medio Ambiente

Gladys Santis, Maritza Jadrijevic, Peter Muck y Fernando Farías

Edición, Diseño y Diagramación

Comunicaciones Dirección General de Obras Públicas

Fotografías

Archivo Ministerio de Obras Públicas

Índice

	Presentaciones	9
	Introducción	14
1	Antecedentes generales	17
1.1	Cómo afectan las proyecciones de Cambio Climático en el desarrollo de la Infraestructura	20
1.1.1	Cambio en patrón de precipitaciones y aumento en intensidad y frecuencia de sequías	21
1.1.2	Aumento en intensidad en inundaciones fluviales	22
1.1.3	Inundaciones costeras	24
1.1.4	Olas de Calor	27
1.2	Enfoque Metodológico para evaluar la Incorporación de Análisis de Cambio Climático en la Infraestructura -MOP	27
2	Visión y enfoque de los Servicios de Infraestructura en Cambio Climático	31
2.1	Principios	31
2.2	Eje de Adaptación	33
2.3	Eje de Mitigación	34
2.4	Eje Gestión del Conocimiento	35
2.5	Caracterización de Servicios de Infraestructura	36
2.5.1	Dirección de Obras Hidráulicas	37
2.5.2	Dirección de Vialidad	43
2.5.3	Dirección de Obras Portuarias	45
2.5.4	Dirección de Aeropuertos	47

2.5.5	Dirección de Arquitectura.....	47
2.5.6	Dirección de Planeamiento.....	48
2.5.7	Coordinación de Concesiones.....	49
2.5.8	Instituto Nacional de Hidráulica.....	49
3	Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático.....	51
3.1	Objetivos.....	51
3.1.1	Objetivo General.....	51
3.1.2	Objetivos Específicos.....	51
3.2	Estructura del Plan.....	52
3.2.1	Eje de Adaptación al Cambio Climático.....	56
3.2.2	Eje Mitigación al Cambio Climático.....	83
3.2.3	Eje Gestión del Conocimiento.....	89
4	Monitoreo, Evaluación y Actualización del Plan.....	95
5	Fichas Resúmenes de las Medidas.....	96
6	Bibliografía.....	110
7	Abreviaciones.....	112
8	Anexo.....	114
8.1	Ciclo de Vida Obras.....	114



Marcelo Mena Carrasco
Ministro del Medio Ambiente

Presentación

Los servicios y obras de infraestructura resultan claves para el desarrollo sustentable del país, ya que son un soporte fundamental para el avance de los sectores productivos, para el bienestar social, la salud y la calidad de vida de la población y la protección del medio ambiente.

Tal como lo señala nuestra Tercera Comunicación Nacional presentada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en 2016, Chile ha realizado importantes avances en dotación, mantenimiento y operación de infraestructura pública, tanto por parte del sector público como del privado, este último a través del Programa de Concesiones. Sin embargo, se requieren aún mejoras en varias áreas, como lo son el drenaje urbano, la movilidad y conectividad, y las obras de acumulación de aguas.

Ciertamente, las obras que son construidas por los servicios del Estado deben ser cuidadosamente planificadas para que cumplan su función primordial, asegurando su permanencia en el tiempo y la calidad de los servicios para los cuales fueron concebidas. En ese sentido, la variabilidad climática se presenta como un asunto de relevancia a la hora de proyectar obras, e incide en el horizonte de tiempo para el cual éstas son planificadas, en su resistencia al clima y en su costo monetario de construcción y mantención.

El cambio climático nos impone un desafío aún mayor, pues nos fuerza a ir más allá de las estadísticas históricas sobre las cuales tradicionalmente se han basado los diseños estructurales, y desarrollar estimaciones para escenarios futuros del clima con el mayor nivel de certeza posible. Esto nos permitirá asegurar el funcionamiento óptimo de las obras en su ciclo de vida, y una máxima eficiencia en el uso de los recursos disponibles al momento de construirlas.

Este cambio de paradigma en la construcción de obras públicas es parte de la adaptación al cambio climático, y debe ser considerado desde las primeras etapas de la planificación. Por ello, en el “Plan de Acción Nacional de Cambio Climático” PANCC 2008-2012, cuya versión actualizada corresponde al PANCC 2017-2022, se comprometió la elaboración de un plan de adaptación al cambio climático para el sector de infraestructura, para hacer frente a los impactos del cambio climático sobre el sector y adaptar las obras para beneficio del país.

El Ministerio del Medio Ambiente, en el marco de sus competencias, ha coordinado la elaboración de dicho plan, en conjunto con el Ministerio de Obras Públicas. Este último ha ido un paso más adelante de lo comprometido en el PANCC, y ha incorporado además la mitigación al cambio climático, con miras hacia la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en el proceso de construcción de las obras de infraestructura, aportando al desarrollo bajo en carbono.

Es así que se ha concretado la elaboración del presente ‘Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022’, fruto del trabajo colaborativo entre ambos ministerios y un importante avance en las políticas ambientales del país, así como en el desarrollo de planes sectoriales de adaptación para la región de Latinoamérica.



Alberto Undurraga
Ministro de Obras Públicas

Presentación

Tal como señaló la Presidenta de la República, Michelle Bachelet, pocos meses atrás durante el lanzamiento del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 “está en nuestras manos tener un Chile mejor preparado para enfrentar este fenómeno”. Esta frase enmarca perfectamente el compromiso del Gobierno con la ciudadanía y a su vez el sentido de responsabilidad y protección con cada uno de los habitantes del territorio nacional, afectado especialmente durante los últimos años por variadas catástrofes relacionadas al Cambio Climático, marejadas, aluviones y sequías, además de incendios forestales son un ejemplo de ello. En efecto, he constatado personalmente, durante estos cerca de cuatro años a cargo del Ministerio, los efectos que puede generar el cambio climático, en las ciudades y en la infraestructura, que repercuten en la calidad de vida de las y los chilenos, de modo que es un imperativo adecuarnos a esta nueva realidad.

Un dato importante es que al año 2015 nuestro país se ubicó en el décimo puesto de las naciones más vulnerables y afectadas por el Cambio Climático, según el Global Climate Risk Index, diagnóstico presentado por la organización Germanwatch 9, en la vigésimo segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, realizada en Marrakech a fines del año 2016.

En este escenario resulta fundamental hacer frente a este fenómeno desde los ámbitos de la adaptación y mitigación, ajustando los diseños de nuestra infraestructura para disminuir sus daños y consecuencias negativas, pensando también en una gestión del Cambio Climático a nivel comunal, regional y nacional, razón por la que justamente el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 ha considerado 30 líneas de acción y 16 objetivos específicos que se materializan en 96 medidas concretas para este desafío.

Como país seguiremos comprometidos con cada uno de los acuerdos internacionales en materia del cuidado del medio ambiente y de todos los esfuerzos por preservar la calidad de vida de todos y todas, por ello es que precisamente en el Acuerdo de París hemos asumido la tarea de levantar iniciativas para la reducción de las emisiones de CO₂ en un 30% al año 2030. Así también, nos hemos comprometido a fomentar el desarrollo de energías renovables no convencionales e impulsar una ley de eficiencia energética, entre algunas acciones que ya trabajamos y

desarrollaremos en la misión y compromiso que tenemos como Gobierno con el país y cada uno de quienes vivimos en el territorio.

Dentro de los compromisos del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 está el desarrollo de iniciativas sectoriales para hacer frente a esta realidad cada vez más recurrente, que afecta a nuestros campos y ciudades, costas y biósfera marina, pero también a la infraestructura que sostiene a nuestro país, en el objetivo claro de que la vulnerabilidad al Cambio Climático no signifique necesariamente una catástrofe. Y dentro de estos planes sectoriales hoy somos partícipes y testigos del lanzamiento del Plan de mitigación y adaptación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático, el primero de América Latina de estas características y que es también motivo de orgullo para nuestra nación ya que contiene diagnósticos y acciones concretas que esperamos sean una directriz clara y precisa para implementar acciones de adecuación y mitigación específicas para el sector de la infraestructura.

Esta es una respuesta a al llamado de nuestra Mandataria a que frente a la nueva realidad del Cambio Climático debemos ofrecer soluciones concretas, aprovechando todo el conocimiento y capacidad instalada en los Servicios de obras públicas, pero sumando en esta gran tarea a todos los chilenos y chilenas para que la mitigación y adaptación dejen de ser solamente conceptos y se conviertan en una realidad que nos permita enfrentar este fenómeno creciente.

Chile puede ser un país desarrollado económicamente y con equidad, pues uno sin el otro –desarrollo y equidad– no son suficientes para asegurar la calidad de vida de todos los habitantes del país. Trabajamos para que este desarrollo se exprese también en el territorio considerando el cambio climático, de modo de tener una inversión equilibrada a lo largo de todo el país. En este sentido, nuestro trabajo es día a día y nuestro horizonte está puesto en el año 2030. Queremos contribuir a que Chile se convierta en un país de 30 mil dólares per cápita y con niveles de desarrollo y calidad de vida de países que actualmente tienen ese nivel de ingresos, y lo hemos expresado en el Plan Chile 30/30, construido participativamente. Estamos seguros que este desafío es posible y requiere de múltiples iniciativas. Una de ellas, muy relevante, es adaptar la infraestructura a la nueva realidad de nuestro planeta. En eso estamos.



Juan Manuel Sánchez
Director General de Obras Públicas

Presentación

Durante estos últimos cuatro años el territorio nacional ha sido afectado por distintos desastres naturales, los aluviones e intensas lluvias en el norte, fuertes marejadas en Valparaíso y sequías en el norte y sur. Catástrofes que nos han hecho repensar muchas cosas pero también a actuar rápidamente para dar respuesta a las diferentes inquietudes que la Ciudadanía tiene respecto del Cambio Climático.

Y en especial el año 2017 ha significado un gran esfuerzo y despliegue por el país para precisamente presentar la propuesta del Plan de mitigación y adaptación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático y más todavía para recoger los comentarios y sugerencias para enriquecer esta iniciativa y su impacto; pero a la vez un período muy provechoso pues nos ha permitido elaborar un plan validado por la ciudadanía y cuyos diagnósticos y medidas serán un gran aporte para los diseños y ejecución de la infraestructura pública.

Ciudadanía y Cambio Climático son conceptos que deben ir de la mano para enfrentar este nuevo proceso y las reuniones informativas realizadas entre agosto y octubre de 2017 en las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Metropolitana, Valparaíso, Los Ríos y Aysén lo demuestran y fijan a la participación ciudadana como un elemento clave en cualquier política pública a implementar. Cientos de personas con sus consultas y dudas, decenas de representantes del mundo académico y de servicios públicos, todos interesados en ser parte de esta propuesta que entre todos hemos generado para la adaptación y bienestar del país frente al Cambio Climático.

El Plan de mitigación y adaptación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático considera medidas de mediano y largo plazo para reducir sus riesgos asociados y precisamente en estas jornadas logramos transmitir los avances concretos que estamos desarrollando para ello, con acciones como la implementación gradual de filtros en la maquinaria que utiliza el Ministerio de Obras Públicas para reducir en un 99% la emisión de las partículas de carbón negro y la Certificación de Edificio Sustentable que busca incentivar el diseño y construcción con criterios de sustentabilidad. Éstas se suman a otras medidas ya implementadas en el ámbito de la adaptación como lo son las obras de control y regulación de crecidas, la mantención de cauces, infraestructura vial y borde costero, el registro y monitoreo de precipitaciones y caudales que permiten anticipar escenarios y adoptar rápidamente acciones de alerta hacia la población.

Pero estamos seguros también que hoy Chile está en un momento clave para afrontar con toda su capacidad, ingeniería e innovación este fenómeno de Cambio Climático, por lo cual ha sido y seguirá siendo esencial incorporar la opinión de la comunidad sobre el trabajo que estamos desarrollando y cuáles serán las medidas a seguir desde la infraestructura.

Introducción

Es por todos sabido que el cambio climático es una realidad, donde la comunidad científica ha concluido que la variabilidad climática en las últimas décadas es a causa de actividades antropogénicas. A la fecha, el cambio climático es, sin duda, el principal problema global al que se enfrenta la humanidad pues pone en riesgo su existencia. No obstante, el cambio climático no es un hecho nuevo debido a que el clima terrestre no ha dejado de cambiar desde que se formó la atmósfera primitiva. Lo único nuevo es que parece evidente que hemos comenzado a influir notablemente en el clima, que constituye un promedio, a una escala de tiempo dada, del tiempo atmosférico y sobre el cual influyen muchos fenómenos. Así lo estima el Panel Intergubernamental del cambio climático¹ (IPCC), que ha publicado de manera sistemática los hallazgos científicos que afirman que la actividad industrial humana está provocando el aumento de la temperatura global y los impactos que derivan de esta amenaza.

Es en este sentido que también la infraestructura constituye un elemento de soporte de las actividades humanas, tanto en materia de provisión de agua potable, conectividad, protección del territorio, edificación pública y de aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, así como de apalancamiento de actividades productivas como es el caso de los embalses y canales de regadío, sin embargo, en el contexto del cambio climático de largo plazo, se presentan una gama de preocupaciones emergentes en el área de la infraestructura que los encargados de la toma de decisiones necesitan conocer.

A diferencia de aquellos casos donde la recuperación de la inversión ocurre durante períodos relativamente cortos (por ejemplo, de uno a tres años), existen otras inversiones en infraestructura que tienen una vida útil de varias décadas, como las obras de riego, vial y portuaria, entre otras. En tales casos, se requiere tomar medidas para anticipar las necesidades de adaptación no sólo frente a las amenazas actuales sino también a las condiciones climáticas del mañana. Ahora bien, el recurso de consultar los registros de tiempos pasados como directrices para visualizar el futuro de la planificación de la infraestructura ya no es del todo válido, es por ello que el presente Plan persigue como uno de sus objetivos centrales adaptar la infraestructura que ejecuta el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a los impactos esperados por el cambio climático, a fin de que los Servicios que proveen de infraestructura a la comunidad no se vean afectados o interrumpidos. Por tanto, la visión del presente plan está centrada en las personas.

Cabe mencionar, que diversos organismos internacionales recomiendan un enfoque local para el blindaje climático, en lo relativo tanto a enfrentar a los riesgos climáticos presentes y futuros como así también a evitar las inversiones de alto riesgo que puedan desembocar en pérdidas catastróficas (PNUD, 2010).

Sin embargo, se reconoce el rol de las instituciones nacionales en relación al liderazgo que deben ejercer (especialmente para la recopilación y armonización de la información sobre amenazas y para establecer y verificar el cumplimiento de códigos y estándares de construcción). La orientación y pericia de las instituciones nacionales deben integrarse a las actividades locales para que se tornen efectivas (PNUD, 2010), por tanto, el presente plan, si bien tiene un carácter general, de éste deben ejecutarse las acciones/programas locales regionales, de acuerdo a la amenaza climática a la cual deban hacer frente.

Además de adaptar la infraestructura a los impactos del cambio climático es importante contribuir a la mitigación de sus efectos. Ello, en la medida que se incorporen criterios de eficiencia energética en el diseño y construcción de las obras, las cuales aluden tanto a la incorporación de energías renovables no convencionales como a la incorporación del diseño pasivo en el caso de la edificación pública. Todo a fin de lograr al largo plazo el objetivo del desarrollo de infraestructura baja en carbono.

En términos institucionales, el Ministerio de Obras Públicas ha adquirido a través del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el compromiso de elaborar dos planes, el primero de ellos corresponde al Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al cambio climático durante el año 2017 y el segundo es el Plan de Adaptación de los Recursos Hídricos al cambio climático el año 2018. Respecto del primero, se ha decidido efectuar un esfuerzo mayor y no sólo abordar los desafíos en materia de adaptación de la infraestructura al cambio climático, sino también incluir el eje de mitigación en consideración al aporte de este sector al compromiso de Chile frente a Naciones Unidas en esta materia. Por tal motivo, el presente documento se constituye como el Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al cambio climático.

El documento que se presenta a continuación, constituye un marco de referencia que sienta las directrices en materia de adaptación y mitigación al cambio climático para la Direcciones que constituyen parte de este Ministerio y que se encuentran relacionadas con la materialización de las obras de infraestructura: Dirección de Vialidad, Dirección de Obras Hidráulicas, Dirección de Obras Portuarias, Dirección de Aeropuertos, Dirección de Arquitectura, Dirección de Planeamiento y la Coordinación de Concesiones.

¹ Panel Intergubernamental del Cambio Climático: El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. (http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml). Washington, DC: OPS, 2012.



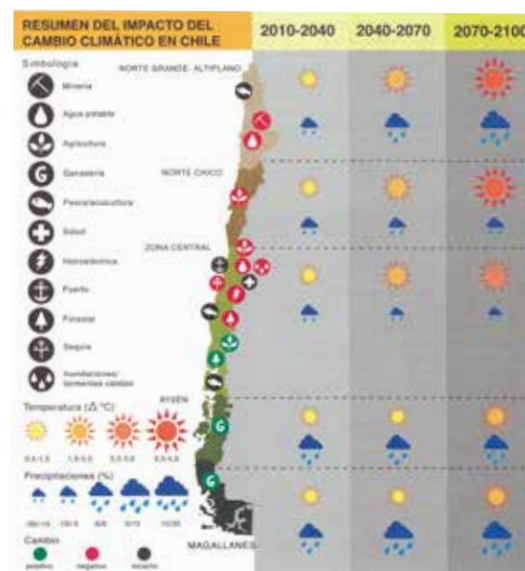
1. ANTECEDENTES GENERALES

Existe consenso científico generalizado en que el mundo está experimentando cambios climáticos y que se está incrementando la frecuencia y severidad de los desastres naturales (Stern, 2008; UNDP, 2008; UNISDR, 2009d; World Bank, 2009). Se espera que Latinoamérica, en particular, sufra por el cambio climático y que se incrementen los eventos naturales extremos (UNDP, 2008; De la Torre, Fajnzylber, Nash, 2009; EU, 2009; World Bank, 2009b) (citado en PNUD, 2010).

Para Chile, las proyecciones climáticas muestran como principales efectos el alza en la temperatura y la disminución en las precipitaciones; también se proyecta un aumento en la frecuencia de eventos extremos tales como sequías e inundaciones fluviales y costeras. Todos estos cambios tendrán repercusión directa o indirecta sobre la mayor parte de las actividades productivas del país, y por supuesto, incidirán en los servicios que presta la infraestructura, tal como se aprecia en la Ilustración 1.

ILUSTRACIÓN 1

Impactos del Cambio Climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras



Fuente: La Economía del Cambio Climático en Chile. CEPAL; 2012.

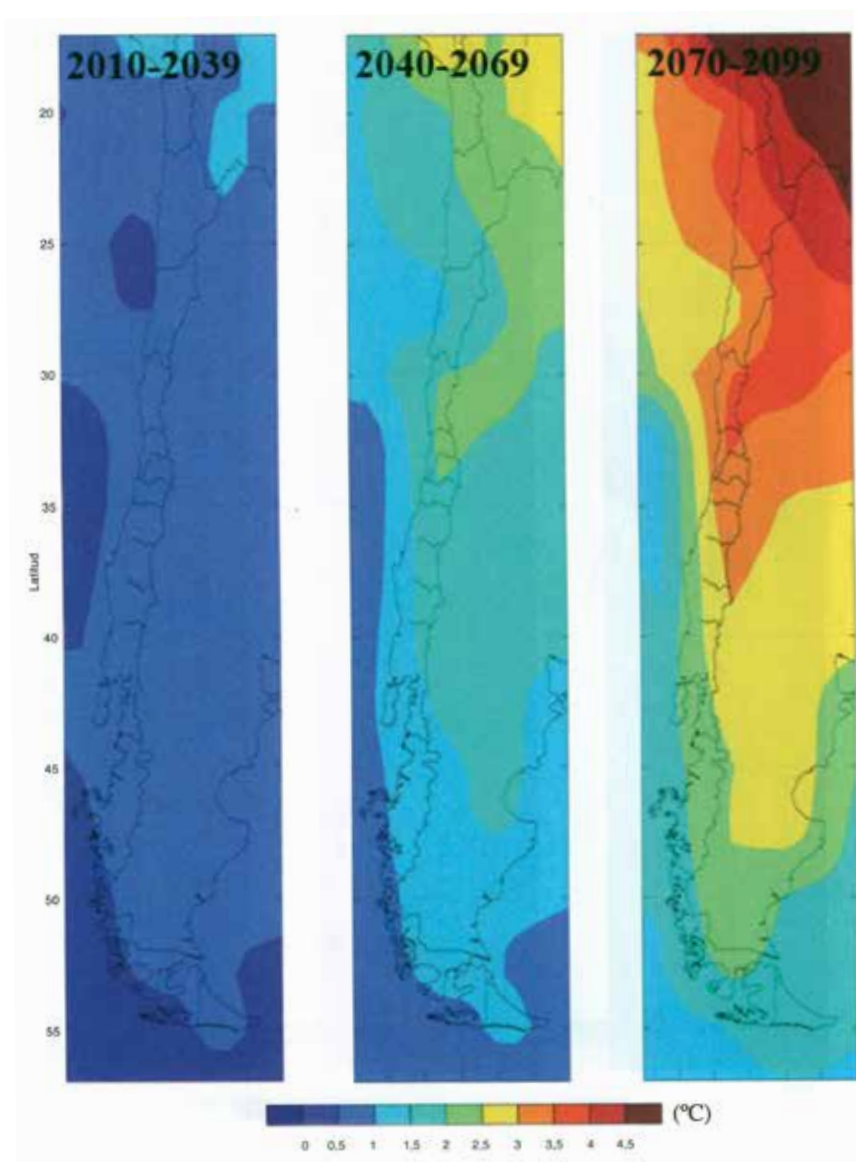
De acuerdo al estudio “La Economía del cambio climático para Chile” (CEPAL, 2012), existen diferentes proyecciones para el país en torno a precipitación y temperatura, considerando dos escenarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), A2 y B2.

El primero, considera un nivel más alto de emisiones y el segundo, más moderado. Dado los últimos estudios del IPCC (2014), frenar el aumento sobre los 2°C es “probable”, sólo si se reduce entre las emisiones mundiales

de gases de efecto invernadero con respecto a las de 2010 entre un 40% y un 70%. Por tanto, el escenario más severo (A2), es el más probable para los próximos años. Por tanto, el estudio "La Economía del cambio climático" (2012, ERECC, en adelante) indica que son dos los cambios proyectados para Chile, éstos son: aumento de temperaturas y cambios en los patrones de precipitaciones. Respecto de la temperatura, el aumento va del orden de los 2° a los 4° C, siendo más evidente el aumento a medida que se aleja de la influencia del océano.

ILUSTRACIÓN 2

Proyecciones de Temperatura en el escenario A2



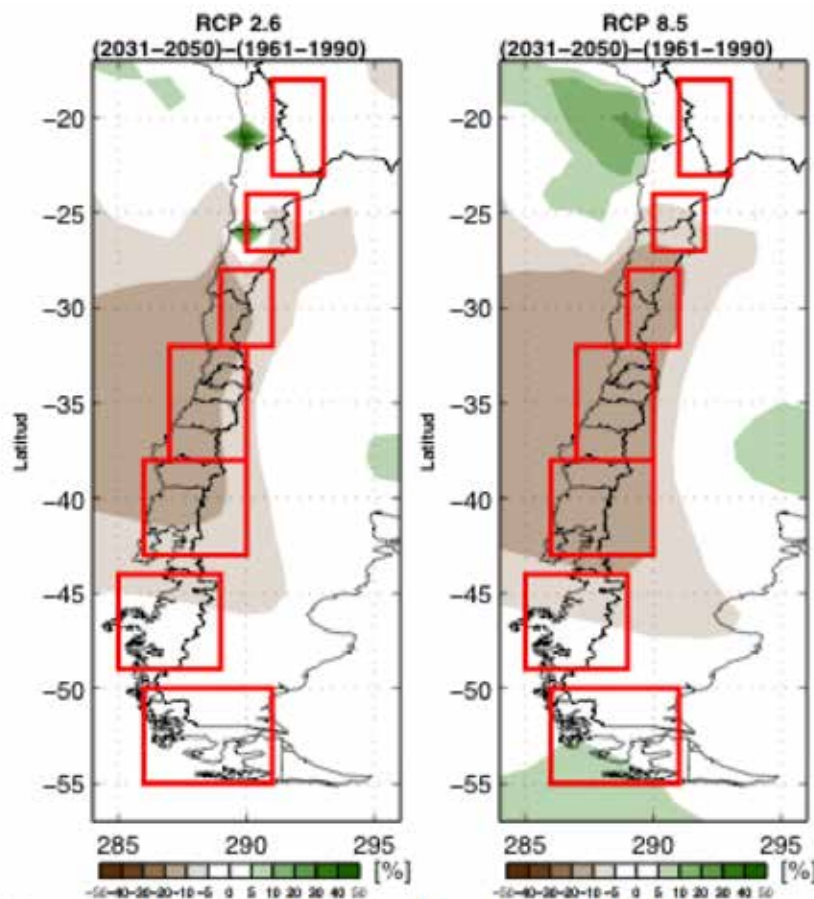
Fuente: La Economía del Cambio Climático en Chile. CEPAL; 2012.

En relación a los cambios de patrones en las precipitaciones, se proyecta una alta probabilidad de una disminución entre los paralelos 30°S y 42° (Entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, aproximadamente).

Los últimos estudios en materia de proyecciones de precipitación y temperatura para Chile, llevados a cabo en consideración al último informe del IPCC (2014) que considera escenarios de Forzamiento Radiactivo² Representativo (RCP, por sus siglas en inglés). Los escenarios RCP se denotan en función del forzamiento radiativo (en W/m²) que se lograría hacia fines de siglo. A mayor concentración de Gases de Efecto Invernadero mayor el forzamiento radiativo. El escenario RCP 2.6 con un forzamiento de 2.6 W/m² implicaría un aumento en 2°C de la temperatura global del planeta. Un escenario RCP 8.5 se concibe por otra parte como el escenario BAU (Business As Usual) de acuerdo a la trayectoria actual de emisión de GEI.

ILUSTRACIÓN 3

Mapas de cambio porcentual de precipitación para el periodo 2031–2050 con respecto al periodo 1961–1990. (a) Promedio de las simulaciones CMIP5–RCP2.6, (b) promedio de las simulaciones CMIP5–RCP 8.5



² Cambio en la irradiación neta vertical (expresada en Wm⁻²) en la tropopausa debido a un cambio interno o un cambio en el forzamiento externo del sistema climático (por ejemplo, un cambio en la concentración de dióxido de carbono o la potencia del sol. Normalmente el forzamiento radiativo se calcula después de permitir que las temperaturas estratosféricas se reajusten al equilibrio radiativo, pero manteniendo fijas todas las propiedades troposféricas en sus valores sin perturbaciones. (IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).

Fuente: Rojas, 2012.

Acorde a lo descrito por Centro de Cambio Global (2014) se concluye que para Chile, dependiendo del escenario radiativo, se proyecta un aumento de temperatura del orden de 2° C a mediados de siglo, asociándose los mayores incrementos a la zona central, siendo más marcados en las zonas de valle central y cordillerana.

Para el caso de las precipitaciones, éstas presentan en general un mayor nivel de incertidumbre. En la Ilustración 3 se puede observar para mitad de siglo un descenso bastante marcado para los sectores ubicados entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos, especialmente en el escenario de mayor forzamiento radiativo, existiendo mayor incertidumbre para las zonas extremas del país. Se muestra en la ilustración aludida, el detalle de las proyecciones para la zona de análisis 4 correspondiente a la zona central de Chile (32-38°S). Se puede apreciar que tanto para el caso del escenario RCP 2.6 y 8.5 solamente el 5% de los modelos indica un aumento de precipitaciones. El promedio de las proyecciones indica una reducción del orden de 10% (20%) en el caso del escenario RCP 2.6 (RCP 8.5).

Las proyecciones climáticas mencionadas, sin duda, que tendrán repercusiones en los servicios que presta la infraestructura. De ello, las principales amenazas son por déficit y exceso de agua, además de las afectaciones al borde costero provocadas por el aumento significativo de la altura de las olas.

1.1 Cómo afectan las proyecciones de Cambio Climático en el desarrollo de la Infraestructura

Para analizar cómo afectan las proyecciones de Cambio Climático a los servicios que proveen de infraestructura a la ciudadanía, se caracterizan a continuación las amenazas climáticas frente a las cuales éstas se encuentran expuestas:

- Cambios en el patrón de precipitaciones y aumento en tasas de precipitaciones.
- Aumento en intensidad en inundaciones fluviales.
- Aumento en intensidad en inundaciones costeras.

Existen algunos ejemplos en la literatura que abordan este tipo de eventos extremos para Chile, cuya base se comenta a continuación, relacionando además su relevancia para el sector de la infraestructura.

1.1.1 Cambio en patrón de precipitaciones y aumento en intensidad y frecuencia de sequías

En general, las sequías son un fenómeno recurrente en términos temporales y que normalmente muestra una extensión espacial considerable. Si bien éstas dependen de condiciones climáticas e hidrológicas, en un número importante de casos su ocurrencia y severidad están asociadas a temas institucionales y de manejo que hacen que la oferta sea incapaz de satisfacer la demanda. Es por ello que normalmente se distinguen varios tipos de sequías, en atención a las causas que las originan y, potencialmente, a las consecuencias que pueden traer.

Las sequías meteorológicas corresponden a un período prolongado de ausencia de precipitaciones o de una marcada deficiencia en ellas. Si bien, los términos cualitativos son ambiguos (prolongado y marcada deficiencia), ellos enfatizan la necesidad de referir a una sequía meteorológica dentro del marco referencial del régimen climático de una determinada localidad.

A su vez, las sequías hidrológicas se definen en forma análoga (Kayentash y Dracup, 2002) y se refieren a un período en el que los volúmenes de cursos de agua, embalses, acuíferos y/o lagos se encuentran por debajo de valores normales. El vínculo con las condiciones climáticas es evidente, no obstante, malas prácticas de manejo tales como deforestación, sobreexplotación de acuíferos y la inadecuada distribución de recursos de agua almacenados, entre otros, pueden desencadenar o exacerbar una sequía hidrológica.

En tanto, las sequías de carácter agrícola se alcanzan cuando la humedad del suelo es incapaz de satisfacer la demanda de agua de los cultivos, por cuanto tiene efectos negativos en términos de su productividad o eventualmente la falla total del cultivo. Es interesante puntualizar que la cantidad de agua en el suelo depende de la oferta de agua de las precipitaciones (vínculo con sequía meteorológica) y de la capacidad que tenga el sistema agronómico de suplir agua en forma de riego (vínculo a la sequía hidrológica). Por tanto, "las sequías son desastres naturales recurrentes y que se insertan en las condiciones climáticas, hidrológicas e institucionales y sociales de sus respectivas regiones", (Cambio Global, 2014).

En este sentido, el Cambio Climático juega un rol fundamental sobre el ciclo hidrológico y en los patrones de disponibilidad de agua. Estudios revelan que los volúmenes de precipitación en la zona de Los Andes se correlacionan de forma importante con la acumulación de nieves. Esta acumulación es, a su vez, determinante en los volúmenes de descarga de los ríos (Masiokas et al., 2006). Por otro lado, se ha visto que la temperatura está estrechamente relacionada con los momentos en que se dan los máximos caudales de descarga (Segunda Comunicación Nacional, 2011).

De esta forma, cambios como los que se han mencionado respecto a temperatura y precipitación afectarían directamente la magnitud y estacionalidad de los caudales. La probabilidad de sequías futuras fue evaluada en el estudio CEPAL (2012). Este diagnóstico, que toma como definición de evento de sequía aquel periodo de dos años seguidos en que las precipitaciones caen por debajo del percentil 20, evaluó el número de eventos proyectado por varios modelos bajo un escenario de Cambio Climático para periodos futuros de 30 años (temprano, medio y tardío). Para la zona centro-norte y centro del país, la tendencia general proyectada fue de un alza en el número probable de eventos de sequía, identificándose incluso zonas de sequía permanente hacia fines de siglo.

Según lo indica la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (2012), existen varias zonas del país que durante los últimos años han experimentado eventos de sequía, principalmente en localidades comprendidas entre las regiones de Atacama y La Araucanía. Dado que esta situación se caracteriza por tener un carácter estacional, existen antecedentes que apuntan a un problema más frecuente y además reconoce la necesidad de adoptar e implementar medidas no sólo para superar la situación de corto plazo, sino también para abordar la escasez de forma más permanente. Todo ello, acentuado con las proyecciones de Cambio Climático.

A mayor abundamiento, el Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia (CR2), aporta más antecedentes señalando que entre un 30 y un 60% de déficit de precipitación anual ha afectado desde las regiones de Coquimbo a La Araucanía durante los últimos seis años, siendo particularmente severa en los últimos tres años³.

Consecuentemente, la infraestructura desarrollada por el MOP, tal como las obras de riego, se ven amenazadas en el cumplimiento de su objetivo y servicios que otorgan a la ciudadanía (disponibilidad de agua), siendo por tanto vulnerables al Cambio Climático.

1.1.2 Aumento en intensidad en inundaciones fluviales

El Cambio Climático genera episodios más intensos de precipitación que, sumado a la construcción de caminos, obras hidráulicas, alteran el régimen de caudal de muchos ríos (Chu et al., 2010; Banasik & Pham, 2010; Olang & Furst, 2011), por tales motivos se proyecta un aumento de las inundaciones (IPCC, 2007; Eissa & Zaqui, 2011) y de los costos asociados en las próximas décadas (Stern, 2007).

³ Esta pérdida de lluvias ha permanecido desde entonces en forma ininterrumpida y ocurre en la década más cálida de los últimos 100 años, exacerbando el déficit hídrico a través de la evaporación desde lagos, embalses y cultivos (La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. CR2; 2015).

En relación a que las inundaciones fluviales se presentan como una amenaza de origen meteorológico, el Centro de Cambio Global (2014) señala que las crecidas se explican por un aumento significativo de la escorrentía aportante a un cauce o curso de agua. Este incremento puede deberse a un evento de precipitación líquida o al derretimiento del manto nival (o una mezcla de ambos). También puede ocurrir que

indirectamente este tipo de fenómenos signifiquen la falla de una obra, lo que a su vez significaría un aumento en los caudales. Cualquiera sea el caso, hay una vinculación directa con la ocurrencia de variaciones en una o las dos variables meteorológicas relevantes previamente discutidas: temperatura y precipitación. Por último, el uso de suelo o, en general, su tipo y/o las condiciones de éste al inicio de un evento de precipitación pueden acentuar significativamente la magnitud y efectos de una crecida.

El aumento de temperaturas sin la ocurrencia de precipitación puede originar eventos de derretimiento de masas de nieve o hielo, las que típicamente no tienen un impacto mayor dado los tiempos de respuesta involucrados, aunque hay excepciones. Sin embargo, estudios recientes muestran que aumentos bruscos de temperatura podrían ser una de las causas, o al menos contribuir en parte al derretimiento y/o rotura de masas de hielo que contienen grandes volúmenes de agua líquida, lo que puede generar el vaciamiento de cuerpos de agua masivo en periodos muy cortos de tiempo. Otras variables a considerar son el angostamiento de la salida, taponamiento por hielos, aumento de la presión por alteración del nivel del lago y luego vaciamiento, entre otras.

El caso más tradicional de crecida generalmente sí está vinculado a la ocurrencia de un evento de precipitación significativo. Ahora bien, dado que las crecidas con potencial de generar una inundación se explican por el escurrimiento de una gran cantidad de agua en tiempos relativamente cortos, es necesario entonces aclarar que éstas se pueden originar por tres motivos, los que además pueden darse simultáneamente: (1) una tormenta que en su totalidad, o al menos parcialmente, tiene altas intensidades; (2) una tormenta de duración significativa, donde se logran condiciones en la cuenca de alta saturación y baja retención que aumentan las tasas de escorrentía y (3) la ocurrencia de un evento de precipitación líquida sobre una porción significativa de la cuenca contribuyente, mayor a la típica. Esto último ocurre cuando el evento de precipitación coincide con temperaturas altas, lo que significa un aumento en la elevación de la isoterma cero (comúnmente se conoce a estos eventos como lluvias cálidas), así entonces, una mayor proporción de la precipitación cae como agua líquida de escurrimiento inmediato, en desmedro de precipitación nival, la cual permanecería almacenada para su futuro derretimiento.

En una situación de este tipo, no sólo la precipitación líquida contribuye a la escorrentía directa, sino que también parte de la nieve acumulada puede derretirse, tanto por las altas temperaturas como por la energía que significa el impacto sobre el manto de nieve de gotas de aguas. De esta manera, eventos de precipitación que pudiesen considerarse como no extremos pueden generar inundaciones fluviales extremas.

Respecto a crecidas e inundaciones, CEPAL (2012) proyecta un decrecimiento en gran parte del país de los eventos más intensos de precipitaciones, pero así también un aumento en la ocurrencia de eventos de alta precipitación en días con tempera-



**Estación Meteorológica El Tatío,
Región de Antofagasta**

turas elevadas. Tendencias de este tipo pueden tener un gran impacto en la frecuencia de crecidas e inundaciones fluviales causadas por las lluvias cálidas previamente descritas.

Otros estudios recientes que han identificado las condiciones meteorológicas que gatillan eventos de crecidas (Viale y Nuñez, 2010; Garreaud, 2013) corroboran los resultados de Vicuña et al. (2013) y lo pronosticado por CEPAL. Éstos muestran que los eventos más fuertes registrados en la zona central de Chile están asociados con lluvias cálidas de larga duración caracterizadas por la presencia de corrientes atmosféricas que inciden en Los Andes subtropicales. En estos eventos cálidos, la temperatura del aire y presión superficial cambian poco antes y durante la tormenta mientras la precipitación está uniformemente distribuida durante el evento (Garreaud, 2013). En el caso de la zona central de Chile, Garreaud (2013) establece que las tormentas cálidas de gran magnitud se caracterizan por tener temperaturas por encima de los 10.5°C en la zona del valle, lo que a su vez genera isotermas elevadas con incrementos en el área aportante y subsecuente respuesta hidrológica.

Todas estas amenazas climáticas ponen de manifiesto la necesidad de evaluar el comportamiento de los servicios de infraestructura asociados a la protección del territorio, como lo son las obras de control aluvional y de drenaje urbano. Así como también se requiere efectuar programas de control aluvional en función de estas nuevas amenazas climáticas.

1.1.3 Inundaciones costeras

El reporte actualizado del IPCC (2013) entrega información adicional respecto a potenciales impactos y cambios en las dinámicas litorales sobre las costas de América Latina y el Caribe. Se identifica la posibilidad de cambios en los climas de oleaje, tanto en aumentos de altura significantes como en su dirección, que podrían producir problemas a nivel de operación de infraestructura y erosión de sistemas costeros.

En relación a las variaciones del clima de oleaje a nivel local, no se han encontrado nuevos diagnósticos que entreguen información actualizada respecto de sus tendencias por lo que el estudio CEPAL (2011) y aquellas referencias utilizadas en el trabajo previo "Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático" (2013) sigue siendo la referencia más importante.

Dicho estudio afirma que las proyecciones globales coinciden en que las alturas de oleaje extremas como el nivel del mar estarían aumentando en el futuro. En el caso chileno, sin embargo, las tendencias respecto del nivel del mar no son concluyentes, debido a la fuerte actividad sismotectónica a la que está sometido el margen occidental de la zona sudamericana, que redundo en frecuentes levantamientos o hundimientos del terreno, lo que afecta directamente en la condición de oleaje. Por





otro lado, los aspectos relacionados con la frecuencia de tormentas y marejadas son muy importantes de analizar, puesto que podrían tener consecuencias significativas en el funcionamiento de la infraestructura portuaria y costera. Del mismo modo, el país requiere hacer esfuerzos adicionales para mejorar los sistemas de observación y medición de variables oceanográficas disponibles actualmente, con el objeto de aumentar la cobertura y resolución de esta información. De esta manera, se estará en condiciones de cuantificar en forma más precisa las potenciales consecuencias del Cambio Climático en las costas de Chile y así anticipar medidas de adaptación adecuadas.

En particular, existen ejemplos de afectación en las costas chilenas evidenciada por la Dirección de Obras Portuarias (DOP), en particular en la Playa Artificial El Laucho, ubicada en la Región de Arica y Parinacota, donde la DOP intervino la zona a través de un balneario artificial incorporando elementos de protección contra el oleaje con el fin de disminuir su exposición al embate continuo de las olas y mejorar su estabilidad, seguridad y niveles de servicio. Para ello, se construyeron dos molos de abrigo y se procedió a hacer una recarga de arena durante el año 2010. El diseño de las obras contempló la utilización del instructivo SHOA 3201 (SHOA PUB. 3201) para mediciones y análisis oceanográficos y la base de datos de OLAS CHILE III 2 (<http://www.olasdelpacifico.com/>) que considera 21 años de reanálisis de climas de olas entre 1985 y 2006. El oleaje de tormenta fue definido de acuerdo a las metodologías aprobadas por dicho instructivo, donde sólo se consideró el oleaje reinante de dirección SW que incide el 95% del tiempo pero no las tormentas incidentes desde la dirección W ni NW debido a la baja recurrencia observada en la base de datos considerada, asumiendo también que existían condiciones naturales asociadas a la presencia de roqueríos que obstaculizarían el paso de climas de oleaje con estos ángulos de incidencia. Luego de tres años de operación, en enero de 2013, la DOP reportó problemas de socavación en el perfil de playa ubicado en la zona sur que disminuían su servicialidad, exponiendo además a las personas que transitan por ese sector. Los análisis de las tormentas que provocaron este problema mostraron que el clima de oleaje que provocó las socavaciones tuvo dirección W y periodos mayores a los registrados en la base de datos de reanálisis utilizado para el diseño. Esta situación ejemplifica la dificultad real que experimenta el diseño de obras marítimas en al menos tres elementos fundamentales:

- No contar con una buena cobertura espacio-temporal de registros de climas de oleaje a lo largo de la costa de Chile que permita ir complementando la información utilizada para el cálculo de oleajes extremos, así como incorporar nuevas tormentas no necesariamente capturadas en los reanálisis numéricos de oleaje.
- Las bases de datos disponibles para la determinación de tormentas de diseño parecen no incluir algunos eventos extremos que han sido observados en años recientes,

Viña del Mar, Región de Valparaíso

por lo que haría falta realizar un esfuerzo por extenderlos y avanzar hacia la evaluación de posibles escenarios futuros que tomen en cuenta tendencias y cambios potenciales que podrían incidir en la operación de las obras.

- Se hace necesario revisar las metodologías e instructivos actualmente utilizados para la definición de tormentas de diseño pues la evidencia muestra que en los últimos años han existido diversas obras recientes que han presentado problemas al ser solicitadas por climas de oleaje “anómalos” que no pudieron ser correctamente anticipados.

Del mismo modo, situaciones como la ejemplificada en el caso de la Playa El Laucho se han observado en otras obras, donde algunas de ellas han generado controversias importantes a nivel técnico entre mandantes y contratistas, así como preocupación a nivel político. Estos problemas muestran la necesidad de hacer una revisión en línea con los elementos planteados en los puntos anteriores.

**Ruta 11 CH,
Region de Arica y Parinacota**



1.1.4 Olas de Calor

El informe del IPCC (2017) señalaba ya una tendencia creciente en los eventos extremos observados en los pasados 50 años y considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones continuarán siendo más frecuentes en el futuro.

El V Reporte del IPCC (2014) entrega mayores antecedentes indicando que “desde 1950, las olas de calor han aumentado y se han generalizado e incrementado las cantidades de noches cálidas. También hay más regiones afectadas por sequías pues la precipitación sobre tierra ha disminuido relativamente mientras que la evaporación ha aumentado debido a condiciones más cálidas”, fenómeno climático ha tenido su manifestación en Chile.

Es así como el análisis de índices de eventos extremos muestra que han aumentado las noches cálidas desde el norte grande hasta Coyhaique, con disminución de las noches frías, mientras en Santiago, que posee la serie de tiempo de datos diarios más larga del país, se registra un aumento de las olas de calor, definidas como tres días consecutivos por sobre el percentil 90 %, que corresponde a los 32.4°C (Villarroel, 2013).

1.2 Enfoque Metodológico para evaluar la Incorporación de Análisis de Cambio Climático en la Infraestructura MOP

Para analizar la conveniencia de incorporar criterios de Cambio Climático en las obras de infraestructura que ejecuta el Ministerio de Obras Públicas se desarrolló un primer acercamiento a través de una consultoría ejecutada el año 2012 por el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que determinó como primer punto de análisis la etapa en que dicha obra se encuentra (ilustración 4). Así, en caso que se encuentre en etapa de pre-factibilidad, factibilidad o diseño se plantea en la metodología una primera pregunta clave asociada a la vida útil de la obra. Si es que la obra es de corto plazo (podría ser menor a 10 años, por ejemplo) se propone simplemente seguir actualizando información de base en relación a condiciones hidroclimáticas y/o de vulnerabilidad de la obra o del servicio que provee. Si por otra parte, el horizonte de vida de la obra es a largo plazo (mayor a 20 años) se propone incluir el Cambio Climático en la próxima etapa de la metodología.

Una segunda pregunta clave que hay que plantearse antes de decidir si ocupar una metodología compleja –en términos de inclusión de modelaciones de caudales proyectados en escenarios de Cambio Climático– para incorporar la adaptación al fenómeno en el proceso de desarrollo de una obra de infraestructura, tiene que ver con los costos y desafíos que deben de tomarse en cuenta para el desarrollo de

escenarios climáticos futuros. Esto es especialmente cierto cuando se requiere de información a escalas de tiempo muy bajas (por ejemplo precipitación de dos horas) o en espacios muy reducidos. En ambos casos, las condiciones locales (a diferencias de las condiciones globales que rigen los modelos de clima global) son más relevantes. (Centro Cambio Global, 2012).

En este sentido la pregunta que es necesaria realizar está referida a comparar los costos requeridos para generar la información (Cinf) de base para proyectar escenarios futuros necesarios para el análisis de impactos (es importante tener en mente que en algunos casos el costo es infinito o muy alto ya que no es posible obtener algunos tipos de información). Si estos costos son comparables en cierto modo con los costos de inversión (Cinv) de la obra propiamente tal, entonces no se considera pertinente utilizar metodologías específicas sino que continuar con medidas de monitoreo tanto de las condiciones hidroclimáticas como también de la vulnerabilidad de las obras que se espera en este caso duren por tiempos prolongados. (Centro Cambio Global, 2012).

Por tanto, de las diferentes tipologías de obras que ejecuta y revisa el MOP, las siguientes obras deberían considerar análisis de sensibilidad en relación al Cambio Climático:

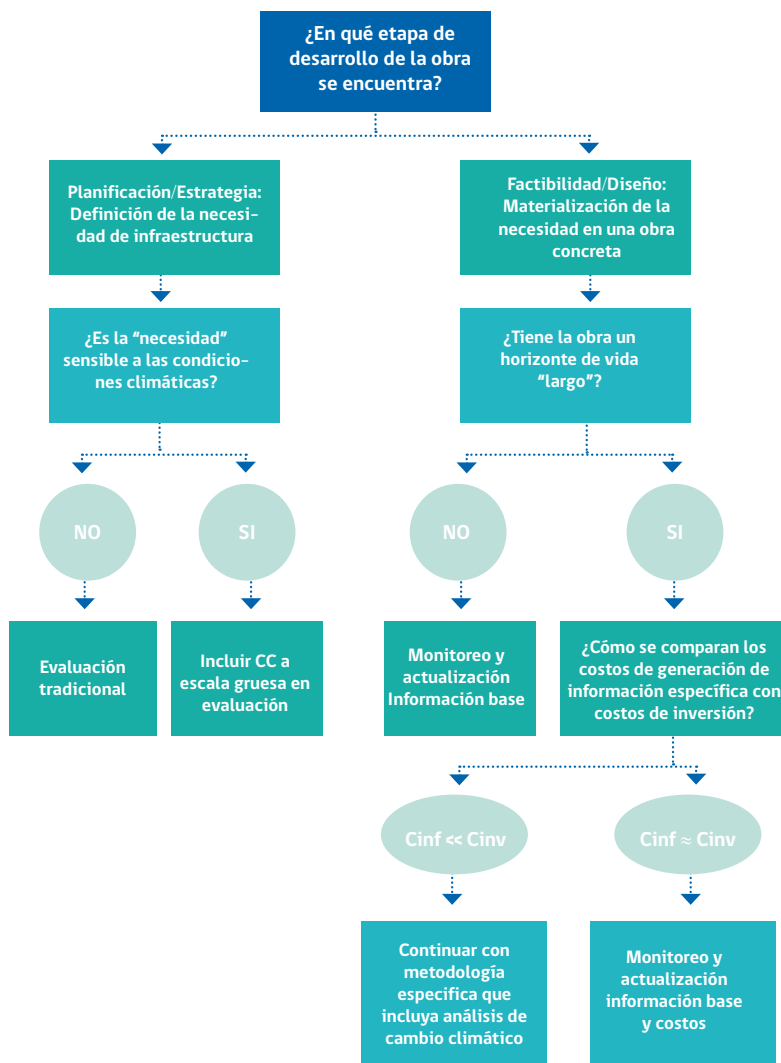
- Obras de riego (embalses, bocatomas, canalizaciones).
- Evacuación y drenaje de aguas lluvias.
- Puentes/proyectos viales.
- Infraestructura portuaria costera.
- Infraestructura hidráulica de control aluvional y de manejo de cauces.
- Agua Potable Rural (si bien no se considera intervenir en el diseño en términos de utilizar modelaciones específicas de Cambio Climático, esta tipología de obras deberá generar medidas adaptativas que van orientadas a la solución de agua potable para la comunidad. Es decir, a través de medidas innovadoras tales como plantas desaladoras u otras).

**Complejo Fronterizo Pino Hachado,
Región de la Araucanía**



ILUSTRACIÓN 4

Enfoque metodológico de decisión respecto a la incorporación de análisis de cambio climático por tipología de infraestructura



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.



Región de Atacama



2. VISIÓN Y ENFOQUE DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN CAMBIO CLIMÁTICO

La visión del presente plan está focalizada en lograr que los Servicios que proveen la infraestructura que desarrolla el Ministerio de Obras Públicas, no se vean interrumpidos producto de las amenazas climáticas actuales y futuras, en un marco de resiliencia y blindaje climático preventivo. Esto en el sentido de construir infraestructura que reduzca el riesgo de desastres producto de las amenazas hidroclimáticas y a su vez incorpore medidas de mitigación ante el Cambio Climático.

2.1 Principios

Los principios que rigen el presente plan son:

- **Precautorio:** Considera que, en caso de riesgo de daños graves e irreversibles al medio ambiente o la salud humana, la ausencia de certeza científica absoluta no podrá servir de pretexto para postergar la adopción de medidas efectivas de prevención del deterioro ambiental. Se deberán tomar acciones para prevenir y reducir al mínimo las causas del Cambio Climático, mitigando sus efectos adversos. Cuando exista amenaza de daño grave o irreversible, no debe utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, teniendo en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al Cambio Climático requieren una buena relación coste/beneficio (ONU, 1992).
- **Flexibilidad:** Este principio se recoge del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, en el sentido que “el plan debe tener la capacidad para incorporar nuevas medidas en función de sus evaluaciones y lecciones aprendidas, como también de incorporar nuevos conocimientos científicos y necesidades. En este sentido, las regiones tendrán un rol importante dado que deberán generar sus programas específicos que incorporarán medidas contextualizadas a las realidades territoriales de cada región”. (MMA, 2017).
- **Resiliencia:** Contempla la capacidad de las personas, las comunidades o sistemas



**Cerro Castillo, Ruta 7 Sur
Región de Aysén**

que hacen frente a catástrofes o crisis a preservarse de los daños y recuperarse rápidamente. (FAO, 2017).

- **Gradualidad:** En el sentido que el cumplimiento de objetivos del plan deben ser logrados en forma progresiva, a través de las metas proyectadas, considerando la magnitud de las amenazas climáticas, los recursos y medios disponibles.
- **Sustentabilidad:** Entendida como la capacidad que tiene una sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación y sin comprometer el acceso a éstos por parte de las generaciones futuras. Aquí también puede hablarse de equidad intergeneracional en la toma de decisiones, considerando las dimensiones económicas, sociales y ambientales y la conservación del patrimonio natural y cultural (MMA, 2017).

2.2 Eje de Adaptación

El concepto de blindaje climático de la infraestructura pública deriva del contexto más amplio de desarrollo territorial que también incorpora e integra la Adaptación al Cambio Climático y la Gestión de Riesgos. Dicho concepto es acuñado por el PNUD⁴ el año 2010 y alude dentro de otros aspectos a enfrentarse a los riesgos climáticos presentes y futuros, y evitar las inversiones de alto riesgo que puedan desembocar en pérdidas catastróficas.

¿Por qué se requiere este “nuevo” enfoque?

La adaptación de la infraestructura contra los riesgos relacionados a la variabilidad y el Cambio Climático puede parecer un nuevo concepto, pero la ingeniería tradicionalmente ha tomado en cuenta las condiciones climáticas históricas en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de la infraestructura. En el pasado se le solía llamar «impermeabilización» o «protección frente a amenazas», u otras terminologías (o simplemente se le tomaba en cuenta sin nombrarlo siquiera).

Entre las medidas asociadas con el blindaje climático se incluyen las inversiones en material y equipo, las reformas de las políticas e instituciones (incluyendo las normas y los estándares de construcción) y el desarrollo de capacidades para el manejo de amenazas y riesgos potenciales asociados con el Cambio Climático y los desastres naturales, incluyendo los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y acciones de emergencia.

En el contexto del Cambio Climático de largo plazo, hay una gama de preocupaciones emergentes en el área de la infraestructura que deben ser conocidas por los encargados de la toma de decisiones. A diferencia de aquellos casos donde la recuperación de la inversión ocurre durante períodos relativamente cortos (por ejemplo, de uno a tres años), las inversiones en infraestructura pública, como embalses, acueductos, obras portuarias, usualmente tienen una expectativa de vida de varias décadas. En tales casos, quienes diseñan y planifican tendrán que anticipar las necesidades de adaptación no sólo frente a las amenazas actuales sino también a los riesgos y condiciones climáticas del mañana.

En esa línea, el recurso de consultar los registros de tiempos pasados como directrices para visualizar el futuro ya no es una opción viable, por cuanto será necesario un conjunto sofisticado de información para orientar las decisiones concernientes a la inversión en infraestructura, así como las determinaciones propias de la gestión. Las inversiones futuras en infraestructura tendrán que incorporar proyecciones científicas actualizadas de cómo las precipitaciones, los patrones de temperatura y vientos podrían cambiar, ya que éstos influenciarán la ubicación y operación de infraestructuras como plantas hidroeléctricas, autopistas y puentes, entre otras.



**Embalse Recoleta,
Región de Coquimbo**

⁴ En el blindaje climático convergen el concepto de GFDRR (Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de Desastres) del Banco Mundial y el principio de prevención de la UNFCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio, por sus siglas en inglés)

2.3 Eje de Mitigación

Según lo indicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), “la mitigación es una intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero”. La mitigación, junto con la adaptación al Cambio Climático, contribuye al objetivo expresado en el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):

“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al Cambio Climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”. (IPCC, 4:2014).

En el contexto internacional, Chile ha suscrito una serie de compromisos en este ámbito, siendo el último de ellos el firmado por la Presidenta de la República, Michelle Bachelet Jeria, ante la Asamblea General de las Naciones Unidas en diciembre del año 2015 y que en materia de mitigación al Cambio Climático está basado en el indicador “intensidad de emisiones en función del PIB”, cuya finalidad es desacoplar el crecimiento económico de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Esta propuesta considera opciones de mitigación en sectores no UTCUTS⁵ separadas de las del sector UTCUTS.

Sectores no UTCUTS:

a) Al año 2030, reducir en un 30% las emisiones de GEI —expresadas en CO₂ equivalente— por unidad de PIB, con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso.

b) Adicionalmente y condicionado a la obtención de aportes monetarios internacionales (grant), al año 2030 aumentar la reducción de emisiones GEI por unidad de PIB hasta alcanzar una disminución de entre 35% y 45% con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso.

Sector UTCUTS, a partir del año 2030:

- Chile se compromete al manejo sustentable y la recuperación de 100 mil hectáreas de bosque, principalmente nativo, que representará capturas y reducción de GEI en alrededor de 600 mil toneladas de CO₂ equivalente anuales; este compromiso fue



Camino Básico
Región de O'Higgins

⁵ Usos de la Tierra, Cambios en el Uso de las Tierras y Silvicultura; en inglés, LULUCF (Land Use, Land Use Changes and Forestry). (Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 2016).



condicionado a la aprobación de modificaciones de la Ley sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal.

- Chile se compromete a forestar 100 mil hectáreas, en su mayoría con especies nativas, que representarán capturas de entre 900 mil y 1,2 millones de toneladas de CO₂ equivalente anuales; este compromiso fue condicionado a la prórroga del Decreto Ley 701 y a la aprobación de una nueva Ley de Fomento Forestal.

Por ello y con objeto de contribuir al cumplimiento de los compromisos internacionales que Chile tiene en esta materia, busca añadir elementos de mitigación al Cambio Climático, además de incorporar la medición de la huella de carbono tanto en el área de construcción como de operación.

2.4 Eje Gestión del Conocimiento

A fin de acercarse a la problemática de los impactos del Cambio Climático en los servicios de infraestructura, el MOP ha realizado una serie de estudios prospectivos a través de fondos sectoriales, de otros organismos públicos (Ministerio del Medio Ambiente) e internacionales (Ver Ilustración 5). Fue así como en el año 2012 se realizó el primer estudio con fondos sectoriales, denominado “Enfoque Metodológico para Evaluar la Adaptación al Cambio Climático en la Infraestructura Pública del MOP”, a través del cual se identificó un enfoque metodológico que permitió contar con análisis de sensibilidad para evaluar la adaptación de los servicios de infraestructura al Cambio Climático.

Con dicho estudio, se estableció que la decisión para determinar a qué tipología de obras MOP era necesario incorporar elementos de adaptación de las obras de infraestructura está en función de la vida útil y los costos asociados a la generación de información climática futura. En la Ilustración 4 se presenta el enfoque metodológico que permite contar con una aproximación respecto de a cuál de las obras de infraestructura que ejecuta el MOP es conveniente y recomendable efectuar análisis de Cambio Climático.

Otro estudio importante que permitió avanzar en la comprensión del fenómeno del Cambio Climático en los servicios de infraestructura fue financiado por el gobierno de Canadá el año 2013, denominado “Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático” y que consistió básicamente en efectuar una propuesta metodológica para la incorporación de este fenómeno en el diseño de obras portuarias, embalse y puertos. Utilizando como casos pilotos el embalse de Valle Hermoso, el puente sobre el Río Mataquito y el Puerto de Valparaíso.

Finalmente, el año 2014 se realizó el estudio “Propuesta de Portafolio de Medidas para Elaborar el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Infraestructura”,

desarrollado por el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con fondos del Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se presentaron una serie de medidas que aúnan el conocimiento recabado en los diagnósticos anteriores.

Todos los estudios referidos, fueron insumos de vital importancia para la construcción del presente plan.

Además de los estudios referidos anteriormente, a través de la SEMAT se efectuaron a partir del año 2010 una serie de capacitaciones con exposiciones y planteamientos de expertos del mundo académico y sector público.

ILUSTRACIÓN 5

Estudios realizados en Cambio Climático en torno a Infraestructura y Agua

 INFRAESTRUCTURA	 RECURSOS HÍDRICOS
▶ Medición de la Huella de Carbono del Edificio MOP. Fundación Chile, 2011. ▶ Enfoque Metodológico para Evaluar la Adaptación al Cambio Climático en la Infraestructura Pública del MOP. SEMAT-2012, ejecutado por el CCCG-UC. ▶ Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. CCCG-UC, 2013. ▶ Propuesta de un Portafolio de Medidas para Elaborar el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Infraestructura. MMA elaborado por CCCG-UC, 2014.	▶ Plan de Acción para la Conservación de Glaciares ante el Cambio Climático. DGA, 2012. ▶ Variaciones Recientes de glaciares en respuesta al Cambio Climático: San Rafael, Nef y Colonia. CHN. DGA/Glaciología y Nieves. DGA, 2012. ▶ Análisis de los Procedimientos y Metodologías de la Dirección General de Aguas para la Adaptación al Cambio Climático. Fondos del MMA, ejecutado por Eridanus, 2013. ▶ Seguridad Hídrica en un Contexto de Cambio Climático. Fondos del MMA, elaborado por la U. de Chile-Agrimed. 2016.

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Caracterización de Servicios de Infraestructura

Finalmente, cabe destacar que los servicios de infraestructura corresponden tanto a las funcionalidades como a las prestaciones que una obra pública debe proveer durante su fase de operación. Entendiéndose las funcionalidades como los principales propósitos de la obra, se definen los siguientes servicios por tipología de obras MOP.

El Ministerio de Obras Públicas es la secretaría de Estado encargada de planear, estudiar, proyectar, construir, ampliar, reparar, conservar y explotar la infraestructura

pública de carácter fiscal, que esté bajo su tuición, a lo largo del país. Entre las obras que tiene a cargo se incluyen caminos, autopistas, puentes, túneles, aeropuertos y aeródromos, infraestructura portuaria y costera, además de embalses de riego, defensas fluviales, colectores de agua lluvia y agua potable rural. Su Misión también considera lo referido a la nueva edificación pública y la puesta en valor de las construcciones ya existentes que tienen un carácter patrimonial.

Dentro de sus facultades legales, el MOP es responsable de la aplicación de la Ley de Concesiones y del Código de Aguas. Puede actuar por mandato, como responsable del estudio, la proyección, construcción, ampliación y reparación de obras que le encarguen los ministerios que por ley tengan facultad para construir obras. Esto incluye a las instituciones o empresas del Estado, las sociedades en que el Estado tenga participación, Gobiernos Regionales y Municipalidades (DFL 850, 1997).

Con el mandato otorgado por la ley, referida en el párrafo anterior, el MOP contempla dentro de su Misión la protección del territorio y las personas, así como el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, todo ello en un marco de sustentabilidad.

Sin duda, la infraestructura juega un rol importante en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, así como también ayuda a disminuir las inequidades territoriales y sociales, pues genera un incremento del crecimiento económico con innovación y mejora la competitividad para lograr un país con desarrollo equilibrado (MOP, 2014).

Misión del Ministerio de Obras Públicas

Recuperar, fortalecer y avanzar en la provisión y gestión de obras y servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos; asegurando la provisión y cuidado de los recursos hídricos y del medio ambiente, para contribuir en el desarrollo económico, social y cultural, promoviendo la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades de las personas.

(Fuente: www.mop.cl)

2.5.1 Dirección de Obras Hidráulicas

Los productos estratégicos que provee la Dirección de Obras Hidráulicas son:

1. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Riego
 - Embalses.
 - Pozos para riego.
 - Piscinas de recarga artificial.
 - Canales de regadío.
2. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias
 - Colectores primarios de aguas lluvias.
 - Planes maestros de aguas lluvias.
3. Servicios de Infraestructura Hidráulica de Control Aluvional y de Manejo de Cauces
 - Defensas fluviales.
 - Encauzamiento de riberas.

Misión Institucional

Proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas, mediante un equipo de trabajo competente, con eficiencia en el uso de los recursos y la participación de la ciudadanía en las distintas etapas de los proyectos, para contribuir al desarrollo sustentable del país.

(Fuente: www.doh.gov.cl)

- Control aluvional.
- Revisión técnica en la definición de deslindes de cauces.
- Planes maestros de obras de manejo de cauces.
- Entrega visación técnica para la extracción de áridos en cauces.

4. Servicio de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural en Localidades Concentradas y Semiconcentradas

- Sistemas de Agua Potable Rural.
- Asesoría en materias comunitarias, técnicas, administrativas y contable a los servicios de agua potable rural existentes.

2.5.1.1 Infraestructura Hidráulica de Riego

La Dirección de Obras Hidráulicas tiene entre sus funciones la construcción de nuevos embalses y su supervisión; construcción de nuevos canales de regadío y entubamiento; mejoramiento de canales y obras de arte, y la construcción de pozos, entre otros.

Dentro de las obras de infraestructura asociadas a riego, se distinguen en el Manual de Drenaje Urbano de la DOH (2013) las siguientes obras:

- **Obras para captación de agua:** Aquellas que permiten extraer los recursos desde su nacimiento y para su uso en riego, agua potable, industria y otros. Incluye la inversión en pozos para captar las aguas subterráneas, reparación o reemplazo de represas, construcción de muros de contención y otras.
- **Obras de derivación de agua:** Embalses de carácter permanente en las aguas de los ríos o tramos de canales.
- **Obras de conducción:** Para la captura o desviación de las obras de regulación y conducción del agua hasta las obras de distribución (por ejemplo, sellado o reparación del canal principal).
- **Redes de distribución:** Canales secundarios y terciarios que llevan el agua de un canal matriz hasta las áreas de demanda; su objetivo es distribuir adecuadamente el agua entre los sectores por medio de medidores y compuertas para cumplir con el calendario de producción (además de canales, incluye divisores, metros, puertas, cámaras y equipos de medida de caudales).
- **Obras de regulación:** Permiten la reserva de las aguas que fluyen durante los períodos cuando no esté en uso para utilizarlas cuando hay un déficit. Dentro de esta categoría se incluyen la regulación de los diques o presas nocturnas.

En relación al proceso de planificación de estas tipologías de obras, existe una instancia a nivel estratégico para determinar la necesidad de la infraestructura. Para ello, se realiza una planificación macro que incluye procesos de consulta a actores claves como: Gobierno Regional, organizaciones de usuarios y canalistas, entre otros, proceso que es liderado por Dirección de Planeamiento y que ha derivado en



**Laguna Icalma,
Región de la Araucanía**

Planes Regionales de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico, cuyo horizonte es al año 2021, así como la Agenda Infraestructura Desarrollo e Inclusión Chile 30/30 y Plan Chile 30/30, que se encuentra en proceso de validación final. Estos planes definen la carta de navegación deseable para que la infraestructura pública sea un habilitador del desarrollo de cada territorio regional y son el primer esfuerzo del Ministerio de Obras Públicas por trabajar planes integrales en la escala regional. Sin embargo, existen obras que superan ampliamente dicho horizonte, como es el caso de los embalses cuya vida útil puede ser hasta de 100 años.

Cabe destacar que la etapa de operación del embalse es traspasada a los usuarios (regantes, generadores de electricidad o sanitarias), quienes generan manuales para su uso en base a condiciones hidrológicas históricas.

2.5.1.2 Infraestructura Hidráulica de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

En Chile, el drenaje urbano es regulado desde 1997 por la Ley N° 19.525 que “Regula Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias”. A grueso modo, los alcances de esta ley son los siguientes:

- “El Estado velará por que en las ciudades y en los centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias (AA.LL.) que permitan su fácil escurrimiento y disposición”, con objeto de “impedir el daño que éstas puedan causar a las personas, a las viviendas y, en general, a la infraestructura urbana.
- Los sistemas de drenaje (especificados como “sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias”) se separan en la red primaria y la red secundaria. La planificación,

estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria corresponderá al MOP. La red secundaria estará a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) a quien le corresponderá, directamente, su planificación y estudio y, a través de los Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIU), la proyección, construcción, reparación y mantención de la misma. Las actividades del MINVU en drenaje urbano y la red secundaria deben estar en concordancia con el respectivo plan maestro y con las normas que al respecto dicte el MOP.

- Se encomienda al MOP el desarrollo de Planes Maestros (PMs) para los centros poblados de más de 50.000 habitantes. El PMs definirá la red primaria y, por exclusión, la red secundaria quedará conformada por los elementos no considerados. Estos PMs, así como la coordinación de las actividades de drenaje deben considerar la situación de las cuencas hidrográficas. El PMs debe ser aprobado por Decreto Supremo firmado por el MOP y el MINVU. Actualmente sólo 16 de los Planes Maestros ejecutados cuentan con decreto de aprobación.

**Balneario de Tongoy,
Región de Coquimbo**



- Las urbanizaciones están obligadas a contar con una red de colectores sólo una vez aprobado el PM de la correspondiente área. Asimismo, los sumideros conectados a redes de aguas servidas tendrán cinco años para ser reconectados a la red de colectores una vez ésta exista.

Para cumplir con el cometido indicado por la Ley N° 19.525, la Dirección de Obras Hidráulicas, a través de sus departamentos de Proyectos y de Construcción de Sistemas de Aguas Lluvias y de las 15 Direcciones Regionales, desarrolla las siguientes acciones:

- Planes Maestros: Que corresponde al estudio del drenaje de una ciudad o localidad para planificar, en un horizonte de largo plazo (típicamente 30 años), las soluciones de aguas lluvias requeridas, definiendo la red primaria.
- Estudios de Factibilidad, Diseños de Ingeniería Definitiva y Revisiones Técnicas de Proyectos Externos de Red Primaria: Que corresponden a soluciones técnicas específicas en la red primaria para resolver los problemas de drenaje urbano de una zona, de la manera más económica y eficiente posible.
- Obras de Evacuación de Aguas Lluvias: Construcción de las obras proyectadas.
- Conservación y Mantenimiento de la Red Primaria: Mantenimiento de las obras construidas.

El objetivo de éstas es principalmente mitigar los problemas generados por las inundaciones que se traducen en riesgos para la población, para las viviendas, el equipamiento, y la infraestructura, y que generan perjuicios económicos:

En los casi 15 años de vida de Ley 19.525, la DOH desarrolló los PMs encomendados para ciudades con 50.000 habitantes o más. Éstos involucran un horizonte de estudio de 30 años y contienen estudios básicos de hidrología, hidráulica y el análisis de las alternativas de solución consideradas para cada sistema primario, incluyendo las correspondientes evaluaciones socioeconómicas de estas alternativas y una priorización de las soluciones propuestas. Hasta el año 2012 se han desarrollado 33 PMs que abarcan una cantidad mayor de ciudades (más del 80% de la población nacional). (MOP, 2012).

En estos PMs, se han definido como redes primarias a todas aquellas vías superficiales y subterráneas que conducen o controlan la escorrentía principal de la ciudad. Como parte de esa red primaria se han incluido a los cauces naturales que atraviesan la zona urbana, exceptuando aquellos asociados a cuencas grandes, como por ejemplo los ríos Biobío y Mapocho. También se incluyen quebradas, canales, lagunas o estanques de regulación, obras de retención de sedimentos y colectores que drenan áreas públicas mayores a determinado diámetro (del orden de los 600 mm), o sección rectangular equivalente y mayores a cierta longitud. Además, se ha definido como parte de la red primaria los colectores unitarios, en algunos casos, de forma independiente de su sección.

2.5.1.3 Obras de Manejo de Cauce

Entre las obras de manejo de cauces se incluyen las de defensa y protección de riberas, defensas longitudinales, espigones, obras de protección en estribos de puentes y de control aluvional (DOH, 2012).

A nivel de planificación, la DOH realiza estudios denominados Planes de Manejo de Cauces (PMC) en los cauces naturales, los cuales elaboran un análisis integral del cauce, considerando aspectos hidráulicos y de mecánica fluvial. Como resultado de lo anterior, dichos diagnósticos identifican los terrenos inundables o erosionables ante crecidas del cauce en estudio y de acuerdo a ello propone soluciones no estructurales, como restricciones al uso de suelo o identifica posibles obras de defensas fluviales para aquellos sectores con infraestructura o poblacionales; propone medidas para regular la explotación sustentable de los áridos del lecho del río y, de corresponder, entrega criterios para futuros estudios de fijación de los deslindes de las propiedades aledañas. (recuperado de: http://www.doh.gov.cl/publicacionesyestudios/Documents/Obras_de_manejo_de_Cauces.pdf)

En resumen, se abordan aspectos de manejo de cuencas y la planificación territorial de zonas de riesgo, entre otras acciones.

La DOH es el organismo responsable de las etapas de pre-factibilidad, factibilidad, diseño y ejecución. Por lo general, las obras son licitadas a terceros, basando el desarrollo de estas etapas en Términos de Referencia (TDRs). Si bien la metodología de evaluación del Sistema Nacional de Inversiones (SNI) establece usar un horizonte de evaluación no mayor a 30 años, las características técnicas de realizar obras de este tipo son menos complejas que para otras obras aquí analizadas (Por ejemplo, embalses), de menor costo y a su vez más flexibles, por lo que es poco probable que los horizontes realmente utilizados superen los 10 años. Las obras de control aluvional pueden ser la excepción a esto último, debido a un mayor trabajo de ingeniería y costo asociado.

Dado el corto horizonte de evaluación con que, por lo general, son planificadas las obras que caen en esta categoría, evaluar una posible incorporación de proyecciones de Cambio Climático sobre sus procedimientos no parece lógico. La flexibilidad asociada a obras pequeñas permite que sus potenciales limitaciones como producto de un clima en vías de cambio puedan ser abordadas en la medida en que exista un mejor reconocimiento de estos cambios.



Servicio de Agua Potable Rural Isla Santa María, Región del Biobío

2.5.1.4 Sistema de Agua Potable Rural

Los sistemas de Agua Potable Rural (APR) son aquellos que se prestan en zonas no urbanas, definidas por el plan regulador de cada comuna. El desarrollo de sistemas de APR se enmarca en el Programa de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, el cual depende de los fondos de Iniciativa de Inversión (ex ISAR), los cuales son anualmente entregados a la DOH. Cada año, la DOH informa a los Gobiernos Regionales los proyectos posibles de ser ejecutados, los que, a su vez, y mediante sus respectivos consejos priorizan esta lista de proyectos para su posterior ejecución.

Los Planes Regionales de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico incorporan el proceso estratégico de decisión respecto a la construcción de sistemas de APR. En estos planes regionales se genera un diagnóstico de la situación actual relativa a sistemas de Agua Potable Rural, así como también las brechas y la proposición de proyectos estratégicos para superarlas.

El desarrollo de la etapa de pre-factibilidad de un proyecto en particular es adjudicado a terceros mediante los Términos de Referencia correspondientes. En general, los productos de la etapa de pre-factibilidad deben estar en concordancia con lo señalado por el SNI para proyectos de Agua Potable Rural (Metodología de Proyectos de Agua Potable Rural – Ministerio de Desarrollo Social). El organismo demandante para el desarrollo de esta etapa suele ser el Ministerio de Obras Públicas mediante la Dirección de Obras Hidráulicas. En ocasiones, el organismo demandante es directamente la municipalidad de la comuna en la que existe el requerimiento del estudio. El objetivo general de esta etapa de pre-factibilidad es disponer física (cuando corresponda) y legalmente de una fuente de abastecimiento de agua, que garantice el caudal necesario para satisfacer la demanda de la comunidad a beneficiar, con la operación del Sistema de Agua Potable a construir y todos los antecedentes para la posterior postulación de la etapa de diseño del proyecto, en los términos requeridos por el Sistema Nacional de Inversión Pública, a financiamiento con recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR).

Misión Institucional

Ser proveedores de Infraestructura Vial con estándar de calidad y eficiencia, aumentando la cobertura de kilómetros pavimentados y caminos básicos, manteniendo en estado adecuado los caminos de la Red Vial Nacional. (www.vialidad.cl)

2.5.2 Dirección de Vialidad

La Dirección de Vialidad se plantea como objetivos estratégicos:

1. Impulsar la planificación integral de la infraestructura vial.
2. Mejorar la conectividad del territorio nacional, disminuyendo la red vial no pavimentada.
3. Mantener en estado adecuado las vías pavimentadas para circulación y transitabilidad vial.
4. Alcanzar un eficiente uso de los recursos en la provisión de infraestructura vial.
 - Puentes.
 - Proyectos viales interurbanos.



La Zaranda
Región de Aysén

2.5.2.1 Puentes/Proyectos Viales

La Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas es el organismo central que dirige el desarrollo de infraestructura vial y puentes, desempeñando un rol fundamental en todas las etapas del ciclo de vida de los correspondientes proyectos (planificación, proyección, construcción, conservación y explotación). Cabe destacar que en el caso particular de puentes, existe el Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad, que propone y aplica las normas y especificaciones técnicas a la construcción y conservación de éstos, a la vez que revisa y supervisa su construcción y los correspondientes programas de rehabilitación y conservación.

En la Ilustración 14 del Anexo II, se identifica el rol de esta Dirección en conjunto con otros organismos que participan en el ciclo de vida de las obras, básicamente son la Dirección de Planeamiento del MOP (DIRPLAN) y los Gobiernos Regionales, los que interactúan en la etapa de planificación, y el Ministerio de Desarrollo Social, el cual participa en las etapas de factibilidad y diseño mediante la metodología de evaluación socioeconómica de proyectos. La Figura 16 también identifica los documentos y/o procedimientos asociados a cada etapa del ciclo de vida, cuyos horizontes de planificación se definen en la Tabla 4 del Anexo II, la que también define posibles incorporaciones de la temática del Cambio Climático.

A nivel de la planificación, el rol de la DIRPLAN es asesorar en la planificación y priorización de planes de estudios, proyectos y ejecución de infraestructura de acuerdo a las necesidades del país, los programas gubernamentales y las estrategias regionales de desarrollo elaborada por los Gobiernos Regionales. El instrumento tradicional utilizado para este fin es el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico, así como la Agenda Infraestructura Desarrollo e Inclusión Chile 30/30 y Plan Chile 30/30, que se encuentra en proceso de validación final. Este documento incorpora una evaluación de los recursos hídricos por lo que potencialmente se podría considerar para su elaboración escenarios climáticos futuros.

El Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad es el documento central en torno al cual se estructura el resto del ciclo de vida de obras viales (desde la definición del perfil de éstas hasta su operación y mantención). Este documento de carácter normativo guía las diferentes acciones de la Dirección y entrega políticas, criterios, procedimientos y métodos asociados con proyectos viales que guardan relación con la planificación, estudio, evaluación, diseño construcción, seguridad, conservación, calidad y gestión ambiental. Es un documento de gran relevancia dado que debe ser seguido por proyectistas, constructores y todos aquellos que desarrollen trabajos para la Dirección de Vialidad o estén supervisados por ésta. Su relevancia se acrecienta aún más ya que uniformiza y sistematiza, dentro de lo posible, criterios y procedimientos.

El Manual de Carreteras identifica distintas etapas y especialidades involucradas en el desarrollo de proyectos viales, definiendo capítulos específicos para cada una de

ellas. Tres volúmenes fundamentales son el de Procedimientos de Estudios Viales (Capítulo Vol. 2), el de Instrucciones y Criterios de Diseño (Capítulo Vol. 3) y el de Estudios y Criterios Ambientales en Proyectos Viales (Vol. 9). En estos capítulos se tratan los temas principales sobre la relación clima-agua-infraestructura vial. Por un lado, se presentan los estudios básicos de hidrología, hidráulica y transporte de sedimentos para estudios viales, y por el otro se presentan los criterios de drenaje, saneamiento, mecánica e hidráulica fluvial, así como los riesgos y protección frente a avalanchas de nieve y el diseño de puentes y estructuras afines. Asimismo, en el Vol. 9 (actualmente en actualización), se incluirán aspectos relacionados con el Cambio Climático y la sustentabilidad. Todas estas temáticas tienen una potencial relación con aspectos de este fenómeno.

En lo referido a los estudios básicos de hidrología, el diseño de infraestructura vial utiliza una serie de herramientas y metodologías basadas en el supuesto de estacionalidad de las variables hidro-meteorológicas. Éstas incluyen principalmente: (1) el análisis de frecuencia y ajuste de distribuciones de probabilidad para la estimación de magnitudes y periodos retorno asociados, así como del riesgo adoptado en el diseño, (2) la construcción de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) que permiten definir intensidades de precipitación para distintas duraciones y probabilidades de ocurrencia y (3) la definición de tormentas de diseño, las que se utilizan en los métodos lluvia-esorrentía para la estimación de crecidas en cauces no instrumentados, así como las velocidades y alturas de escurrimiento. Dado que la gran mayoría de estos métodos asumen un periodo de retorno de la crecida igual al de la precipitación que la origina, las propiedades del análisis probabilísticos de las lluvias se propagan en las estimaciones de los caudales para el diseño y análisis de obras.

2.5.3 Dirección de Obras Portuarias

Sus objetivos estratégicos son:

- Contribuir al desarrollo del potencial económico del país para el turismo, comercio exterior, cabotaje y pesca, con visión integradora y de largo plazo, a través de la provisión de servicios de infraestructura portuaria.
- Contribuir al desarrollo humano y mejorar la calidad de vida, integrando zonas aisladas, protegiendo las zonas ribereñas en riesgo por la acción de las mareas y el oleaje, y generando espacios públicos costeros, a través de la provisión de servicios de infraestructura portuaria de conectividad, de borde costero marítimo, fluvial y lacustre, y de protección de ribera.
- Lograr estándares de eficiencia en el uso de los recursos para la provisión de servicios de infraestructura portuaria y costera, marítima, fluvial y lacustre, y de protección de ribera, a través de la aplicación de planes de conservación de obras.

Estos objetivos se concretan a través de los siguientes programas:

Playa Pucará,
Región de la Araucanía



Misión Institucional

La Dirección de Obras Portuarias tiene como misión proveer a la ciudadanía servicios de Infraestructura Portuaria y Costera, Marítima, Fluvial y Lacustre necesarios para el mejoramiento de la calidad de vida, el desarrollo socioeconómico del país y su integración física nacional e internacional.

(www.dop.cl)

2.5.3.1 Infraestructura de Mejoramiento del Borde Costero

Contribuye al desarrollo social, de recreación y turismo, a través de la provisión de servicios de infraestructura en el borde costero, fluvial y lacustre.

2.5.3.2 Infraestructura Portuaria de Conectividad

Asegura la conectividad marítima de zonas aisladas y el intercambio modal de transporte marítimo-terrestre.

2.5.3.3 Infraestructura Portuaria de Ribera

Mejora los estándares de protección de la ciudadanía de zonas ribereñas, marítimas y fluviales en riesgo por la acción de mareas y oleaje, a través de la provisión de servicios de infraestructura de protección de ribera.

2.5.3.4 Infraestructura Portuaria para Turismo y Deportes Náuticos

Facilita el turismo nacional e internacional, a través de la provisión de infraestructura portuaria adecuada a los estándares internacionales de esta industria.

2.5.3.5 Infraestructura Portuaria Pesquera Artesanal

Mejora las condiciones de productividad, operación, seguridad, higiene y turismo asociado a la actividad pesquera artesanal.

Actualmente, la Dirección de Obras Portuarias es la encargada de planificar, proyectar y construir la infraestructura portuaria y costera, ejecutando las obras establecidas en el sistema nacional de inversión pública, a través de estudios propios o encargados a terceros a nivel de consultorías. Un aspecto importante abordado por esta dirección tiene que ver con la supervisión y fiscalización de obras definiendo las normas técnicas respecto de desarrollos portuarios y verificando que éstas cumplan con el proyecto aprobado.

A nivel de planificación, la DOP y la DIRPLAN son los encargados de definir los planes de infraestructura que dan origen a los lineamientos para los desarrollos de infraestructura portuaria y costera. En las siguientes etapas del ciclo de vida de un proyecto, es la DOP la encargada de desarrollar el proyecto y el Ministerio de Desarrollo Social el encargado de evaluarlo. La DOP elabora un perfil de proyecto que puede dar origen a los Términos de Referencia para los estudios de pre-factibilidad en el caso de tratarse obras de importancia mayor complejidad ya sea por factores territoriales, envergadura u otros, o pasar directamente a la fase de diseño para obras menores o de poca menor complejidad.

Cabe destacar, que los proyectos consideran la optimización en el uso de los recursos, eficiencia energética, uso de energías limpias, inclusión de ciclovías y áreas

Misión Institucional

Dotar al país de servicios de Infraestructura Aeroportuaria, asegurando estándares de calidad, seguridad y eficiencia, para la satisfacción de las necesidades de los diversos actores del sistema de transporte aéreo, contribuyendo al desarrollo económico sustentable y a la competitividad del país, y a mejorar la conectividad, la integración territorial, la equidad y calidad de vida de las personas.
(www.aeropuertos.gov.cl)

verdes en el caso de los proyectos de borde costero con visiones locales, entre otros criterios ambientales de diseño que permiten mitigar la emisión de gases efecto invernadero.

2.5.4 Dirección de Aeropuertos

Sus objetivos estratégicos son:

- Construir, conservar y/o mejorar la infraestructura aeroportuaria nacional de uso público a través de financiamiento estatal, aportes o a través de entes privados mediante el Sistema de Concesiones.
- Administrar el Programa de Pequeños Aeródromos orientándolo a las zonas aisladas o apartadas de los grandes centros urbanos, a aquellas zonas donde se requiere hacer soberanía y en aquellos Pequeños Aeródromos que se justifiquen por demanda.

2.5.5 Dirección de Arquitectura

Sus objetivos estratégicos son:

- Contribuir al desarrollo humano, social y cultural, de comunidades y ciudades, mejorando la calidad de vida de las personas y la equidad a través de la provisión de servicios de edificación pública, el arte y la puesta en valor del patrimonio arquitectónico y urbano.
- Contribuir al resguardo medioambiental para el beneficio de las personas a través de la provisión de servicios de edificación pública, el arte y la puesta en valor del patrimonio arquitectónico y urbano que cumplan con las políticas y normativas medioambientales.
- Lograr estándares de eficiencia en el uso de los recursos para la provisión de servicios con equidad de edificación pública, el arte y la puesta en valor del patrimonio arquitectónico y urbano.

Para lo anterior, desarrolla los siguientes productos estratégicos:

- Servicios de Edificación Pública: La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas se desempeña operativamente en la supervisión, ejecución e inspección de la Edificación Pública, actuando por mandato de distintas instituciones del Estado.
- Obras de Arte asociadas a la infraestructura pública.
- Servicios de Edificación Pública Patrimonial: Como un promotor excepcional de la

Misión Institucional

Proveer y conservar la Edificación Pública requerida, para favorecer la competitividad y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, a través de acciones realizadas por el MOP o por mandato de otras instituciones del Estado.
(www.arquitectura.mop.cl)

Misión Institucional

Proponer a la autoridad ministerial las políticas, planes y programas de desarrollo y recuperación de servicios de infraestructura; para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo y de manejo de los recursos hídricos; que orienten y establezcan las decisiones de inversión, basándose en un conocimiento e información territorial y sectorial integrada, considerando los lineamientos estratégicos de la autoridad, realizando la gestión presupuestaria y el seguimiento de la inversión y planes, buscando con ello responder a las necesidades del desarrollo sustentable del país. (www.dirplan.cl)

puesta en valor de la edificación pública histórica en Chile, se crea el Departamento de Patrimonio en el año 1976.

Entre sus principales líneas de trabajo, este departamento se ha preocupado de gestionar declaratorias de monumentos nacionales, formular proyectos de inversión en las regiones, generar instancias de convocatoria al sector privado, realizar talleres y seminarios de capacitación y elaborar acciones y material de difusión. Todo esto ha contribuido a generar adhesión y compromiso de parte de diversos actores con el patrimonio arquitectónico a nivel nacional.

2.5.6 Dirección de Planeamiento

Sus objetivos estratégicos son:

- Impulsar el desarrollo productivo y social del país, a través de la provisión de políticas, planes y programas para el desarrollo y recuperación de servicios de infraestructura de acuerdo a la planificación integrada, con una gestión colaborativa, transversal, eficiente, eficaz y cercana a la ciudadanía.
- Contribuir al mejoramiento de la calidad de la ejecución presupuestaria ministerial a través de la gestión presupuestaria y el seguimiento de las inversiones y sus planes.
- Contribuir a la toma de decisiones en materia de planificación y gestión sectorial y territorial, de usuarios internos, externos, públicos y privados, a través de la provisión y difusión de la información territorial ministerial con calidad, accesibilidad, interoperabilidad, oportunidad y confiabilidad.

**Puerto Terrestre Los Andes,
Región de Valparaíso**



2.5.7 Coordinación de Concesiones

En el marco de una asociación público-privada y amparada en las políticas de equilibrio presupuestario, descentralización, medio ambiente, participación ciudadana e inversión de infraestructura pública, la Coordinación de Concesiones tiene entre sus funciones proponer al Ministerio de Obras Públicas:

- La aceptación o el rechazo de las ideas de iniciativa privada de concesión presentadas por particulares, en virtud de lo establecido en el artículo 2º de la Ley de Concesiones.
- La programación de los procedimientos de licitación para la contratación de estudios, proyectos y ejecución de obras públicas fiscales a través del Sistema de Concesiones.
- Las condiciones administrativas y económicas a las que se sujetarán los procesos de licitación, para el otorgamiento a concesión de las obras públicas fiscales, de acuerdo a la normativa vigente.
- Las normas de fiscalización de los contratos de concesión, según la normativa vigente.
- Las modificaciones que sean necesarias incorporar a los contratos de concesión en construcción u operación, en virtud de lo establecido en la normativa vigente.

Misión Institucional

Proveer, resguardar y mejorar las obras y servicios de Infraestructura Pública, dentro del marco de la asociación público-privada. De esta manera, la institución impulsa el desarrollo económico, social, cultural, sustentable y equitativo del país, promoviendo la integración territorial para una mejor calidad de vida. (www.concesiones.cl)

2.5.8 Instituto Nacional de Hidráulica

El INH como único instituto tecnológico público que dispone el MOP, cuenta con capital humano y tecnológico que le permite desarrollar estudios de alta complejidad, orientados a dar respuestas a los requerimientos de la infraestructura.

El INH es una corporación de derecho autónomo que realiza estudios e investigación aplicada, prestando además servicios en el ámbito de calibración de instrumentos de medición.

Para el desarrollo de sus estudios utiliza modelado físico a escala y modelado numérico, realizando la caracterización de terreno mediante equipos propios, operados por especialistas que forman parte de su equipo humano. Como criterio general, el instituto trabaja en alianza con la academia principalmente en estudios poco convencionales, y establece alianzas con otras entidades científicas del país.

El Instituto Nacional de Hidráulica presta servicios a las distintas Direcciones Operativas del MOP, principalmente las Direcciones de Obras Hidráulicas, Obras Portuarias y de Planeamiento, además de la Dirección General de Aguas.

Misión Institucional

Desarrollar estudios e investigación aplicada de proyectos de infraestructura hidráulica, con un enfoque integral y criterios sustentables, contribuyendo con ello a dar respuestas a los desafíos del país. (www.inh.cl)



Arica, Región de Arica y Parinacota



3. PLAN DE ACCIÓN DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Incorporación de la problemática de Cambio Climático en los servicios de infraestructura que provee el Ministerio de Obras Públicas, a fin de adaptarse a los cambios hidrometeorológicos futuros en un marco de resiliencia y sustentabilidad, además de contribuir a mitigar la generación de gases de efecto invernadero en las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos.

3.1.2 Objetivos Específicos

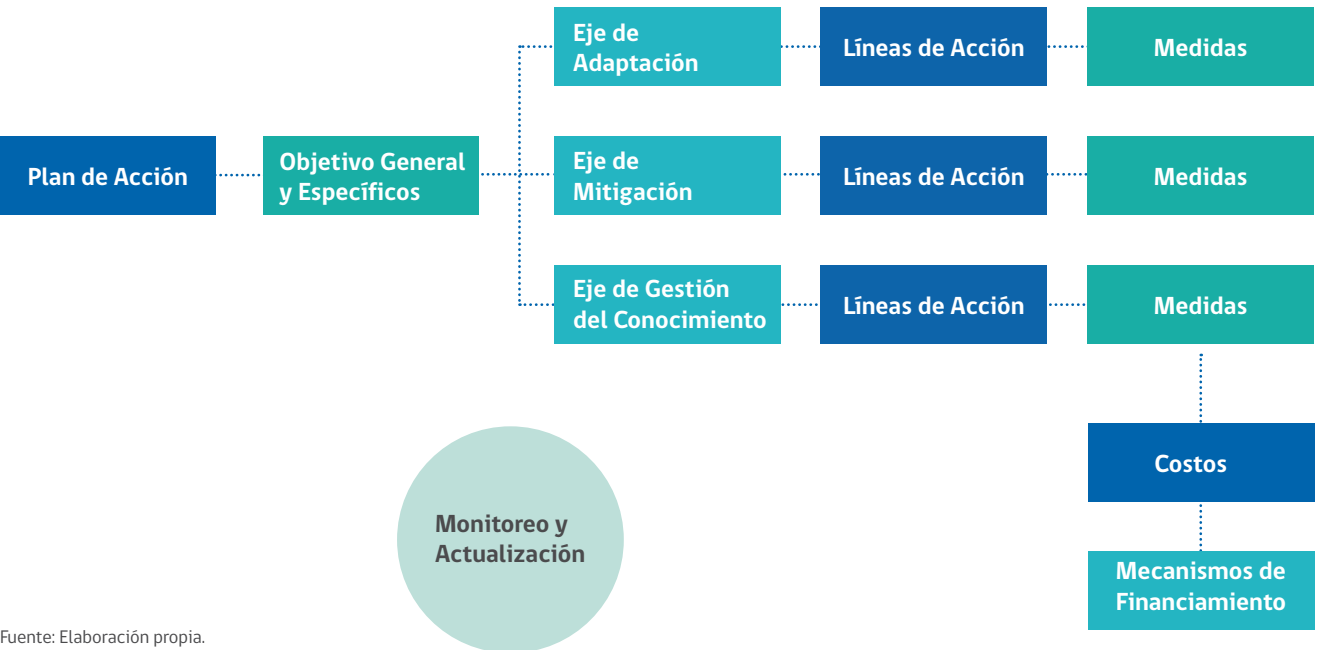
- Adaptar los servicios de Infraestructura a los impactos proyectados por Cambio Climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo, diseñando y construyendo infraestructura resiliente.
- Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en carbono.
- Generar capacidades e institucionalidad en materia de Cambio Climático en el MOP, en las áreas de adaptación y mitigación.

3.2 Estructura del Plan

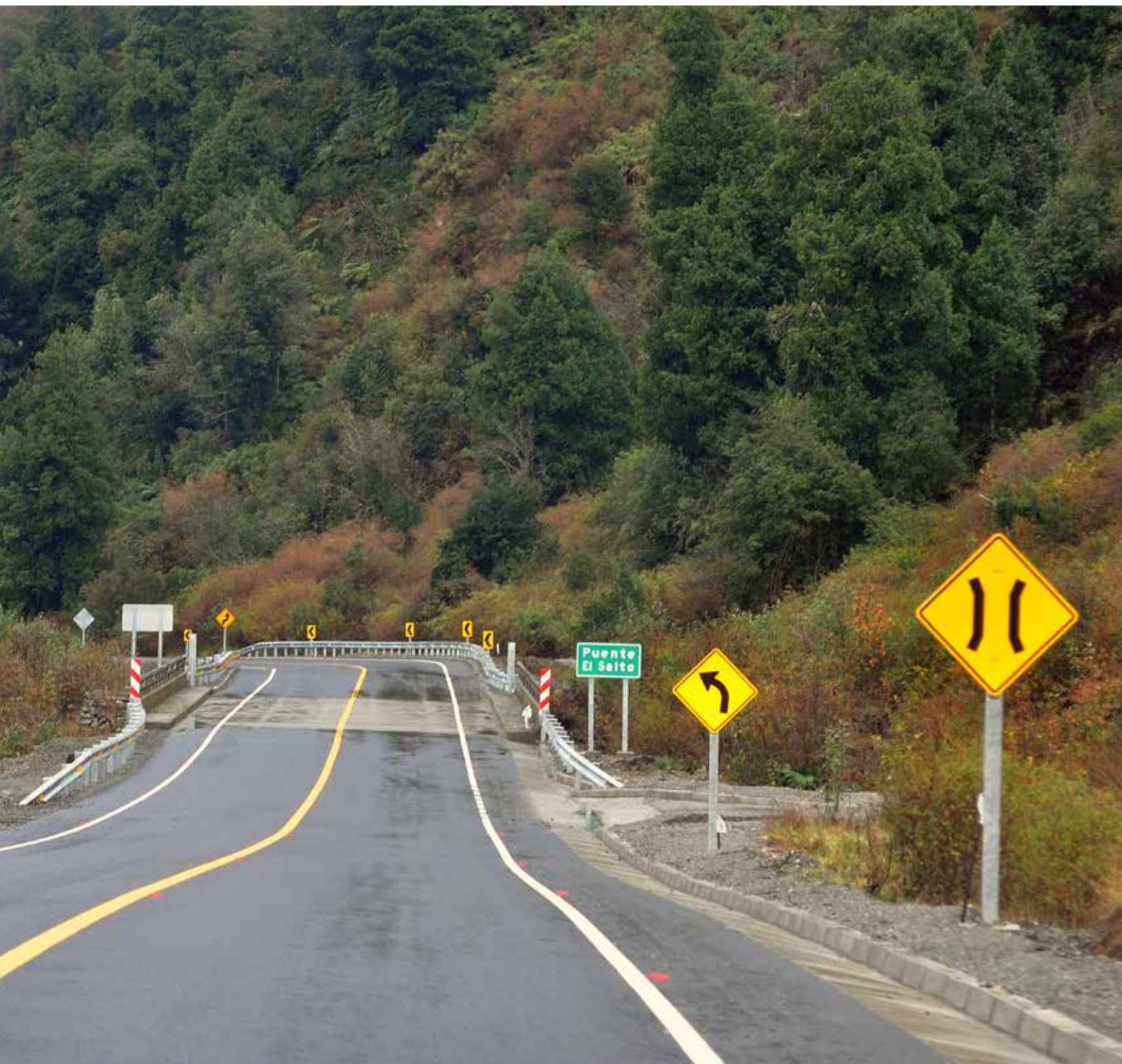
El plan se articula en torno a tres ejes temáticos: Adaptación, Mitigación y Gestión del Conocimiento. Cada uno de ellos, con sus respectivas medidas. Acorde a la siguiente Ilustración:

ILUSTRACIÓN 6

Estructura del Plan



Fuente: Elaboración propia.



Ruta 7 Norte, Pavimentación Puente el Salto, Región de Aysén

Eje de Adaptación al Cambio Climático

Objetivo Específico 1

Adaptar los servicios de infraestructura a los impactos proyectados por Cambio Climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo.

LINEA DE ACCIÓN 1 Cambios metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de infraestructura.	MEDIDA 1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo. MEDIDA 2: Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío. MEDIDA 3: Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras. MEDIDA 4: Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico. MEDIDA 5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas.
LINEA DE ACCIÓN 2 Monitoreo de amenazas.	MEDIDA 6: Mejoras en monitoreo en disponibilidad de recursos hídricos: Ampliar la densidad de estaciones en glaciares, cuenca y sub-cuencas de zonas con cobertura de nieve. MEDIDA 7: Mejoras en monitoreo de caudales extremos. MEDIDA 8: Mejoras en monitoreo de amenazas costeras.
LINEA DE ACCIÓN 3 Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura.	MEDIDA 9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales. MEDIDA 10: Incorporación de monitoreo semi-continuo del impacto de obras de infraestructura costera.
LINEA DE ACCIÓN 4 Incorporación en los procesos de planificación ministerial de las implicancias del Cambio Climático para los servicios de infraestructura del Ministerio de Obras Públicas.	MEDIDA 11: Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de Cambio Climático.

Eje Mitigación al Cambio Climático

Objetivo Específico 2

Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en carbono.

LINEA DE ACCIÓN 5 Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la construcción de infraestructura y edificación pública. Contabilidad de reducción de Gases de Efecto Invernadero.	MEDIDA 12: Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en el desarrollo de infraestructura pública MOP. MEDIDA 13: Incorporación de eficiencia energética y confort ambiental en la edificación pública que ejecuta el MOP. MEDIDA 14: Medición y gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP. MEDIDA 15: Reducción de GEI en la maquinaria del MOP.
LINEA DE ACCIÓN 6 Contabilidad de reducción de Gases de Efecto Invernadero.	MEDIDA 16: Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas.

Eje Gestión del Conocimiento

Objetivo Específico 3

Generar capacidades e institucionalidad en materia de Cambio Climático en el MOP, para las áreas de adaptación y mitigación.

LINEA DE ACCIÓN 7 Coordinación Intra e Interministerial del Cambio Climático.	MEDIDA 17: Coordinación interministerial. MEDIDA 18: Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación.
LINEA DE ACCIÓN 8 Gestión del Conocimiento en Cambio Climático.	MEDIDA 19: Creación de la Unidad de Cambio Climático. MEDIDA 20: Generación de capacidades en Cambio Climático. MEDIDA 21: Gestión del Cambio Climático en el territorio. MEDIDA 22: Cambio en normas y estándares
LINEA DE ACCIÓN 9 Promoción de la innovación tecnológica para la adaptación al Cambio Climático.	MEDIDA 23: Incorporación de innovación tecnológica en adaptación y mitigación al Cambio Climático.

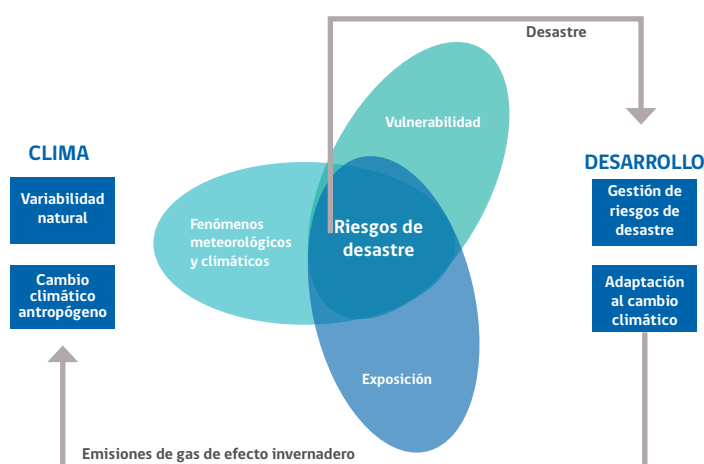
3.2.1 Eje de Adaptación al Cambio Climático

Adaptar los servicios de infraestructura a los impactos proyectados por el Cambio Climático, bajo un enfoque de blindaje climático preventivo (OE1).

Para analizar la componente de gestión de riesgos hidrometeorológicos y gestión adaptativa al Cambio Climático, se tomó en consideración la publicación del IPCC del 2012, denominada “Informe Especial de Cambio Climático y Eventos Extremos” (SREX, por su siglas en inglés). En ella, se realiza el vínculo entre el riesgo de desastres, modelo de desarrollo y factores climáticos que fuerzan dichos desastres.

ILUSTRACIÓN 7

Relación entre adaptación al Cambio Climático y la gestión de desastres



Fuente: IPCC (2012).

Es así como en la Ilustración 7 se presentan los conceptos centrales del informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al Cambio Climático.

De acuerdo al marco conceptual presentado en dicha figura, un desastre ocurre cuando existe la concurrencia de tres factores: una amenaza de tipo climático, un sistema natural o humano que se ve expuesto a dicha amenaza, y que a la vez es vulnerable a la misma. Si no ocurren estos tres factores no existe el riesgo, ni su manifestación que corresponde al desastre.

Respecto a la amenaza climática se puede distinguir aquella parte que corresponde a la variabilidad natural intrínseca al sistema climático, pero ésta puede verse exacerbada o disminuida producto del Cambio Climático de origen antropogénico. Es así como a través de la mitigación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero se puede reducir en el largo plazo la magnitud de este cambio en la amenaza.

Por otra parte, la magnitud del desastre se puede aminorar a través de una reducción en la exposición y/o vulnerabilidad de los grupos amenazados. El desarrollo sostenible contribuye a ambos efectos, en particular a través del desarrollo de políticas y/o medidas de adaptación y gestión de desastres. Pese a que el objetivo de ambas estrategias es el mismo, la adaptación al Cambio Climático se puede reconocer como un complemento a la gestión de desastres concebido para amenazas que se manifiestan en el largo plazo (CGC, 2014).

En general, la variabilidad del sistema climático genera fenómenos extremos como inundaciones, fuertes marejadas, tormentas o temperaturas extremas, mientras las alteraciones de los promedios climáticos regionales debidas al calentamiento global van acompañadas de cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos extremos. La exposición a riesgos relacionados con el clima, sumada a las condiciones de vulnerabilidad y capacidad insuficiente para reducir o responder a sus consecuencias, causan graves desastres y pérdidas.

Cabe mencionar que el IPCC (2014) ya alerta respecto a las implicancias de los eventos extremos en un contexto de Cambio Climático, los cuales no dependen solamente del fenómeno en sí, sino que también de la vulnerabilidad y la exposición. Los fenómenos climáticos extremos, la exposición y la vulnerabilidad están influenciados por una amplia gama de factores, incluidos el Cambio Climático antropógeno, la variabilidad natural del clima y el desarrollo socioeconómico.

El IPCC (2014) proyecta que los eventos extremos se intensificarán producto del Cambio Climático. Dentro de ellos destacan:

- Aumento importante en las temperaturas extremas para finales del siglo XXI.
- Incremento de la frecuencia de precipitaciones intensas o la proporción de lluvias totales derivadas de precipitaciones intensas.
- Aumento la velocidad máxima media del viento.
- Las sequías se intensifiquen en el siglo XXI en algunas zonas y estaciones del año, debido a la disminución de las precipitaciones y/o al aumento de la evapotranspiración.
- Los cambios proyectados en las precipitaciones y las temperaturas suponen posibles cambios en el régimen de inundaciones.
- Aumento del nivel medio del mar.
- Los cambios en las olas de calor, el retroceso glacial y/o la degradación del permafrost influyen en los fenómenos de alta montaña, como la inestabilidad de las pendientes, movimientos de masa e inundaciones provocadas por el desbordamiento de lagos glaciales.

Estos fenómenos tienen directa incidencia en las obras que ejecuta el MOP, y por tanto ponen en riesgo los servicios que presta hacia las comunidades.

En lo particular, la tabla que se presenta continuación evidencia la relación de estos fenómenos con las obras MOP.

TABLA 1

Implicancia de los fenómenos climáticos extremos y vinculación con infraestructura MOP

FACTORES CLIMÁTICOS	TIPO DE INFRAESTRUCTURA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Incrementos de número de días de calor y olas de calor	Obras viales, aeroportuarias, hidráulicas y Agua Potable Rural.	Pavimentos, hormigones y explanadas.	Restricción en la operación de la infraestructura debido a consideraciones de seguridad y eventualmente salud. Disminución cantidad agua embalsada, mayor requerimiento de agua para las personas en marco de menor disponibilidad.
Exceso de agua: aluviones e inundaciones	Obras de drenaje de aguas lluvias, de control aluvional y viales.	Acueductos, piscinas de decantación, muros de contención, parques inundables y canalizaciones de ríos.	Afectación en vidas humanas y material con efectos negativos del servicio de infraestructura que prestan las obras de drenaje y control aluvional. Además, afectación de obras viales (caminos y puentes). Pérdida de conectividad; disminución de acceso a servicios y bienes.
Aumento de la velocidad media del viento (trombas marinas)	Infraestructura portuaria y aeroportuaria.	Caletas pesqueras, borde costero, puertos de conectividad.	Afectación a las actividades productivas (tanto a gran como a menor escala) que se desarrollan en torno al borde costero.
Sequías	Obras de regadío y sistemas de Agua Potable Rural.	Dimensión de embalses y canales de regadío.	Afectación a los sistemas agrícolas en la provisión de agua para regadío. Disminución disponibilidad de agua para abastecer a los APR.
Cambio en la altura de la ola significativa	Obras portuarias y viales.	Socavación de muros verticales, inundación de explanadas, paseos costeros y rampas.	Afectación a las actividades productivas (tanto a gran como a menor escala) que se desarrollan en torno al borde costero. Pérdida de conectividad. Afectación a la calidad de vida. Disminución momentánea de acceso a bienes y servicios.
Combinación de marejadas con tormentas	Obras DOH, colectores de aguas y lluvias.	Desborde de ríos en desembocadura	Debido a la combinación de los fenómenos climáticos asociado a marejadas y tormentas, esto puede provocar desborde de los ríos en las desembocaduras con la potencial afectación de los colectores de aguas lluvias.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de European Environment Agency, 2013.

3.2.1.1 Línea de Acción 1

Cambios Metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de infraestructura

Acorde a lo descrito en el estudio de “Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático” (CCG, 2013), allí se reconoce que las obras de infraestructura se diseñan para funcionar bajo condiciones y eventos que son inciertos, es imposible afirmar que éstas sean totalmente seguras. No obstante, sí es posible concebirlas y diseñarlas de modo que su seguridad sea tan alta como se desee, asumiéndose los costos correspondientes asociados a tal estándar.

Este balance entre costos y beneficios es precisamente lo que permite al desarrollador de infraestructura y a las contrapartes técnicas, adoptar soluciones que busquen ser satisfactorias para la sociedad.

El diseño de infraestructura potencialmente afectada por el Cambio Climático, y en particular por la variabilidad espacio-temporal del recurso hídrico, cubre un gran rango de actividades y decisiones, que incluyen tamaño, tipo, ubicación, tiempos de ejecución y método de operación (Rogers, 1997). Al ser entonces la incertidumbre climática una más de las restricciones que condicionan el diseño de infraestructura, es esperable entonces que las metodologías existentes para manejar la incertidumbre en ingeniería, permitan también incorporar de alguna manera el Cambio Climático.

Para enfrentar racionalmente lo incierto en el diseño, es útil formular el problema en términos probabilísticos. Esto se hace particularmente indispensable cuando: 1) existe un gran riesgo asociado; es decir, cuando una o más de las variables que intervienen siembran alta incertidumbre, haciéndose la probabilidad de falla muy incierta; y 2) cuando la falla puede originar pérdidas humanas o económicas significativas, a pesar de que la probabilidad de ocurrencia de aquella sea baja.

Las obras de largo plazo que deben efectuar modificaciones en relación a las metodologías, a través de las cuales se diseñan y aprueban las obras de infraestructura, producto del Cambio Climático son: obras de regadío, puentes, obras viales de conectividad, obras portuarias y aeroportuarias. Por tanto, para esta línea de acción es de vital importancia sistematizar la información, antecedentes y datos requeridos para aplicar nuevas metodologías de evaluación que incorporen la incertidumbre. Más específicamente, se requiere de información de calidad, a escalas temporales y espaciales relevantes para enfrentar el problema del aumento en la incertidumbre. Otro elemento a considerar es el efecto sinérgico de la infraestructura en un mismo territorio, integrando en el análisis de una infraestructura en particular la operación conjunta frente a condiciones de Cambio Climático.

En coherencia con el avance en las metodologías de evaluación social bajo incertidumbre, es necesario mejorar el monitoreo de condiciones climáticas e hidrológicas de cuencas en altura y en zonas más extremas del país y asegurar un control continuo de la consistencia de los datos registrados.

Actualmente, la metodología de evaluación de proyectos de inversión de infraestructura pública establece como criterios de evaluación un enfoque costo-beneficio o un enfoque costo-eficiencia, dependiendo si se es factible cuantificar y/o valorar los beneficios del proyecto. A fin de incorporar incertidumbre existen diferentes metodologías, tales como el uso de teoría de probabilidades y la evaluación basada en opciones, todas ellas a considerar cuando se desarrollen las metodologías en comento.

Otro elemento a considerar es el horizonte de evaluación y tasas de descuento, las cuales actualmente son constantes para todo el horizonte de evaluación, situación que debe ser sometido a análisis en consideración a los impactos futuros proyectados en las variables hidroclimatológicas, en un contexto de Cambio Climático y que ponen en riesgo la servicialidad de la obra de infraestructura.

El resultado esperado de esta medida es una propuesta con metodologías específicas de evaluación social de proyectos, que incorpore el incremento en la incertidumbre producto de los impactos del Cambio Climático al ciclo de vida de una obra de inversión en infraestructura. Especial importancia tendrá la elección de las herramientas adecuadas que proporcionen los valores de las variables que finalmente serán considerados en la evaluación social.

A continuación se presentan las medidas contempladas en esta línea de acción:

MEDIDA 1

Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo

En coherencia con lo expuesto en el punto anterior, la incorporación del Cambio Climático en el ciclo de vida de la provisión de infraestructura implica un aumento significativo de la incertidumbre, tanto de los beneficios como costos del proyecto de inversión e incrementos de los horizontes de evaluación. Sin embargo, no es óptimo incorporar el Cambio Climático al ciclo de vida de todos los proyectos de inversión en infraestructura pública.

La incorporación del Cambio Climático en la vida útil de la obra dependerá de la etapa en que se encuentra el proceso de gestión de la obra de infraestructura (CGC, 2014), tal como se explicitó en el Capítulo II, ilustración 5. Por ejemplo, si la obra se encuentra en una fase de planificación, se debe analizar si la necesidad de llevar a

cabo la obra de infraestructura puede verse influenciada por condiciones climáticas. En el caso que no sea influenciada, no es necesario incorporar el Cambio Climático en el diseño de la obra, pero en el caso de ser influenciado, entonces la incorporación de la variable de Cambio Climático dependerá de la vida útil de la infraestructura; si es de corto plazo, no corresponde considerar el Cambio Climático, en caso contrario su inclusión dependerá del costo de generar la información necesaria para su incorporación en relación al beneficio de la obra de infraestructura. Sólo en aquellos casos en que los beneficios superen los costos de la información se debe considerar explícitamente el Cambio Climático en la evaluación socio-económica de la obra de infraestructura. (Donoso, Vicuña, y Camaño, 2013).

Esto determina que las metodologías y criterios de evaluación de proyectos de inversión actuales no sean potencialmente los más adecuados para las obras que deben considerar el Cambio Climático, de acuerdo a los criterios expuestos anteriormente. Por lo anterior, se debe realizar un estudio de las metodologías de evaluación de proyectos de inversión que permitan incorporar el aumento de la incertidumbre y de los horizontes de evaluación que implica la integración de la variable en el diseño de los proyectos de infraestructura pública. Dicho diagnóstico debe realizarse en cercana coordinación entre el Departamento de Metodologías de la División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social y el Ministerio de Obras Públicas. Las metodologías propuestas se obtendrán de un estudio comparativo que considere distintas herramientas para la obtención de las variables físicas que finalmente serán utilizadas en la evaluación social de las iniciativas de infraestructura, de manera de asegurar una coherencia en los resultados y cumplir con el objetivo de la evaluación.

Cabe destacar que la metodología para la Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con Fines Múltiples, contempla la necesidad de desarrollar análisis de escenarios futuros, pero solamente a modo de diagnóstico, sin considerar de manera formal escenarios de Cambio Climático en el análisis de los beneficiarios futuros asociados a la operación del embalse.

RESPONSABLE: Ministerio de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio de Desarrollo Social.



Ciclovía El Noviciado,
Región Metropolitana

MEDIDA 2

Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: Embalses de Regadío

El Cambio Climático afecta las necesidades de servicios de infraestructura al alterar la disponibilidad de agua en la fuente o alterar las necesidades de consumo de agua. En algunos de esos casos el rol que provee la cordillera como regulador natural de caudales puede verse también alterado. Todo esto generaría por una parte posibles nuevas necesidades de servicios de infraestructura y también nuevos desafíos para evaluar los beneficios o costos de obras particulares que se consideren para suplir esta necesidad de servicios.

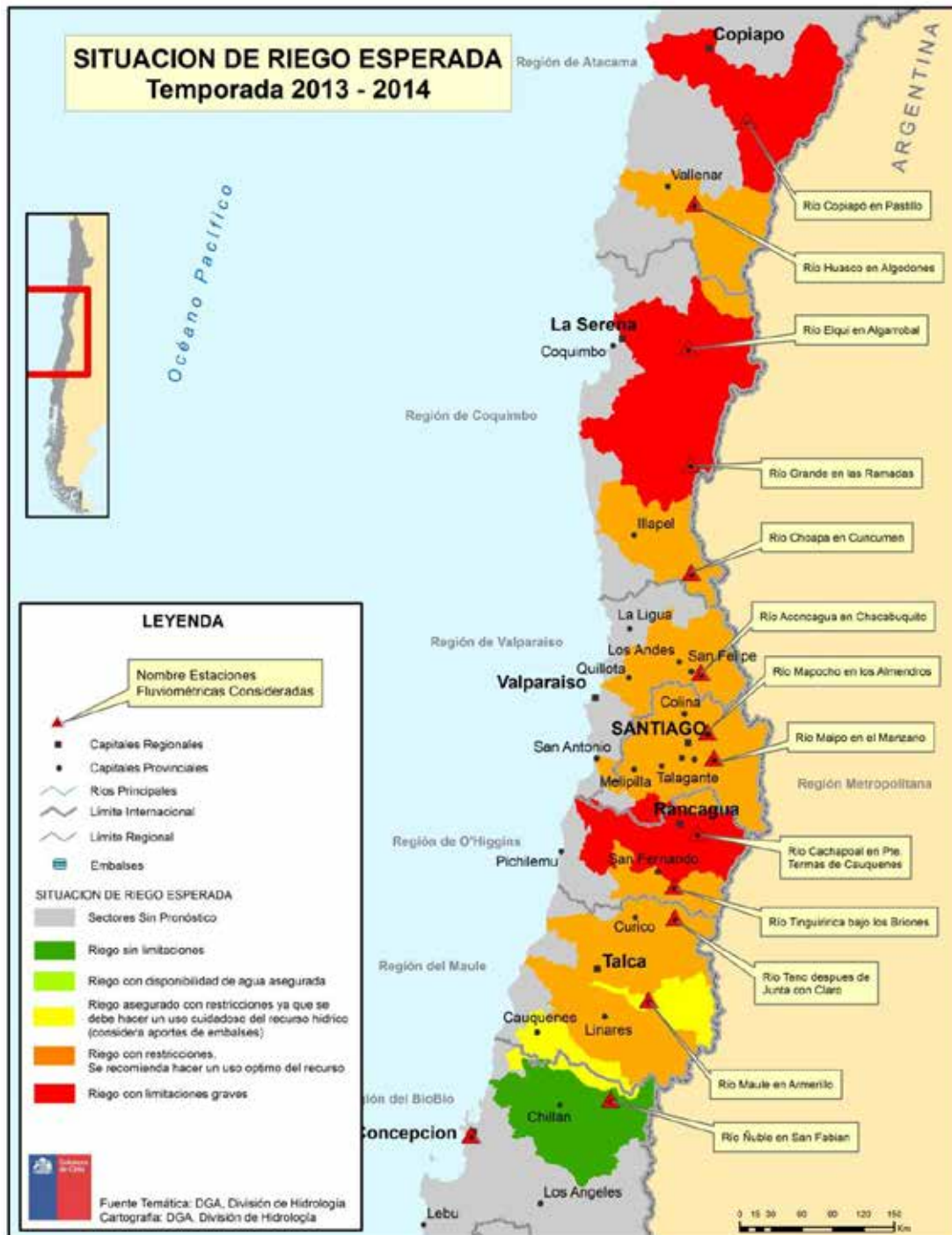
En el caso de obras de riego, en particular embalses, se reconoce que, por una parte dado el periodo largo de operación de estas obras y por otra los altos costos/beneficios de estas obras en relación a los costos de generar la información climática adecuada es pertinente introducir cambios metodológicos en distintas etapas de desarrollo de estas obras (ver ciclo de vida y actores relevantes en la materialización de estas obras, ilustración 9 y tabla 4 del Anexo).

La situación de coyuntura actual permite reconocer en el contexto de escasez hídrica hoy presente las complejidades que enfrenta la provisión de agua para riego en el país. A modo de ejemplo, la Ilustración 8 muestra la situación de riego esperada para la temporada 2013-2014 de acuerdo a información proporcionada por la Dirección General de Aguas. La información no considera a Copiapó, que presenta problemas estructurales de abastecimiento de agua. A su vez, la zona desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la localidad de Chillán (XVI) presenta una situación de riego con restricciones hasta una situación de riego con restricciones graves. En ambas situaciones se deben tomar acciones extraordinarias para cumplir con la demanda de agua esperada.

Los antecedentes presentados anteriormente no necesariamente significarían un antecedente de problemas de escasez hídrica, si es que no existiera una demanda por el recurso agua que justificara tales problemas de escasez. En los últimos 15 años, la frontera agrícola de frutales se ha desplazado desde una zona Centro-Norte (V-RM), hacia una zona Centro-Sur (VI-IX), lo que también ha hecho aumentar y cambiar el manejo del agua en estas últimas. Todo este escenario conjunto necesita ser incorporado en la metodología de planificación de los recursos hídricos de las regiones y se recomienda añadir esta planificación en las estrategias de desarrollo regional.

ILUSTRACIÓN 8

Situación de Riego esperada, temporada 2013-2014



Fuente: Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas 2013.

En este contexto de cambios en las condiciones de oferta y demanda de agua es que enfoca esta medida de adaptación la cual se ejecuta en dos etapas: Una primera parte corresponde a la fase estratégica de planificación de obras de embalse y, una segunda, a la etapa de evaluación de obras específicas, las cuales se describen a continuación:

a) Etapa de planificación de obras de riego

Determinación de la necesidad del embalse.

En la etapa de planificación es fundamental considerar la incorporación de elementos que contemplen una visión integral del territorio (a nivel de cuenca como un todo y no a nivel de sección de cuenca), considerando una visión de largo plazo que advierta los posibles cambios en la disponibilidad de agua asociado al Cambio Climático. (CCG, 2013).

Por tanto, es necesario realizar estudios a escala de subcuenca que identifiquen las necesidades gruesas de capacidad de almacenamiento que se requiera producto de los impactos del Cambio Climático. Este diagnóstico deberá trabajar sin la necesidad de desarrollar modelos hidrológicos nuevos, sino que utilizar información disponible en informes anteriores para presentar una sensibilización esperada sobre la oferta natural de recursos hídricos y la demanda evaporativa esperada producto de cambios en el clima y cambios posibles en el patrón de cultivos.

Una vez definida la necesidad estratégica de construir un embalse, se procede a evaluar su pre-factibilidad y factibilidad. En ambos casos, el uso de escenarios futuros que considere el Cambio Climático podría alterar los beneficios asociados a la operación del embalse. Por tal razón, es necesario incluir estos análisis en el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego, de la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Los resultados de este estudio podrán servir de input de entrada a los procesos estratégicos de decisión de necesidades de obras de embalse que coordina la CNR y que se materializan en los procesos de Planes Regionales de Riego.

Un modelo que recientemente se ha utilizado para realizar este tipo de análisis es la plataforma WEAP, principalmente en el mundo académico. Este modelo permite hacer análisis de cambios en la hidrología y en la demanda de agua frente a diferentes escenarios climáticos, ya sea de sensibilidad o proyectando condiciones futuras usando GCMs MOP, 2013).

RESPONSABLES: Dirección de Obras Hidráulicas, Dirección General de Aguas, Dirección de Planeamiento.

SOCIO COLABORADOR: Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas, Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura.

b) Etapa de evaluación de obras de riego

En este caso se considera el proceso de evaluación (factibilidad) de un embalse propiamente tal, para el cual se recomienda ocupar modelos acoplados hidrológicos y agronómicos que permitan determinar el balance hídrico con escenarios de incertidumbre. Los modelos hidrológicos usados deben tener sensibilidad a Cambio Climático y de esta forma reflejar las modificaciones generadas por las proyecciones futuras del fenómeno. Otro factor importante del modelo es la capacidad para generar información con respecto la modificación del uso del suelo. Por último, es fundamental que la evaluación de los impactos económicos se realicen para escenarios de ausencia y presencia de la infraestructura, considerando además el funcionamiento conjunto de la infraestructura en un mismo territorio.

Esta nueva generación de modelos hidrológicos permitirá abordar y solucionar problemas que se producen al simular eventos futuros en el mediano y largo plazo.

RESPONSABLE: Dirección de Obras Hidráulicas.

SOCIO COLABORADOR: Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

MEDIDA 3

Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras

En el Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático (2012) del Centro de Cambio Global, se reconoce a los puertos como infraestructura vulnerable al Cambio Climático, debido a:

- Su vida útil es larga, superando en muchas ocasiones los 50 años, siendo entonces particularmente sensibles frente a los cambios futuros del clima.
- Por su localización en las costas, ríos o lagos, están expuestos a una gran cantidad de fenómenos producidos por variables climatológicas tales como aumento del nivel medio del mar, variaciones en marea meteorológica, oleaje, vientos, inundaciones fluviales, embancamientos y erosión. Además están expuestas a tsunamis, alzamiento y subsidencia cosísmica producto de grandes terremotos.
- Las operaciones portuarias pueden verse afectadas por las condiciones climáticas, produciendo retrasos en la actividad comercial y/o de conectividad del puerto.

Respecto del grado de vulnerabilidad de cada puerto, ésta dependerá de varias variables como características físicas, su localización, las actividades que allí se realizan y el grado de resiliencia climática del diseño (qué tan segura es). Es por ello que la evaluación de respuestas de adaptación, en términos de costos y beneficios, también es característica y dependiente de las condiciones locales.

Finalmente, Lozada (2012) señala que las proyecciones globales coinciden en que tanto las alturas de oleaje extremas como el nivel del mar estarían aumentando en el futuro. Para Chile, sin embargo, las tendencias respecto del nivel del mar no son concluyentes, debido a la fuerte actividad sísmo-tectónica a la que está sometido el margen occidental de la zona sudamericana, que redundaría en frecuentes levantamientos o hundimientos del terreno. Por otro lado, los aspectos relacionados con la frecuencia de tormentas y marejadas son muy importantes de analizar, pues han puesto de manifiesto los impactos en zonas de borde costero afectando significativamente la infraestructura portuaria del país. Por tanto, es necesario hacer esfuerzos adicionales para mejorar los sistemas de observación y medición de variables oceanográficas disponibles actualmente, con el objeto de aumentar la cobertura y resolución de esta información. De esta manera, se estará en condiciones de cuantificar en forma más precisa las potenciales consecuencias del Cambio Climático en las costas de Chile y así anticipar las medidas de adaptación adecuadas.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se hace necesario entonces implementar medidas adaptativas para el sector costero y que tiene implicancias en las obras de infraestructura ejecutada por el MOP a través de la Dirección de Obras Portuarias mediante la generación de una base de datos de climas de oleaje que sea de utilidad para los criterios en el diseño de infraestructura costera.

Es importante también generar información de climas de oleaje en aguas profundas, tal como lo sugiere el estudio del Centro de Cambio Global (2012) denominado "Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al Cambio Climático" (2013), donde se hacen recomendaciones que implican el análisis de la frecuencia de tormentas y marejadas (eventos extremos). La generación de esta información requiere establecer bases de datos modelados de oleaje (Hindcasting) a lo largo de la costa de Chile sobre extensiones de tiempo mayores a los exigidos por las actuales normativas, para lo cual se considera contar con al menos 50 años respecto de datos históricos del oleaje, lo que permitiría realizar análisis estadísticos adecuados respecto de tendencias y eventos extremos a considerar en el diseño de este tipo de obras.

Adicionalmente, se requiere desarrollar metodología para evaluar el clima de oleaje en el futuro, considerando la incertidumbre climática y sus implicancias en las variables oceanográficas, para evaluar los diseños de obras, su nivel de servicio y/o alternativas de adaptación a lo largo de su vida útil.

En la actualidad dentro de la DOP existen dos bases de datos modelados (Hindcasting) las que pueden ser obtenidas desde el proyecto **Atlas de Oleaje**⁶ con información de 36 años (1980 - 2015) y **Olas Chile** con información de 34 años (1980 - 2013). También existen otras empresas que pueden proveer información similar para fines del establecimiento de solicitudes de diseño. Sin embargo, este tipo de información debe ser adquirida para cada proyecto, no pudiendo ser utilizado para otros fines, ni estando disponible en forma abierta.

⁶ Proyecto desarrollado por la universidad de Valparaíso. Datos de libre disposición en la página <http://www.oleaje.uv.cl/>

Revisión y actualización de normativas vigentes y metodologías de análisis estadísticos de series de tiempo

Se deben revisar y actualizar las normativas vigentes, en específico lo relacionado al análisis estadístico de series de tiempo, lo cual debe ser realizado en forma conjunta entre distintas Direcciones del Ministerio de Obras Públicas, el Instituto Nacional de Hidráulica (INH) y la Dirección Meteorológica de la Armada. En el caso de infraestructura portuaria, la aplicación de estas metodologías requiere como condición previa contar con información más completa respecto de series de tiempo condiciones históricas de forzantes oceanográficas.

Dado que el análisis de datos y los estudios oceanográficos asociados son realizados por empresas consultoras o contratistas, es necesario desarrollar mesas de trabajo o estudios tendientes a establecer las metodologías más adecuadas para actualizar las normativas, además de una capacitación de profesionales de la DOP para evaluar los estudios realizados por terceros.

**Embalse Ancoa,
Región del Maule**

RESPONSABLE: Dirección de Obras Portuarias, Instituto Nacional de Hidráulica.



MEDIDA 4

Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico

El tipo de servicios/obras que se consideran son infraestructura vial y aeroportuaria.

Infraestructura vial de conectividad

A nivel internacional, se reconoce al sector de vialidad como un actor relevante que debe asumir el liderazgo ante el Cambio Climático mediante la implementación de estrategias integradas de desarrollo de nuevos productos, servicios y tecnologías que permitan su adaptación a las nuevas amenazas producto de este fenómeno.

Dentro de las componentes que conforman la infraestructura vial y que deben someterse a análisis de la potencial afectación por el Cambio Climático, se encuentran taludes, rellenos, explanadas, drenaje, obras de protección, puentes y estructuras, señalización fija y variable, además de iluminación y vegetación.

En diversos estudios internacionales se ha identificado que los impactos de mayor repercusión sobre las carreteras están asociados a los taludes y pavimentos. Respecto de los primeros, se prevé un aumento de daños localizados, en especial en la zona norte del país, ya que el principal desencadenante será el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas de corta duración, lo que puede afectar la estabilidad de los taludes por efecto del agua de escorrentía. Además, el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas combinado con un incremento de las condiciones de aridez, puede afectar también la erosión de los taludes. Por lo tanto, se requiere incorporar en las metodologías de diseño de taludes estas nuevas consideraciones climáticas que permitan ir adaptando el sector al Cambio Climático.

Respecto del pavimento, se prevé un aumento de las temperaturas extremas producto del Cambio Climático, lo cual puede provocar deformaciones y fisuras de la carpeta asfáltica, además de un descenso de la precipitación media anual, por lo que se desaconseja el empleo de mezclas drenantes en una mayor superficie del territorio.

Otro componente de la infraestructura vial que puede verse igualmente afectadas por el Cambio Climático es el diseño de obras fluviales, de drenaje y puentes (conectividad), debido a que el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas sumado a un incremento de la temperatura pueden significar mayores contribuciones de precipitación líquida, lo que eventualmente genera crecidas más violentas y de mayor magnitud.

El Manual de Carreteras propone periodos de retorno tanto para el diseño como para la verificación de los distintos tipos de obras, las que a su vez son diseñadas consi-

derando una cierta vida útil, también definida en el manual (Tabla 2). Este periodo de retorno está asociado a un riesgo de falla, el cual corresponde a la probabilidad de que durante la vida útil la condición de falla se alcance al menos una vez. El diseño y la verificación implican distintas condiciones de operación que el Manual de Carreteras también define.

Como se mencionó anteriormente, los valores de las variables de diseño para estos periodos de retorno se obtienen a partir de un análisis de frecuencia y/o un ajuste de un modelo de distribución de probabilidad, eventualmente combinado con algún modelo hidrológico. Cualquiera sea el caso, se asume que los valores históricos conocidos son representativos del futuro (es decir, hay una estacionalidad en las condiciones hidrometeorológicas).

Para el caso de la infraestructura vial nacional es muy relevante la existencia de cuencas con una hipsometría variada y amplia, lo que significa la ocurrencia de precipitación tanto en estado líquido como sólido, según lo define la temperatura concurrente. Como se mencionó en el Capítulo I, un aumento de la temperatura puede entonces significar mayores contribuciones de precipitación líquida, lo que eventualmente genera crecidas más violentas y de mayor magnitud. En este caso, la no estacionalidad de los caudales máximos no se explica por tendencias en la precipitación, sino más bien por tendencias en las temperaturas. Así entonces, parece razonable implementar modelos de base física que permiten simular el comportamiento de las variables hidrológicas de interés, considerando tanto los factores climáticos como otros cambios que pueda experimentar el área de interés o cuenca (cambio de uso de suelo en general, deforestación, desarrollo urbano, canalizaciones, etc).

TABLA 2

Períodos de retorno, vida útil y riesgo de falla para el diseño y verificación de puentes

OBRA PUENTES	TIPO DE RUTA	PERÍODO RETORNO		VIDA ÚTIL (AÑOS)	RIESGO DE FALLA	
		DISEÑO	VERIFICA- CIÓN		DISEÑO	VERIFICA- CIÓN
	Carreteras	200	300	50	22	15
	Caminos	100	150	50	40	28

Fuente: MOP, 2012.

El periodo de retorno está asociado a un riesgo de falla, el cual corresponde a la probabilidad de que durante la vida útil la condición de falla se alcance al menos una vez. El diseño y la verificación implican distintas condiciones de operación que el Manual de Carreteras también define. Los valores de las variables de diseño para

estos periodos de retorno se obtienen a partir de un análisis de frecuencia y/o un ajuste de un modelo de distribución de probabilidad, eventualmente combinado con algún modelo hidrológico. Cualquiera sea el caso, se asume que los valores históricos conocidos son representativos del futuro (es decir, hay una estacionalidad en las condiciones hidrometeorológicas). La estimación de los valores de diseño se podría fortalecer y/o complementar al incorporar futuros escenarios climáticos, que significan también un cambio en el comportamiento de las variables hidrometeorológicas. La relevancia de esta consideración está supeditada al escenario climático a definir, así como la vida útil de la obra a evaluar (Marco estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático, 2013).

RESPONSABLE: Dirección de Vialidad.

SOCIO COLABORADOR: Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

Infraestructura Aeroportuaria

Para el caso de este tipo de infraestructura es relevante considerar el aumento de temperaturas al momento de diseñar los edificios aeroportuarios, pues éste irá asociado a un incremento de demanda energética para climatización de los edificios terminales, así como para la mantención de equipos de torre de control y centros emisores.

Eventualmente, el aumento de temperatura podría suponer mayores requerimientos de longitud de pista, dado que las altas temperaturas se traducen en densidades menores de aire, factor que reduce el empuje producido y la sustentación de la aeronave. Dicho incremento llevará aparejado también una alteración de la sensación de calor en el interior de los vehículos, tanto para el servicio del aeropuerto como de los pasajeros, lo que se traducirá en un menor grado de confort de aquellos usuarios que estacionan sus vehículos en zonas desprovistas de elementos que proyecten sombras sobre ellos.

Otra amenaza para este sector es el impacto que se produce por el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas sobre el diseño de sistemas de desagüe, para evitar la inundación de campos de vuelo.

Por último, es necesario analizar el impacto potencial del factor viento en el diseño del campo de vuelo, dado que las previsiones actuales de cambios en el régimen de los vientos son todavía inciertos, especialmente a nivel local, además de los fenómenos asociados a neblinas.

RESPONSABLE: Dirección de Aeropuertos.

SOCIO COLABORADOR: Dirección General de Aeronáutica Civil, Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.



Aeropuerto de la Araucanía,
Región de la Araucanía

MEDIDA 5

Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas

El tipo de servicios/obras que se consideran son infraestructura hidráulica de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Infraestructura hidráulica de evacuación y drenaje de aguas lluvias

El Cambio Climático está provocando un exceso de lluvias en algunas zonas del planeta y escasez de precipitaciones en otras. Ambas situaciones pueden afectar tanto a sectores urbanos como rurales, situaciones que ya son visibles en Chile.

Estas alteraciones en la pluviometría pueden afectar gravemente al rendimiento de las redes de saneamiento que tendrán que trabajar con caudales para los que no fueron diseñadas, lo cual puede hacerlas no operativas, ocasionando inundaciones más frecuentes dentro de los centros urbanos, por tanto es un desafío predecir la magnitud de los impactos del Cambio Climático sobre el ciclo hidrológico para diseñar unos sistemas de drenaje adaptados al futuro. En ello, es fundamental que las políticas y el enfoque de la ingeniería consideren la adaptabilidad como parte fundamental de la planeación de proyectos hidráulicos (Ávila, 2012).

Además, el Cambio Climático puede tener un serio impacto sobre la calidad del agua de los sistemas fluviales moderada o fuertemente contaminados, debido al aumento de los periodos de caudales bajos (incremento de los periodos de estiaje) con la correspondiente disminución de la dilución disponible.

En particular, se reconoce que la adaptabilidad del sistema de drenaje de una ciudad debe ser desde el momento en que el agua toca el suelo hasta el cuerpo receptor.

Es decir, el alcantarillado pluvial no es el sistema, sino un componente del sistema de drenaje pluvial.

Con todos estos antecedentes, la medida adaptativa para el sector comienza incorporando análisis de Cambio Climático, en los planes maestros de aguas lluvias, diseño de la red primaria y en el mantenimiento de las mismas, aún de predecir la magnitud de los impactos sobre el ciclo hidrológico para diseñar sistemas de drenaje adaptados.

RESPONSABLE: Dirección de Obras Hidráulicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Servicio Nacional Geología y Minería.

Obras de manejo de cauce y control aluvional

En Chile, las proyecciones indican que lloverá más en las zonas de montaña, lo que ha generará inundaciones y aluviones.

Entre los años 1981 y 2010, el Cambio Climático ha incrementado en un 12% los episodios de precipitaciones fuertes, causantes de inundaciones o graves daños en diferentes regiones del planeta. De acuerdo a una investigación realizada por científicos del Instituto Potsdam para la Investigación de los Impactos Climáticos de Alemania, publicada en 2010 por la revista Climatic Change; siendo además la primera que atribuye directamente al calentamiento global el aumento de estos episodios extremos y concluyendo que la concentración de casos de lluvias extremas en los 30 últimos años “no tiene precedentes”.

En el marco de la XXII Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP22), realizada en Marrakech (Marruecos), se presentó un nuevo reporte del Índice Global de Riesgo Climático elaborado por la organización alemana Germanwatch, y que ubica a Chile dentro de los diez países más afectados por eventos meteorológicos asociados al Cambio Climático durante el año 2015. La aparición de nuestro país en el ranking se debe a las excepcionales lluvias ocurridas en el norte en marzo de ese mismo año, donde se registraron más de 50 milímetros de agua caída en menos de 24 horas, lo que causó el desborde de los ríos Copiapó y El Salado, cuyos aluviones dejaron un saldo de 28 muertos y más de 3.000 mil damnificados⁷.

“Las tormentas convectivas, es decir, aquellas como la tormenta de Atacama donde la precipitación ocurre a tasas más altas, van a ser más intensas debido al Cambio Climático”, afirmó Roberto Rondanelli, investigador del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 y académico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. “La razón es que cuando la temperatura del planeta aumenta, se produce una mayor cantidad de vapor de agua en la atmósfera, lo que hace que las tormentas tengan más energía y las precipitaciones sean más eficientes”, explicó.

⁷ <http://www.futurorenovable.cl/chile-se-en-cuenta-entre-los-diez-paises-mas-afectados-por-el-cambio-climatico-en-2015/>

Respecto a la mayor recurrencia de este tipo de tormentas convectivas en Chile, el académico indicó que “eso es aún incierto, pues dependerá de la dinámica de cada evento”, pero que “las observaciones y modelos han mostrado que la intensidad de la precipitaciones asociadas será mayor y, por lo tanto, también las inundaciones y aluviones”.

En consideración a lo expuesto anteriormente, es de vital importancia que el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, contemple dentro de sus procesos de planificación de control aluvional esta nueva amenaza que deriva del Cambio Climático (tormentas convectivas) y genere, a partir de estos análisis, un programa de protección del territorio que considere en su formulación escenarios de Cambio Climático en contraste con los últimos eventos acontecidos, siendo un insumo relevante la información a escala local. Junto con ello, elaborar cambios metodológicos en el diseño de este tipo de obras (respecto del período de retorno con el que se diseña esta infraestructura hidráulica) y estudiar las herramientas más adecuadas para el diseño de estas obras (modelo numérico y físico).

Dado que los aluviones derivan en fuertes impactos en zonas urbanas y rurales, dicho programa debe ser elaborado en coordinación con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en lo que respecta al impacto en las ciudades.

RESPONSABLE: Dirección de Obras Hidráulicas.

CORESPONSABLE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

3.2.1.2 Línea de Acción 2: Monitoreo Amenazas

Históricamente han existido en Chile sistemas de monitoreo de diferentes variables de origen hidrometeorológico y oceánico que definen las características de las amenazas y oportunidades de origen climático que existen en diferentes localidades del país. No obstante, este proceso de monitoreo puede ser mejorado considerablemente, en particular en los temas específicos asociados a información relacionada con provisión de agua, impactos por exceso de agua y amenazas costeras.

En la medida que se mejoran los sistemas de monitoreo se puede trabajar de manera más robusta los ejercicios tanto de detección de cambios como así también de atribución al Cambio Climático de éstos (Bindoff et al, 2013). Si no se efectúa este trabajo de manera correcta, se corre el riesgo de diseñar medidas de adaptación que no reconozcan el rol que pueden tener los distintos forzantes, es decir, no solamente aquellos de origen climático. Por ejemplo, la ocurrencia de inundaciones puede surgir tanto de un cambio en el clima como también de modificaciones en el uso

del suelo de algún sector de la cuenca. El no reconocimiento del rol que tienen las condiciones climáticas puede inducir a considerar medidas de adaptación no necesariamente asociadas a un impacto atribuible al Cambio Climático o que no afecten la causa de origen primordial.

MEDIDA 6

Conocimiento Actual y Futuro de Glaciares

Los recursos hídricos son base del sostén ecosistémico y productivo del país, sin embargo, la disponibilidad de éstos es muy heterogénea espacial (norte-sur) y temporalmente, tanto en el período de un año (invierno-verano) como entre años. En adición a la variabilidad interanual, el Cambio Climático puede afectar en el futuro o estar afectando actualmente la disponibilidad de los recursos, por lo que se requiere contar con las mejores herramientas para monitorear su disponibilidad. El correcto y constante monitoreo de la disponibilidad de agua, la capacidad de infraestructura de cada zona y el conocimiento de la demanda del recurso se vuelve una acción primordial y principal para satisfacer la necesidad y nivel de demanda de todos los usuarios.

La Dirección General de Aguas es el organismo encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico en Chile. Junto con controlar la asignación de recursos y controlar el uso del agua, proporciona información hidroclimatológica generada a través de su red de estaciones fluviométricas de monitoreo distribuidas a lo largo del país. Al interior de la DGA existen organismos con funciones específicas

**Geyser del Tatio,
Región de Antofagasta**



y que son fundamentales para un correcto desempeño. En el contexto de la escasez hídrica, juegan un importante rol los siguientes:

- División de Hidrología: Encargada de operar el servicio hidrometeorológico, realizar estudios hidrológicos de situaciones contingentes y procesar y publicar la información generada.
- Unidad de Glaciología y Nieves: Responsable de desarrollar normativas y metodologías para el diseño de una red de monitoreo de glaciares y nieves.

La necesidad de incorporar acciones de mejora en las redes de monitoreo ya ha sido mencionado en los estudios anteriores (MOP, 2012) dentro de las responsabilidades que le caben a la DGA en torno a la adaptación al Cambio Climático, siendo la principal de ellas la generación de información de calidad y a una frecuencia adecuada que permitan hacer análisis y ayuden a mejorar la toma de decisiones en relación al uso sustentable del recurso hídrico.

Según lo establecido en la Estrategia Nacional de Glaciares Fundamentos (DGA-CECS, 2009), aún no existe evidencia clara que la reducción de los glaciares esté afectando los recursos hídricos, aunque en el corto plazo el aporte hídrico de los glaciares debiera aumentar producto del mayor derretimiento y luego disminuir a largo plazo producto de la reducción del glaciar.

Por otro lado, el derretimiento de los glaciares está causando el aumento de tamaño de lagos periglaciales en Chile, al igual como sucede en otras cordilleras del mundo, lo que podría gatillar a futuro una mayor frecuencia de crecidas glaciales. Y también pueden darse otros tipos de fenómenos asociados a glaciares que pueden afectar a la comunidad, como las avalanchas de hielo, inundaciones, lahares, entre otros.

La reducción de los glaciares provoca un impacto en la escalada en hielo en la zona central del país, con la desaparición paulatina de rutas sobre hielo. El ascenso de la línea de nieves en Chile central probablemente ya ha impactado las actividades en los centros de esquí más bajos (Lagunillas, Farellones).

En cuanto al monitoreo de glaciares, según la información proporcionada por la Unidad de Glaciología de la DGA, se establece que en la actualidad ésta cuenta con 22 estaciones fijas (Ver Tabla 3), y se llegará a un total de 30 estaciones fijas más ocho móviles durante el presente año. Éstas se encuentran posicionadas sobre el valle de origen glaciar, antes de llegar al hielo y miden de forma constante variables meteorológicas como temperatura, radiación solar, dirección y velocidad del viento, humedad relativa, incluyendo estaciones fluviométricas para medir caudales de salidas de los glaciares. A estas últimas estaciones meteorológicas fijas, la Unidad de Glaciología aumenta su densidad con ocho estaciones móviles extras, las que se distribuyen de norte a sur del país.

TABLA 3

Estaciones de Monitoreo de Glaciares dependientes de la DGA

CÓDIGO BNA	NOMBRE ESTACIÓN	GLACIAR MONITOREADO
	Tapado en Corrales	Tapado
05702011-3	Glaciar San Francisco en Aguas Panimávida	San Francisco
05706002-6	Glaciar Olivares Gamma	Olivares Gamma
05706003-4	Valle Río Olivares	Olivares Gamma
05721017-6	Estero Yerba Loca en Piedra Carvajal	La paloma
05703014-3	Termas del Plomo	Plomo
05703013-5	Echaurren Alto	Echaurren
05703012-7	Echaurren Bajo	Echaurren
06023000-5	Glaciar Universidad en Río San Andrés	Universidad
11440000-9	Laguna San Rafael	San Rafael
11440001-7	Hielo Norte en Glaciar San Rafael	San Rafael
11532000-9	Río Nef ante junta Estero el Revalse	Nef
11540000-2	Glaciar Colonia en Lago Cachet-2	Colonia
11541000-8	Río Colonia en Nacimiento	Colonia
11800000-5	Fiordo Jorge Montt	Montt
11706000-4	Lago O'Higgins en Glaciar O'Higgins	O'Higgins
12000000-4	Fiordo Témpanos	Témpanos
12020000-3	Hielo Sur en Glaciar Greve	Greve
12020001-1	Hielo Sur en Glaciar Greve Nunatak Occidental	Greve
11706001-2	Hielo sur en Glaciar O'Higgins	O'Higgins
12210000-6	Fiordo Amalia	Amalia
12288000-1	Glaciar Tyndall en Campamento Zapata	Tyndall

Fuente: Unidad de Glaciares, DGA.

Dado que durante este año o el primer semestre del próximo se termina la instalación de estaciones de monitoreo priorizada según lo estipulado en la Estrategia Nacional De Glaciares Fundamentos (DGA-CECS, 2009), el paso siguiente es evaluar el funcionamiento de dicha red a fin de seguir profundizando la relación entre las proyecciones e impactos del Cambio Climático en estos cuerpos, además de evaluar, eventualmente, la necesidad de nuevas estaciones.

RESPONSABLE: Dirección General de Aguas.

MEDIDA 7

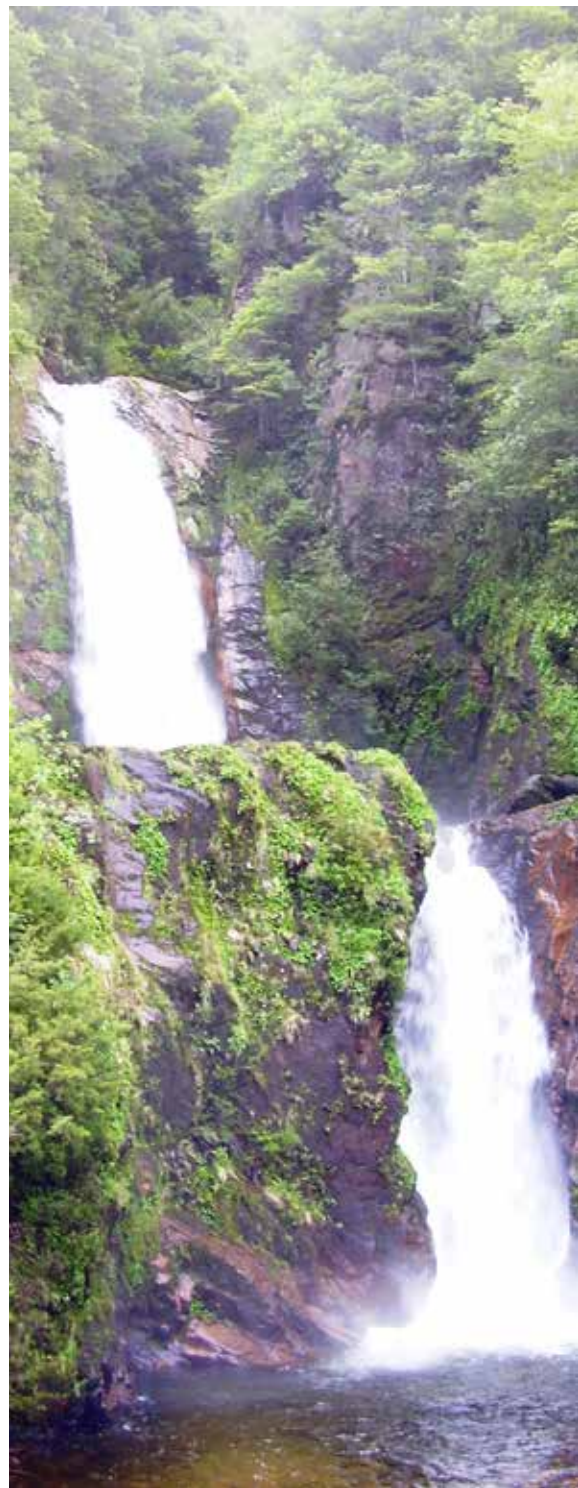
Mejoras en monitoreo de caudales extremos

En la descripción de la medida de adaptación relacionada con el monitoreo de disponibilidad de agua se hizo mención de la red de estaciones hidrometeorológicas que existen a escala nacional y las instituciones que las operan. Para entender los cambios en la frecuencia y magnitud de eventos de exceso de agua, la calidad de esta red de monitoreo es clave. Por lo tanto, las mejoras en este sentido también ayudan al logro de la medida de adaptación que aquí se describe.

El monitoreo de estos caudales apunta principalmente al seguimiento y actualización de los registros de caudales máximos, de manera de (1) generar información histórica estadísticamente significativa o extender registros ya en curso, (2) detectar tendencias en la media, varianza y otros estadísticos de relevancia que caracterizan el comportamiento de estos caudales, (3) ajustar modelos estadísticos estacionarios y no estacionarios, según sea el caso, a ser utilizados en el diseño hidrológico de obras hidráulicas.

Adicionalmente a este objetivo principal se agregan otros impactos positivos como son (1) la contribución de información de utilidad para calibración de modelos lluvia escorrentía y modelos regionales; (2) la identificación de modelos estadísticos simples que permiten estimar caudales máximos instantáneos a partir de caudales máximos diarios, disponibles en más localidades dentro del territorio nacional y (3) el desarrollo de sistema de alerta temprana para la protección de zonas aguas debajo de los registros. Sin embargo, es importante mencionar que lo último debiese entenderse sólo como una parte de estos sistemas ya que los tiempos de respuesta y de viaje en las cuencas chilenas es bastante corto. De este modo, los sistemas de alerta temprana deben basarse principalmente en pronósticos meteorológicos y las simulaciones asociadas, como también en el monitoreo en tiempo real de las variables detonantes de eventos de crecidas.

La red actual fue diseñada con el objetivo principal de caracterizar los recursos hídricos, particularmente con un énfasis en su aprovechamiento productivo, no obstante, ha ido incorporando paulatinamente otros aspectos relacionados con el uso y conocimiento de los recursos hídricos, como por ejemplo, alerta de crecidas, evaluación de sequías, riesgos asociados a volcanismo, calidad de aguas, gestión de recursos hídricos, Cambio Climático, etc. Aun así, la información disponible suele ser insuficiente para efectos de entendimiento detallado de procesos hidrológicos, particularmente en áreas sensibles a procesos de cambio hidrológico y climático. Similarmente, estos registros son insuficientes para la caracterización de eventos extremos que ocurren en forma puntual en un periodo de tiempo relativamente corto. En función de lo anterior, se plantea la necesidad de complementar la red de estaciones fluviométricas existentes con otras especialmente consideradas para el seguimiento de potenciales efectos del Cambio Climático en la escorrentía, espe-



Cascada de La Virgen,
Región de Aysén

cialmente para caudales extremos altos. Por lo tanto, se propone que la Dirección General de Aguas diseñe un programa en el cual identifique las estaciones fluvio-métricas necesarias en áreas sensibles a procesos de cambio hidrológico y climático, las cuales debieran ser capaces de registrar valores con la frecuencia necesaria en cada caso y transmitirlos en tiempo real (por ejemplo vía satelital o GPRS). Dicho programa deberá ir acompañado de los mejoramientos institucionales necesarios para la administración de dicha red, tales como profesionales y capacidad de instalación, entre otras. Siguiendo los criterios expuestos en la sección anterior respecto a la sensibilidad a los cambios del clima, se recomienda además para la implementación de esta medida centrar los esfuerzos en las sub-subcuencas de la zona centro-sur, cuya salida se encuentre sobre los 500 metros de elevación.

RESPONSABLE: Dirección General de Aguas.

MEDIDA 8

Mejoras en monitoreo de amenazas costeras

Red de observación de climas de oleaje en aguas profundas

En Chile existen importantes carencias respecto del conocimiento del clima de oleaje, parámetro fundamental para el diseño de infraestructura marítima. Las observaciones directas del oleaje son escasas, no existiendo en la actualidad una red de boyas estables de operación continua en el tiempo.

En la actualidad, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y el Instituto Nacional de Hidráulica (INH) poseen instrumentos de medición de oleaje que cumplen con las características requeridas de medición continua y transmisión de datos en línea de espectros de oleaje direccionales que puedan instalarse en aguas profundas. En particular, el SHOA posee una boya direccional Triaxys, la que puede ser complementada por dos sistemas equivalentes en manos del INH.

La medida de adaptación está orientada a complementar la medición de oleaje, acorde a lo descrito en el párrafo anterior. En la etapa inicial, se recomienda instalar y operar cinco boyas de estas características para proveer mediciones de oleaje entre Arica y Punta Arenas, estableciéndose su distribución geográfica en concordancia con las definiciones existentes en el Sistema de Empresas Públicas (SEP), es decir:

- Zona Norte (Entre Arica y Coquimbo): 2 boyas.
- Zona Centro (Entre Valparaíso y Constitución): 1 boya.
- Zona Sur (Entre Talcahuano y Punta Arenas): 2 boyas.

RESPONSABLE: Dirección de Obras Portuarias – Instituto Nacional de Hidráulica.

SOCIO COLABORADOR: SHOA.

3.2.1.3 Línea de Acción 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura

MEDIDA 9

Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales

Actualmente la Dirección de Vialidad revisa obras de infraestructura que han presentado problemas y/o fallas en general, lo cual se asocia a la etapa de “conservación” en el ciclo de vida de las mismas. En esta medida busca contar formalmente con una ficha de catastro donde se reporten distintas condiciones de operación de estas obras. El objetivo no sólo es permitir la toma de acción inmediata en caso de emergencia, sino también levantar información que permita tomar medidas en lo relacionado a metodologías de diseño hidrológico/hidráulico.

Se hace relevante el monitoreo continuo del funcionamiento de las metodologías de modelamiento y diseño de esta infraestructura dada la incertidumbre asociada a la variabilidad y Cambio Climático. En el caso concreto de la infraestructura vial, fluvial y de drenaje, es necesario un procedimiento continuo de revisión de estrategias y supuestos de modelamientos como también de métodos de diseño, teniendo en cuenta el funcionamiento y desempeño observado en terreno. Este proceso permite validar o modificar procedimientos de manera asegurar mejores diseños al corto plazo.

Caleta San Pedro, Los Vilos,
Región de Coquimbo



Se debe catastrar anualmente, y en forma acabada, al menos una obra fluvial, una obra de drenaje y un puente por cuenca. Luego, expandir la cobertura de este monitoreo a nivel de subcuenca, partiendo por aquellas ubicadas en la zona centro sur (IV - X regiones). Finalmente, y en función de la información levantada cuando el monitoreo periódico esté implementado, se propone realizar una revisión cada cinco años de las metodologías, criterios, supuestos y herramientas de modelación y diseño hidrológico/hidráulico, que permitirá verificar si el comportamiento de la variable de diseño sigue lo considerado en la metodología de diseño. Ante este análisis es posible entonces modificar estas metodologías si fuese necesario, lo que implicaría una actualización tanto en la documentación de diseño como en el capital humano. Las medidas asociadas a cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectados por eventos extremos de origen hidrometeorológico, se realizan a través de distintas metodologías para el diseño bajo variabilidad climática que se pueden adoptar en el proceso de revisión de las metodologías actualmente utilizadas.

Adicionalmente, se hace necesario que se revise y/o valide el cálculo de las externalidades y beneficios socioeconómicos calculados en el diseño, a fin de incorporarlos al considerar elementos de adaptación al Cambio Climático.

RESPONSABLE: Dirección de Vialidad - Dirección de Obras Hidráulicas.

MEDIDA 10

Incorporación de un monitoreo semi-continuo del impacto de obras de infraestructura costera

Los registros (científicos, gráficos, etc.) de los fenómenos marítimos y climáticos en la costa son escasos y hoy se limitan a lo que se puede extraer de la prensa, Internet o archivos de personas naturales.

Hoy en día no existe información pública sistematizada para recopilar datos de los cambios físicos de las costas o riberas en diferentes escalas de tiempo ni tampoco hay un seguimiento periódico del comportamiento de los servicios de infraestructura de acuerdo con el impacto que generan las afectaciones climáticas y marítimas. En base a lo anterior, estos antecedentes y datos, en el marco del Cambio Climático, no están siendo visualizados por lo que se hace necesario levantar un sistema de monitoreo que permita recopilar información acerca de:

- Las respuestas de las estructuras marítimas y portuarias ante eventos extremos.
- Cambios morfológicos en costas en diferentes escalas de tiempo.
- Condiciones de uso de zonas litorales, entre otras.

Esta información permitirá caracterizar en forma más completa e integral los territorios que fueron, son y serán sujetos de inversión del Estado.

Para ello se plantean iniciativas como:

- Monitoreo ciudadano de zonas litorales de uso intensivo por parte de las personas: sistema de recolección de imágenes tomadas por la ciudadanía y funcionarios de la Dirección de Obras Portuarias y reportadas dicho servicio para tener una base que permita recoger datos en diferentes épocas del año. Esto se lleva a cabo por medio de la instalación de tótems de captura de imágenes para que las personas usen sus propios celulares para la toma de fotos en una dirección única respecto del punto de observación, enfocado en las zonas de interés. Adicionalmente, se plantea la necesidad de medios de almacenamiento de las imágenes recopiladas y un medio de difusión de esta información para el público. El histórico de imágenes será de uso público.
- Incorporar en las consultorías que éstas consideren estudios básicos y/o de condiciones naturales el monitoreo por medio de tecnología (cámaras de video y otras) que permitan obtener imágenes en diferentes escalas de tiempo, especialmente para entornos potencialmente vulnerables a afectaciones climáticas y marítimas: una cámara de video asociada a las zonas litorales sujetas a futura intervención y que se presentan como vulnerables frente a afectaciones climáticas, marítimas y antropogénicas, además de sistemas de respaldo y proceso de información que se pueda obtener.
- Incorporar en la ejecución de obras un monitoreo que permitan obtener imágenes en diferentes escalas de tiempo, especialmente para entornos potencialmente vulnerables a afectaciones climáticas y marítimas y en su operación inicial para establecer los cambios en el medio ambiente producto de la creación de las obras: requerimiento de monitoreo de la ejecución de las obras marítimas, portuarias y costeras para conocer las eventuales afectaciones, modificaciones y comportamiento de la infraestructura durante este proceso y durante la puesta en servicio inicial.
- Capacitación en monitoreo de costas para los profesionales de la DOP para instalar y operar las herramientas tecnológicas que permitan la recopilación y manejo de datos obtenidos en ese proceso y su posterior uso.

RESPONSABLE: Dirección de Obras Portuarias.

SOCIO COLABORADOR: Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.

3.2.1.4 Línea de Acción 4: Incorporación en los procesos de planificación ministerial las implicancias del Cambio Climático para los servicios de infraestructura MOP

MEDIDA 11

Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de Cambio Climático

A fin de considerar análisis preliminares de los potenciales efectos del Cambio Climático en los servicios de infraestructura, es necesario incluir esta temática en las distintas escalas de planificación ministerial. Éstas se relacionan con la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN), encargada de la elaboración de los planes directores de infraestructura y agua, con carácter nacional, de los planes regionales de infraestructura y de los planes especiales. En todos ellos, se realizan análisis territoriales con distintas escalas (nacional, macrozonal, regional e incluso, en algunos casos a nivel comunal), por tanto es una importante instancia para integrar la temática de Cambio Climático y, dependiendo de la escala, incluir análisis a nivel más específico. Las dos facetas de la planificación que podrían verse más comprometidas por el Cambio Climático son los estudios de demanda y evaluación de alternativas de emplazamiento para la construcción de nuevas infraestructuras.

En el análisis de alternativas de emplazamiento, se recomienda tener presente fundamentalmente posibles cambios en zonas costeras. En el caso de Chile por el clima de oleaje – más que las implicancias de la subida del nivel del mar– y el riesgo de alteración de las condiciones climáticas locales que puedan restar eficiencia y regularidad a las operaciones en infraestructuras nodales. Por ejemplo, los aeropuertos deberán planificarse de forma que permitan que las aeronaves operen la mayor cantidad de tiempo en condiciones normales de clima.

Además, se requiere incorporar la necesidad de generar estudios básicos que determinen las vulnerabilidades y riesgo de los territorios. Por ejemplo, para el caso de la Dirección de Obras Hidráulicas en el ámbito de las crecidas de cauces y riesgo aluvional, de manera de orientar y dirigir estratégicamente las necesidades y prioridades de infraestructura, como de las gestiones interinstitucionales derivadas.

Responsable: Dirección de Planeamiento y Direcciones Ejecutoras (DV-DOH-DAP-DOP-DA) y Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

3.2.2 Eje de Mitigación

Propender hacia la construcción de las obras de infraestructura MOP baja en carbono (OE2)

En materia de mitigación, Chile tiene compromisos internacionales suscritos en el marco del Acuerdo de Copenhague (COP15, 2009), a través del cual el Estado se compromete voluntariamente a realizar “acciones nacionalmente apropiadas de mitigación” de modo de lograr una desviación del 20% por debajo de su trayectoria creciente de emisiones business as usual en el 2020, proyectadas desde el 2007⁸. Del mismo modo, bajo el Acuerdo de París (diciembre 2015), los países son responsables de tomar medidas y reportar el progreso de sus acciones. Los países presentaron sus mejores esfuerzos a través de “contribuciones determinadas a nivel nacional”⁸ y poseen la obligación de implementar dichas contribuciones, reportar el avance de las mismas y revisarán sus compromisos al alza cada cinco años, con la idea de ir aumentando la ambición en el tiempo para asegurar que se alcanza el objetivo del acuerdo. Esto debido a que las metas de mitigación agregadas de todos los países no son suficientes para mantener la trayectoria de temperatura por debajo de los 2°C.

En dicho acuerdo, Chile se compromete al año 2030 a reducir sus emisiones de CO₂ por unidad de PIB en un 30% con respecto al valor alcanzado en 2007. Condicionado a la obtención de aportes monetarios internacionales, el país se compromete a ese período a aumentar su reducción de emisiones de CO₂ por unidad de PIB hasta alcanzar una disminución entre 35% a 45% con respecto al nivel alcanzado en 2007, considerando un crecimiento económico futuro que le permita implementar las medidas adecuadas para alcanzar este compromiso.

Autopista Central de Santiago, Región Metropolitana

⁸ Las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) son un compromiso de la comunidad internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, acorde con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CM-NUCC) y no exceder los 2 grados centígrados de temperatura en el planeta respecto a la época preindustrial.



3.2.2.1 Línea de Acción 5: Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en el diseño, operación y construcción de infraestructura y edificación pública

MEDIDA 12

Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de infraestructura pública MOP

Actualmente varias de las Direcciones Ejecutoras del proyecto integran en sus obras de infraestructura energías renovables no convencionales, entre ellas las Direcciones de Obras Portuarias, Aeropuertos y Vialidad. Dicha iniciativa no responde a una política pública del Ministerio de Obras Públicas, sino más bien a acciones aisladas que dicen relación con el presupuesto asignado a la obra.

Para la implementación de las ENRC, un actor relevante es el Ministerio de Desarrollo Social, pues se puede incrementar el costo inicial de la obra al considerar este tipo de energías. Sin embargo, una forma de incorporar las ENRC es a través de la cuantificación de la reducción del precio social del carbono como beneficio en la evaluación social de proyectos del MDS.

RESPONSABLE: Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio - Direcciones Ejecutoras (DV-DOH-DAP-DOP-DA) y Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Energía.

MEDIDA 13

Incorporación de eficiencia energética y confort ambiental en la edificación pública que ejecuta el MOP

Durante el año 1999 la Dirección de Arquitectura inició estudios de Eficiencia Energética, los que comienza a implementar de forma paulatina a partir del año 2006, con la incorporación de conceptos de Diseño Pasivo y con criterios de Eficiencia Energética, tendiente a proveer al país de edificios públicos diseñados y construidos térmicamente eficientes, con mejorados estándares ambientales y con menores consumos energéticos, acordes con los desafíos que impone el mejor uso de nuestros recursos, el cuidado del medio ambiente con su efecto reductor en Gases de Efecto Invernadero y la ejecución de mejores ciudades para el desarrollo humano.

La materialización de todos estos eventos se han orientado fundamentalmente al universo profesional (arquitectos, ingenieros, constructores civiles y expertos) de la Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas, municipalidades, institu-

ciones mandantes, usuarios y autoridades a nivel país, siendo una excelente oportunidad de producir sinergia en el tema e intercambio técnico entre organismos que aprueban el financiamiento y que formulan proyectos, con el objetivo de establecer una línea base en la definición del nivel de calidad de los proyectos de inversión.

El trabajo de la Dirección de Arquitectura también se orienta a los equipos de consultorías y empresas contratistas, para cerrar el círculo que permita aplicar en forma gradual, coordinada y consensuada los Términos de Referencia de Eficiencia Energética (TDRe), elaborados por el servicio y que se aplican en etapa de diseño y de obra. De este modo se asume la responsabilidad de certificar los edificios públicos mediante el método nacional Certificación Edificio Sustentable.

• Certificación Edificio Sustentable (CES)

Se desarrolló un modelo de Certificación Nacional de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética de edificios de uso público, en base a parámetros universales e internacionalmente conocidos y aplicados a nuestra realidad. El objetivo del sistema es evaluar, calificar y certificar el grado de sustentabilidad ambiental del edificio, entendiendo ésta como la capacidad de un edificio de lograr niveles adecuados de calidad ambiental interior, con un uso eficiente de recursos (equipos y operación) y baja generación de residuos y emisiones de gases de efecto invernadero.

Dicho sistema es aplicado a "edificios de uso público" y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada, tanto nuevos como existentes. En este sentido, el objetivo de la certificación es que una tercera parte independiente verifique que las características del edificio a certificar cumplen con los requerimientos definidos en el Manual de Evaluación y Calificación.

• Términos de Referencia Eficiencia Energética (TDRe)

Los denominados TDRe, son Términos de Referencia estandarizados con parámetros de Eficiencia Energética y confort ambiental para licitaciones de diseño y obra de la DA, según zona geográfica del país y tipología de edificios. Son una guía de apoyo técnico para el desarrollo y supervisión de diseños y obras para consultores, contratistas e inspectores fiscales y desarrolla una ficha TDRe que permite entregar la información en forma simplificada, coordinada y estructurada.

Por tanto, se plantea como medida del plan continuar e implementar en edificios de uso público y en la infraestructura pública, el diseño pasivo y la eficiencia energética a través de los Términos de Referencia estandarizados de eficiencia energética y confort ambiental (TDRe) de la Dirección de Arquitectura y la exigencia de la Certificación para Edificios Sustentables (CES) e infraestructura sustentable. Su objetivo principal es incorporar en la edificación e infraestructura pública, conceptos de Diseño Pasivo, Eficiencia Energética y Sustentabilidad, tendientes a proveer al país de edificios e infraestructura diseñados, construidos térmicamente eficientes, con mejorados estándares ambientales y con menores consumos ener-

géticos, acordes con los desafíos que impone el mejor uso de nuestros recursos, el cuidado del medio ambiente (Cambio Climático) y la ejecución de mejores ciudades para el desarrollo humano.

Los posibles productos de esta medida son:

- Licitaciones con fondos sectoriales y extra sectoriales de la Dirección de Arquitectura que refuercen la inclusión de requisitos de eficiencia energética y/o sustentabilidad en sus bases de licitación.
- Ampliar esta certificación al área de infraestructura pública del MOP.
- Contar con la totalidad de edificios públicos diseñados, construidos y gestionados por el MOP, certificados a través del sistema de Certificación Edificio Sustentable.
- Disponer con el desarrollo de infraestructura que contemple edificación, baja en carbono. A través de certificación de infraestructura CES.

RESPONSABLE: Dirección de Arquitectura – Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio de Desarrollo Social – Ministerio de Energía.

**Puerto Montt,
Región de Los Lagos**



MEDIDA 14

Medición y gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP

La preocupación por el Cambio Climático ha fomentado el desarrollo de métricas de evaluación ambiental en diversos ámbitos. Una de las herramientas de contabilidad y reporte ambiental es la Huella de Carbono (HdC), que corresponde a “la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto”(UK Carbon Trust, 2008). Los Gases de Efecto Invernadero considerados son aquellos definidos por las Naciones Unidas en el Protocolo de Kyoto: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ y la cantidad total se expresa en unidades de masa de dióxido de carbono equivalente (tCO₂-e).

Esta herramienta ha tomado fuerza como indicador de sustentabilidad durante los últimos años, debido en parte a la simplicidad de su reporte y la posibilidad de hacer comparaciones en el tiempo y entre productos de la misma categoría. El cálculo de la HdC se constituye en el punto de partida para la comprensión y análisis de la situación propia que permite a continuación iniciar medidas concretas de mejoramiento, como la eficiencia energética y operacional y el uso de energías renovables, entre otros. La generalidad es que las reducciones de HdC significan, a su vez, rebajas de costos y en muchas ocasiones éstas superan con creces los esfuerzos e inversiones desplegadas.

Se plantea como medida calcular la HdC en la fase de construcción de las obras a fin de dotar de un marco de sustentabilidad a esta repartición pública. Para facilitar la incorporación de esta herramienta de gestión es necesario que se efectúe en forma paulatina y es recomendable realizar el cálculo a través de casos piloto por tipología de obra, poniendo especial énfasis en las medidas asociadas a la reducción de GEI.

RESPONSABLE: Direcciones Ejecutoras – Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio –Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio del Medio Ambiente.

MEDIDA 15

Reducción de GEI en la maquinaria del MOP

Actualmente, la Dirección de Vialidad cuenta con maquinaria pesada propia y es de su interés dotarlas de criterio de ecoeficiencia, contribuyendo de así a la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para ello, se planea incorporar equipamiento en la flota de la maquinaria para medir y reportar GEI en etapa de ralentí. Asimismo, se plantea realizar un análisis técnico y legal de la iniciativa, con el fin de replicarla en otras Direcciones Ejecutoras del

MOP, las que realizan sus proyectos a través de subcontratos. Por último, se propone analizar la inclusión en los contratos de obras públicas de medidas de eficiencia en la operación de la maquinaria fuera de ruta.

Productos esperados de la medida:

- Implementar medidas de ecoeficiencia en la flota de maquinaria de la Dirección de Vialidad.
- Capacitación a los operarios de la maquinaria respecto a la importancia de evitar el ralentí en la operación de la maquinaria, a fin de evitar generación de Gases de Efecto Invernadero.
- Incorporar medidas de eficiencia en los contratos de obras públicas, para la operación de maquinaria fuera de ruta.

RESPONSABLE: Dirección de Vialidad – Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio –Ministerio de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio de Medio Ambiente.

3.2.2.2 Línea de Acción 6: Contabilidad de reducción de Gases de Efecto Invernadero

MEDIDA 16

Implementar una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el Ministerio de Obras Públicas

Dada la serie de iniciativas en materia de eficiencia energética que permiten reducir Gases de Efecto Invernadero descritas en las medidas anteriores, se requiere implementar un sistema que permita sistematizar la contribución que desde las obras públicas se realizan en pos de dar cumplimiento a los compromisos de mitigación al Cambio Climático, que aúne las reducciones de GEI que se produzcan debido al cambio en diseño de las obras y que consideren ERNC y/o criterios de diseño pasivo en edificación como las que eventualmente puedan generarse al aplicar las medidas derivadas de la aplicación de HdC.

Para ello, se requiere implementar un desarrollo tecnológico para que las Direcciones Ejecutoras puedan ingresar las reducciones de GEI por proyecto, y a su vez se cuente con herramientas que permitan medir, reportar y verificar dichas reducciones.

RESPONSABLE: Direcciones Ejecutoras – (DV-DOH-DAP-DOP-DA) –Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio – Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

3.2.3 Eje Gestión del Conocimiento

Generar capacidades en los funcionarios en materia de Cambio Climático en las áreas de adaptación y mitigación

3.2.3.1 Línea de Acción 7: Coordinación Intra e Interministerial del Cambio Climático

MEDIDA 17

Coordinación interministerial – Ministerio de Obras Públicas

La responsabilidad del desarrollo e implementación de un Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático implica coordinaciones de varios ministerios e instituciones del Estado. Cabe destacar que actualmente la SEMAT actúa como punto focal frente al Ministerio del Medio Ambiente para todos los temas relativos a Cambio Climático, por tanto correspondería a esta secretaría hacer el seguimiento de la ejecución del plan, pero además impulsar iniciativas para dar cumplimiento a las medidas, en apoyo a las Direcciones Ejecutoras.

RESPONSABLE: Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio.

MEDIDA 18

Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación

- De la descripción realizada respecto al rol de los servicios de infraestructura y los posibles impactos del Cambio Climático, se identifican una serie de posibles interacciones con los procesos de adaptación que se desarrollen en otros sectores y niveles de implementación. Se reconocen tres tipos de relaciones que deben ser considerados en esta coordinación:
- Necesidades de servicios de infraestructura que surjan de planes de adaptación sectorial: Los impactos del Cambio Climático en algunos sectores (ej. agrícola) o escalas (ej. ciudades, cuencas) generan una nueva necesidad de servicio de infraestructura o la revisión de un servicio de infraestructura existente.
- Medidas de adaptación complementarias que pueden generarse en otros planes de adaptación sectorial: En la discusión de medidas de adaptación para hacer frente a un cambio en necesidades de servicios de infraestructura pueden surgir opciones que pueden ser considerados en otros procesos de adaptación.

- Generación y traspaso de información climática necesaria para el análisis de amenazas y oportunidades futuras: Se espera que la generación de información climática futura surja de instituciones externas al MOP, que se encarga de manera más concreta del proceso de evaluación y diseño de obras de infraestructura.

RESPONSABLE: Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio, Dirección General de Obras Públicas- Ministerio del Medio Ambiente (coordinación interministerial).

3.2.3.2 Línea de Acción 8: Gestión del Conocimiento en Cambio Climático

MEDIDA 19

Creación de la Unidad de Cambio climático

Acorde al compromiso adquirido en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PAN) (MMA, 2014), se debe “crear una Unidad de Cambio Climático en cada ministerio competente, que asuma las tareas de coordinar el diseño implementación y actualización de los planes de adaptación al interior de su institución”, con plazo para su implementación entre los años 2015–2016. Compromiso ratificado en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.

Dicha unidad debiese abordar los desafíos de este eje, velar por el cumplimiento del presente plan y coordinar y dar lineamientos en materias de Cambio Climático tanto a las Direcciones Ejecutoras como a la Dirección General de Aguas. Además de aquello, la unidad tendrá que coordinar el desarrollo del plan a nivel regional, articulando las diferentes iniciativas locales a fin de evitar duplicaciones de esfuerzos y recursos.

RESPONSABLE: Ministerio de Obras Públicas – Dirección General de Obras Públicas.

MEDIDA 20

Generación de capacidades en Cambio Climático

Dado que en materia de Cambio Climático existe avance científico permanente en el desarrollo del conocimiento del fenómeno mismo, como en modelaciones de distintas naturalezas tanto a nivel nacional como internacional, es de vital importancia que los funcionarios del Ministerio de Obras Públicas se capaciten respecto de estos avances, a fin de dar respuesta a los nuevos desafíos que se proyectan debido a las amenazas climáticas que potencialmente afectarían a la infraestructura y los servicios que ésta presta.

Por tanto, para tales efectos será la Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio de la Dirección General de Obras Públicas la encargada de coordinar y hacer las gestiones pertinentes para que los funcionarios de esta repartición pública se capaciten en materia de Cambio Climático, ello en colaboración con universidades y centros de investigación.

RESPONSABLE: Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio, Dirección General de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio del Medio Ambiente.

MEDIDA 21

Gestión del Cambio Climático en el territorio

La infraestructura, junto al agua, es un factor de apropiación del territorio y de las territorialidades que pudieran derivarse, lo cual releva la incidencia y delicadas implicancias de la gestión del Ministerio de Obras Públicas en las condiciones de vida de muchas personas (De ahí la importancia de integrar territorios y personas al desarrollo, en ocasiones por no evaluarse adecuadamente todas las variables claves, se ocasiona un efecto contrario).

Dicho lo anterior y dado que el presente plan tiene carácter nacional, a fin de una mejor articulación de éste a nivel territorial se propone como medida efectuar programas regionales (subregionales) que recojan las medidas locales tanto adaptativas como de mitigación al Cambio Climático.

Entendiendo que el Cambio Climático es un proceso que requiere de una evaluación constante, respecto del comportamiento a nivel local y de las obras, en el presente plan de acción se definen nuevos requerimientos conceptuales y teóricos de los estudios y proyectos, con objeto de evaluar nuevos estándares constructivos, la necesidad de redefinición de dotación de consumo de agua potable rural y urbana, y la necesidad de reestructuración de la infraestructura del agua; todo ello conforme la disponibilidad proyectada de este recurso. Dichos programas tendrán la ventaja de integrar espacialmente los supra y sub-territorios nacionales y regionales, con sus respectivos actores.

RESPONSABLE: Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio, Dirección General de Obras Públicas – Secretarías Regionales Ministeriales (UGAT) – Direcciones Regionales

CORRESPONSABLE: Ministerio del Medio Ambiente.

MEDIDA 22

Cambio en normas, procedimientos y estándares

Esta medida está orientada a revisar las normas, procedimientos y estándares técnicos a través de los cuales se diseña y aprueba la infraestructura pública del MOP, así como en aquella ejecutada por privados y que para su materialización requiere aprobación técnica del Ministerio de Obras Públicas, como es el caso de la infraestructura portuaria.

Además, se advierte la necesidad de revisar el procedimiento de traspaso de los embalse a los regantes, así como en la aprobación que desde la DOH se da a la extracción de áridos en cauces. Ello, con la finalidad de integrar la adaptación al Cambio Climático en estas normas, procedimientos y estándares.

**Infraestructura portuaria en Puerto Edén,
Región de Magallanes y la Antártica Chilena**



Otro elemento que merece la atención, desde un punto de vista más integral, es la delimitación de zonas de riesgos que se deriven desde los planes reguladores, toda vez que producto de los últimos eventos de carácter catastróficos producidos por el clima, se ha evidenciado la instalación de población en la infraestructura que construye el MOP, como es el caso de las obras de control aluvional en quebradas. Sin duda, es un tema que amerita atención y coordinación del aparato público, en especial consideración de los aluviones acontecido en los últimos años.

RESPONSABLE: Direcciones Ejecutoras (DV-DOH-DAP-DOP-DA) – Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio, Dirección General de Obras Públicas – Dirección de Planeamiento – Coordinación de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

SOCIO COLABORADOR: Ministerio del Medio Ambiente (Plan de Ciudades al CC) – Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

3.2.3.3 Línea de Acción 9: Promoción de la innovación tecnológica para la adaptación al Cambio Climático

MEDIDA 23

Incorporación de innovación tecnológica en adaptación y mitigación al Cambio Climático

Considerando que para el desarrollo y ejecución de este plan se requiere contar con información fidedigna, oportuna y en línea, esta medida da cuenta de la necesidad de incorporar acciones de innovación tecnológica en todo lo que respecta al monitoreo tanto de amenazas como de vulnerabilidad de los servicios de infraestructura. Es por ello que se hace necesario incluir tecnología que permita anticiparse a eventos catastróficos, relacionada a la información en materia de recursos hídricos y de datos climáticos que faciliten la toma de decisiones en forma oportuna y den cuenta de la necesidad de nuevas medidas de adaptación. Asimismo, es importante también introducir avances tecnológicos para las comunicaciones frente a emergencias.

Responsable: Dirección General de Obras Públicas – Direcciones Ejecutoras (DV-DOH-DAP-DOP-DA) e Instituto Nacional de Hidráulica.



Puerto de Arica,
Región de Arica y Parinacota



4. MONITOREO, EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN

A fin de evaluar el cumplimiento del presente plan, se realizará un monitoreo del cumplimiento de las medidas establecidas en el cada dos años. Dicho plazo se alinea con las políticas públicas de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente en lo que respecta a los Informes Bienales de Actualización de Chile, compromiso adquirido en el marco de la Conferencia de las Partes 16, asociado a los Acuerdos de Cancún (diciembre, 2010), donde se señala que los países en desarrollo deberán presentar a la convención informes bienales de actualización (IBA o BUR, biennial update reports) que contengan información actualizada sobre los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero, medidas de mitigación, necesidades en esa esfera y el apoyo recibido.

En lo que respecta a la actualización del plan, éste se realizará cada cinco años también en coherencia a las directrices del Ministerio del Medio Ambiente, toda vez que el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático tiene un horizonte al año 2022.

5. FICHAS RESÚMENES DE LAS MEDIDAS

Eje adaptación

LÍNEA DE ACCIÓN 1: Cambios metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidrológico futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de infraestructura

NOMBRE DE LA MEDIDA	M1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	MOP
SOCIO COLABORADOR	MDS
PRODUCTO ESPERADO	Integración de la adaptación respecto de la evaluación económica-social de los proyectos de infraestructura MOP que evalúa MDS.
PLAZO ESTIMADO	Proceso Continuo
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sectorial MOP y/o MDS
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de estudios tendientes a integrar la adaptación en la metodología de evaluación social de MDS.
DESCRIPCIÓN	La incorporación del Cambio Climático en el ciclo de vida de la provisión de infraestructura, implica un aumento significativo de la incertidumbre de los beneficios y costos del proyecto de inversión, incrementando los horizontes de evaluación. Por tanto, para dicha incorporación se requiere efectuar un estudio que analice las metodologías de evaluación de proyectos de inversión que permitan incorporar el aumento de la incertidumbre y de los horizontes de evaluación que implica la consideración del Cambio Climático en el diseño de los proyectos de infraestructura pública.
META	20% de la cartera de proyectos MOP integra la adaptación en la evaluación social de proyectos MIDESO durante el año 2018. 30% de la cartera de proyectos MOP integra la adaptación en la evaluación social de proyectos MIDESO durante el año 2019. 45% de la cartera de proyectos MOP integra la adaptación en la evaluación social de proyectos MIDESO durante el año 2020. 60% de la cartera de proyectos MOP integra la adaptación en la evaluación social de proyectos MIDESO durante el año 2021. 80% de la cartera de proyectos MOP integra la adaptación en la evaluación social de proyectos MIDESO durante el año 2022.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M2: Incorporación de cambios metodológicos en las etapas de desarrollo de obras de infraestructura asociadas a la provisión de recursos hídricos: embalses de regadío.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DOH-DGA- DIRPLAN
SOCIO COLABORADOR	CNR CCOP
PRODUCTO ESPERADO	Contar con metodologías y procedimientos para la integración del Cambio Climático en la planificación y diseño de embalses.
PLAZO ESTIMADO	1-5 años
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sectorial MOP
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	- N° de estudios (en cualquier etapa de la iniciativa de inversión) que integren el Cambio Climático en diseño de embalses. -Manuales y procedimientos que integren al Cambio Climático
DESCRIPCIÓN	El Cambio Climático puede afectar en el futuro las necesidades de servicios de infraestructura al alterar la disponibilidad de agua en la fuente o alterar las necesidades de consumo de agua. En el caso de obras de riego, en particular embalses, se reconoce que, por una parte, dado el periodo largo de operación de estas obras, y por otra, los altos costos/beneficios de estas obras en relación a los costos de generar la información climática adecuada, es pertinente introducir cambios metodológicos en distintas etapas de desarrollo de estas obras.
META	▪ 20% de la totalidad de estudios factibilidad (prefactibilidad) para el diseño de embalses contemplan proyecciones futuras de cambio climático año 2018. ▪ 30% de la totalidad de estudios factibilidad (prefactibilidad) para el diseño de embalses contemplan proyecciones futuras de cambio climático año 2019. ▪ 40% de la totalidad de estudios factibilidad (prefactibilidad) para el diseño de embalses contemplan proyecciones futuras de cambio climático año 2020. ▪ 50% de la totalidad de estudios factibilidad (prefactibilidad) para el diseño de embalses contemplan proyecciones futuras de cambio climático año 2021. ▪ 60% de la totalidad de estudios factibilidad (prefactibilidad) para el diseño de embalses contemplan proyecciones futuras de cambio climático año 2022.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M3: Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de desarrollo de obras de infraestructura en zonas costeras: Revisión y actualización de normativas vigentes y metodologías de análisis estadísticos de series de tiempo.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DOP INH
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Contar con metodologías que integren el Cambio Climático en el diseño de los productos estratégicos de la DOP. Incorporación de normas y estándares con integración del Cambio Climático.
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS 2-4 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sectorial MOP y fondos internacionales
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	- N° de proyectos DOP que integren el Cambio Climático en el diseño de las obras. - N° de estándares y normas ajustadas a los impactos del Cambio Climático.
DESCRIPCIÓN	Se requiere generar información de climas de oleaje en aguas profundas, además de desarrollar bases de datos de climas de oleaje futuro, considerando la incertidumbre climática y sus implicancias en las variables oceanográficas, para evaluar los diseños de obras, su nivel de servicio y/o alternativas de adaptación a lo largo de su vida útil. Además, es necesario establecer metodologías más adecuadas para actualizar las normativas en conjunto con efectuar una capacitación de profesionales de la DOP para evaluar los estudios realizados por terceros.
META	• 2018- 2022: Incremento de 20% anual en iniciativas de inversión que incorporen metodologías asociadas a cambio climático • 2018-2022: Actualización del 100% de manuales DOP que incorporen análisis de cambio climático.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M4: Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometeorológico: - Infraestructura Vial de conectividad - Infraestructura aeroportuaria.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DV-DAP
SOCIO COLABORADOR	CCOP DGAC
PRODUCTO ESPERADO	Actualización de normas y estándares de la DA y DV para incorporar el Cambio Climático. Metodologías específicas para el diseño de obras viales y aeroportuaria que consideren el Cambio Climático.
PLAZO ESTIMADO	Proceso Continuo
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	- N° de proyectos que consideren al CC en su diseño (viales y aeroportuarias). - N° de manuales y procedimientos actualizados con consideraciones del Cambio Climático.
DESCRIPCIÓN	El Cambio Climático puede afectar la conectividad de las personas producto del impacto que tendrá en la infraestructura vial (puentes, caminos, taludes) y la infraestructura aeroportuaria (edificios terminales, pistas, sistema de desagües, etc.). Por tanto, la medida plantea analizar, a través de estudios específicos, las modificaciones requeridas para la adaptación del diseño de estas infraestructuras al Cambio Climático.
META	- Lograr que al año 2022 el 50% de las iniciativas de inversión de la cartera de Vialidad empleen en sus diseños metodologías que incorporen el cambio climático. - Lograr que al año 2022 el 50% de las iniciativas de inversión aeroportuarias empleen en sus diseños metodologías que incorporen el cambio climático. 2018-2022: Actualización del 100% de manual de carretera DV y manuales DAP que incorporen análisis de cambio climático.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas: - Infraestructura hidráulica de evacuación y drenaje de aguas lluvias. - Obras de manejo de cauce y control aluvional.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DOH
SOCIO COLABORADOR	MINVU SERNAGEOMIN
PRODUCTO ESPERADO	Programas de Drenaje de Aguas Lluvias y Control Aluvional.
PLAZO ESTIMADO	3 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de programas generados, ya sean a nivel regional o nacional.
DESCRIPCIÓN	El Cambio Climático está provocando un exceso de lluvias en algunas partes del planeta y escasez de precipitaciones en otras, las situaciones pueden afectar a zonas urbanas y rurales. Ambas situaciones son visibles ya en Chile. Dicha amenaza tendrá impacto en sistemas de drenaje y evacuación de aguas lluvias (inundaciones) y, de control aluvional, por tanto, la medida se plantea desde el punto de vista tanto del diseño de las obras asociadas a este tipo de infraestructuras como a los procesos de planificación de ellas.
META	Lograr que un 40% de las regiones cuenten con programas de protección del territorio al año 2022.

LÍNEA DE ACCIÓN 2: Monitoreo de Amenazas

NOMBRE DE LA MEDIDA	M6: Conocimiento Actual y Futuro de Glaciares
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGA
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Funcionamiento de la Red de Glaciología
PLAZO ESTIMADO	Permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	(Nº de estaciones meteorológicas existentes en funcionamiento en el año t/ Nº total de estaciones meteorológicas existentes en el año t)*100
DESCRIPCIÓN	La necesidad de incorporar acciones de mejora en las redes de monitoreo ya había sido destacada dentro de las responsabilidades que le caben a la DGA en torno a la adaptación al Cambio Climático, siendo la principal de ellas la generación de información de calidad y a una frecuencia adecuada que permitan hacer análisis y ayuden a mejorar la toma de decisiones en relación al uso sustentable del recurso hídrico.
META	Una estación está en funcionamiento si tiene un 75% ó más de días con datos (registros) en el período informado, ya sea transmitidos satelitalmente o retirados desde el datalogger

NOMBRE DE LA MEDIDA	M7: Mejoras en monitoreo de caudales extremos.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGA
SOCIO COLABORADOR	-
PRODUCTO ESPERADO	Mayor número de estaciones en monitoreo que mida caudales extremos en aquellas cuencas con mayores eventos.
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de estaciones que midan caudales extremos instaladas en cuencas más significativas
DESCRIPCIÓN	El monitoreo de estos caudales apunta principalmente al seguimiento y actualización de los registros de caudales máximos, de manera de (1) generar información histórica estadísticamente significativa o extender registros ya en curso, (2) detectar tendencias en la media, varianza y otros estadísticos de relevancia que caracterizan el comportamiento de estos caudales, (3) ajustar modelos estadísticos estacionarios y no estacionarios, según sea el caso, a ser utilizados en el diseño hidrológico de obras hidráulicas.
META	40% de instalación de estaciones de monitoreo en caudales extremos al año 2022

NOMBRE DE LA MEDIDA	M8: Mejoras en monitoreo de amenazas costeras.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DOP -INH
SOCIO COLABORADOR	SHOA
PRODUCTO ESPERADO	Contar con mayor número de boyas que monitoreen el clima de oleaje
PLAZO ESTIMADO	+5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos Sectoriales SHOA -MOP financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de boyas instaladas a lo largo de las costas chilena.
DESCRIPCIÓN	En Chile existen importantes carencias respecto del conocimiento del clima de oleaje, parámetro fundamental para el diseño de obras marítimas. Las observaciones directas del oleaje son escasas, no existiendo en la actualidad una red de boyas estable de operación continua en el tiempo. Respecto a la medida b) se considera un sistema similar al actualmente en operación en el Puerto de San Antonio, que incluye un equipo ADCP fondeado en las cercanías del puerto y un sistema de transmisión y explotación de datos. Se considera la expansión de este modelo al sistema de puertos del Estado bajo la tutela del SEP, es decir cuatro puertos en la zona norte, dos en la zona centro y cuatro en la zona sur.
META	Contar con la instalación de 5 boyas distribuidas territorialmente según lo descrito en la medida al año 2022.

LÍNEA DE ACCIÓN 3: Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura

NOMBRE DE LA MEDIDA	M9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DV-DOH
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Contar con un sistema integrado MOP respecto al comportamiento de la infraestructura frente a eventos climáticos extremos.
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	De la totalidad de eventos extremos que se producen cada año, registrar el comportamiento de la infraestructura en el sistema integrado MOP.
DESCRIPCIÓN	Se hace relevante el continuo monitoreo del funcionamiento de las metodologías de modelamiento y diseño de esta infraestructura, dado la incertidumbre asociada a la variabilidad y Cambio Climático. En el caso concreto de la infraestructura vial, fluvial y de drenaje, es necesario un procedimiento continuo de revisión de estrategias y supuestos de modelamientos como también de métodos de diseño, teniendo en cuenta el funcionamiento y desempeño observado en terreno. Este proceso permite validar o modificar procedimientos de manera de asegurar mejores diseños al corto plazo.
META	Al año 2022 contar con el 30% de los eventos acontecidos por año en el sistema integrado MOP.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M10: Incorporación de un monitoreo semi-continuo del impacto de obras de infraestructura costera.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DOP
SOCIO COLABORADOR	DIRECTEMAR
PRODUCTO ESPERADO	Contar con un sistema de monitoreo
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Tótems instalados en las obras DOP del borde costero
DESCRIPCIÓN	Instalación de tótems de captura de imágenes para que las personas usen sus propios celulares para la toma de fotos en una dirección única respecto del punto de observación, enfocado en las zonas de interés.
META	- Al 25% de las iniciativas que contemplen ejecución de las obras incorporen un tótem al año 2018 40% de las iniciativas que contemplen ejecución de las obras incorporen un tótem al año 2019 60% de las iniciativas que contemplen ejecución de las obras incorporen un tótem al año 2020 75% de las iniciativas que contemplen ejecución de las obras incorporen un tótem al año 2021 100% de las iniciativas que contemplen ejecución de las obras incorporen un tótem al año 2022

LÍNEA DE ACCIÓN 4: incorporación en los procesos de planificación

NOMBRE DE LA MEDIDA	M11: Incorporar en todas las escalas de planificación ministerial los efectos de Cambio Climático.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DIRPLAN –DIREC MOP
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Estudios, manuales, planes y programas con Cambio Climático.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de estudios/planes y programas con Cambio Climático.
DESCRIPCIÓN	A fin de incorporar análisis preliminares de los potenciales efectos del Cambio Climático en los servicios de infraestructura, es necesario incorporar esta temática en las distintas escalas de planificación ministerial.
META	Al año 2022, el 100% de los procesos de planificación ministerial deben integrar cambio climático.

LÍNEA DE ACCIÓN 5: Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en la construcción de infraestructura y edificación pública

NOMBRE DE LA MEDIDA	M12: Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de infraestructura pública MOP.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	MOP
SOCIO COLABORADOR	MinENERGÍA
PRODUCTO ESPERADO	Licitaciones con fondos sectoriales y extra sectoriales que refuerzan la inclusión de requisitos de eficiencia energética y/o sustentabilidad en sus bases de licitación de infraestructura pública del MOP.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de infraestructura con certificación CES.
DESCRIPCIÓN	Actualmente varias de las Direcciones Ejecutoras integran en sus obras de infraestructura energías renovables no convencionales, como son las Direcciones de Obras Portuarias, Aeropuertos y Vialidad. Dicha iniciativa no responde a una política pública del Ministerio de Obras Públicas sino más bien a acciones aisladas que dicen relación con el presupuesto asignado a la obra.
META	25% de las licitaciones en infraestructura pública que contemplen criterios de eficiencia energética y sustentabilidad al año 2022

NOMBRE DE LA MEDIDA	M13: Incorporación de la eficiencia energética y confort ambiental en la edificación pública.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DA-SEMAT
SOCIO COLABORADOR	MDS- MINENERGIA
PRODUCTO ESPERADO	- Licitaciones con fondos sectoriales y extra sectoriales de la Dirección de Arquitectura del MOP que refuercen la inclusión de requisitos de eficiencia energética y/o sustentabilidad en sus bases de licitación. - Contar con la totalidad de edificios públicos diseñados, construidos y gestionados por el MOP, certificados a través del sistema de Certificación Edificio Sustentable (CES).
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de infraestructura con certificación CES.
DESCRIPCIÓN	Al interior del MOP se ha creado institucionalidad a partir de esta temática, con el SubDepartamento de Eficiencia Energética de la Dirección de Arquitectura. Sin embargo, todo este esfuerzo no se ha vinculado con Cambio Climático, aun cuando existe una relación directa. Por tanto, se requiere contabilizar y sistematizar la reducción de Gases de Efecto Invernadero que se están realizando a través de la construcción de la edificación pública, de manera de visibilizar y contribuir a los compromisos que Chile ha suscrito en materia de mitigación al Cambio Climático.
META	▪ 25% de las licitaciones en edificación pública que contemplen criterios de eficiencia energética y sustentabilidad al año 2019 y certificación CES ▪ 30% de las licitaciones en edificación pública que contemplen criterios de eficiencia energética y sustentabilidad al año 2021 y certificación CES ▪ 40% de las licitaciones en edificación pública que contemplen criterios de eficiencia energética y sustentabilidad al año 2022 y certificación CES

NOMBRE DE LA MEDIDA	M14: Medición y Gestión de la Huella de Carbono en la obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	Direcciones Ejecutoras MOP - CCOP- DGOP/SEMAT
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Contar con metodologías para medición y gestión de la Huella de Carbono por tipologías de obras MOP.
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de proyectos que han medido y gestionado su HdC.
DESCRIPCIÓN	Es de interés del Ministerio calcular la HdC en la fase de construcción de las obras, a fin de dotar de un marco de sustentabilidad a esta repartición pública. Para efectuar la incorporación de esta herramienta de gestión, es necesario que se efectúe en forma paulatina y es recomendable efectuar el cálculo a través de casos piloto por tipología de obra, poniendo especial énfasis en las medidas asociadas a la reducción de GEI.
META	▪ 2022 contar 35% de cartera MOP que incorporen en licitaciones medición y gestión de HdC

NOMBRE DE LA MEDIDA	M15: Reducción de GEI en la Maquinaria del MOP.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DV -SEMAT
SOCIO COLABORADOR	MMA
PRODUCTO ESPERADO	Contar con maquinaria pesada de la Dirección de Vialidad.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de contratos que incorporan medidas de ecoeficiencia para operación de maquinaria fuera de ruta.
DESCRIPCIÓN	Actualmente la Dirección de Vialidad cuenta con maquinaria pesada propia y es de su interés dotarla de criterio de ecoeficiencia, contribuyendo de esta manera a la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Para ello, se planea incorporar equipamiento en la flota, para medir y reportar GEI en etapa de ralentí.
META	Al año 2022 el 25% de la maquinaria fuera de ruta de la DV incorporen criterios de ecoeficiencia, considerando tanto para maquinaria nueva como la ya existente.

LÍNEA DE ACCIÓN 6: Contabilidad de reducción de Gases de efecto invernadero

NOMBRE DE LA MEDIDA	M16: Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el MOP.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	Direcciones MOP -SEMAT Y CCOP
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Plataforma para sistematizar la reducción GEI del MOP
PLAZO ESTIMADO	5 AÑOS
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Plataforma implementada
DESCRIPCIÓN	Se requiere implementar un desarrollo tecnológico para que las Direcciones Ejecutoras puedan ingresar las reducciones de GEI por proyecto, y a su vez se cuente con herramientas que permita medir, reportar y verificar dichas reducciones.
META	Al año 2022 contar con plataforma 100% operativa y que el 45% de proyectos MOP reporten sus GEI.

LÍNEA DE ACCIÓN 7: Coordinación Intra e Inter ministerial Cambio Climático

NOMBRE DE LA MEDIDA	M17: Coordinación interministerial.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGOP/SEMAT
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Transferencia de conocimiento y capacidades.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sin costo pecuniario
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Participación MOP en reuniones ETICC en el MMA
DESCRIPCIÓN	La responsabilidad del desarrollo e implementación de un Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático considera coordinaciones de varios ministerios e instituciones del Estado.
META	Asistencia del 100% de la programación de las reuniones del Equipo Interministerial de Cambio Climático (ETICC) que coordina el MMA anualmente.

Eje gestión del conocimiento

LÍNEA DE ACCIÓN 8: Gestión del conocimiento en Cambio Climático

NOMBRE DE LA MEDIDA	M18: Coordinación con Plan Nacional de Adaptación, Plan de Acción Nacional y Planes Sectoriales de Adaptación.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGOP/SEMAT – MMA
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Cumplimiento de las medidas atinentes al MOP en los planes aludidos.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sin costo pecuniario
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de revisiones de otros planes de CC por parte del MOP.
DESCRIPCIÓN	De la descripción realizada respecto al rol de los servicios de infraestructura y los posibles impactos del Cambio Climático, se identifican una serie de posibles interacciones con los procesos de adaptación que se desarrollen en otros sectores y niveles de implementación.
META	100% de revisión SEMAT de planes/programas de CC de otros sectores.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M19: Creación de la Unidad de Cambio Climático.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	MOP - DGOP
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Institucionalizar el tema del Cambio Climático en el MOP.
PLAZO ESTIMADO	1 - 2 años
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Sin costo pecuniario
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Unidad de Cambio Climático MOP.
DESCRIPCIÓN	Acorde al compromiso adquirido e en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PAN) (MMA, 2014), se debe “crear una Unidad de Cambio Climático en cada Ministerio competente, que asuma las tareas de coordinar el diseño implementación y actualización de los planes de adaptación al interior de su institución”, con plazo para su implementación entre los años 2015-2016. Compromiso ratificado en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.
META	Al año 2018 crear la Unidad de cambio climático

NOMBRE DE LA MEDIDA	M20: Generación de Capacidades en Cambio Climático.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	SEMAT
SOCIO COLABORADOR	MMA
PRODUCTO ESPERADO	Transferencia de conocimiento y capacidades.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de reuniones y capacitaciones de SEMAT a las Direcciones Ejecutoras y CCOP.
DESCRIPCIÓN	En materia de Cambio Climático existe avance científico permanente en el desarrollo del conocimiento del fenómeno mismo, como así también en modelaciones de distinta naturaleza a nivel nacional e internacional. Es de vital importancia que los funcionarios del Ministerio de Obras Públicas se capaciten en estos avances, a fin de dar respuesta a los nuevos desafíos que se proyectan debido a las amenazas climáticas que potencialmente afectarían a la infraestructura y los servicios que ésta presta.
META	Contar con Plan de Trabajo anual en el cual se cumpla el 60% de las actividades.

NOMBRE DE LA MEDIDA	M21: Gestión del Cambio Climático en el territorio.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGOP/SEMAT -SEREMÍAS/UGAT-Direcciones Regionales
SOCIO COLABORADOR	MMA
PRODUCTO ESPERADO	Medidas adaptativas y de mitigación al Cambio Climático ajustada a las realidades locales.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de planes – programas o proyectos adaptados al Cambio Climático a escala local (regional).
DESCRIPCIÓN	Dado que el presente plan tiene carácter nacional, a fin de una mejor articulación de éste a nivel territorial se propone como medida efectuar programas regionales (subregionales) que recojan las medidas locales adaptativas y de mitigación al Cambio Climático. Entendiendo que el fenómeno es un proceso que requiere de la evaluación constante de su comportamiento a nivel local y de las obras. El presente plan de acción propone que se definan nuevos requerimientos conceptuales y teóricos de los estudios y proyectos, la evaluación de nuevos estándares constructivos, de la necesidad de redefinición de dotación de consumo de agua potable rural y urbana, además del diagnóstico de la necesidad de reestructuración de la infraestructura del agua; todo ello conforme la disponibilidad proyectada de este recurso. Dichos programas tendrán la ventaja de integrar espacialmente los supra y sub-territorios nacionales y regionales, con sus respectivos actores.
META	Contar al año 2022, al menos con 4 programas regionales de CC

NOMBRE DE LA MEDIDA	M22: Cambios en normas y estándares.
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	Direcciones Ejecutoras- DGOP/SEMAT –DIRPLAN Y CCOP
SOCIO COLABORADOR	MMA – MINVU
PRODUCTO ESPERADO	Revisión de normas, procedimientos y estándares.
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de Normas, procedimientos y estándares adecuados según los impactos del Cambio Climático.
DESCRIPCIÓN	Esta medida está orientada a revisar las normas, procedimientos y estándares técnicos a través de los cuales se diseña y aprueba la infraestructura pública del MOP, así como en aquella ejecutada por privados.
META	Al año 2022 de la totalidad de normas, procedimientos y estándares seleccionados por el MOP, que el 50% de ellos estén actualizados con la variable de cambio climático.

LÍNEA DE ACCIÓN 9: Promoción de la innovación tecnológica para la adaptación al Cambio Climático

NOMBRE DE LA MEDIDA	M23: Incorporación de innovación tecnológica en adaptación y mitigación al Cambio Climático
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DGOP - Direcciones Ejecutoras - INH
SOCIO COLABORADOR	
PRODUCTO ESPERADO	Proyectos de infraestructura que incorporen la innovación tecnológica en su diseño, construcción u operación
PLAZO ESTIMADO	Proceso permanente
MECANISMO DE FINANCIAMIENTO	Fondos sectoriales MOP y financiamiento internacional
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Nº de proyectos que incorporar la innovación tecnológica ya sea en su diseño o método constructivo.
DESCRIPCIÓN	Considerando que para el desarrollo y ejecución del plan se requiere contar con información fidedigna, oportuna y en línea, esta medida da cuenta de la necesidad de incorporar medidas de innovación tecnológica en todo lo que respecta en monitoreo, tanto de amenazas como en vulnerabilidad de los servicios de infraestructura. Por tanto, es necesario incorporar todo el acervo tecnológico que permitan anticiparse a eventos de catastróficos, relacionados a la información en materia de recursos hídricos y datos climáticos que faciliten la toma de decisiones en forma oportuna y den cuenta de la necesidad de nuevas medidas de adaptación.
META	Contar al año 2022 con un 30% de las iniciativas de inversión implementadas bajo el concepto de innovación tecnológica para adaptación y/o mitigación al cambio climático.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ávila, H. (2012). "Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático – caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia".

CEPAL-ONU, (2012). "La economía del cambio climático en Chile. Cambio Climático en la Costa de América Latina y el Caribe". Santiago Chile.

Centro del Ciencia del Clima y Resiliencia (CR2, 2015). Causas y Consecuencias de la Mega sequía 2008-2013.

Centro de Cambio Global, (2013). Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al Cambio Climático.

CEPAL, Conferencia Internacional Adaptación al cambio climático y gestión preventiva del riesgo. (2011). "Políticas públicas para el desarrollo de infraestructura resiliente y sostenible".

Coordinación de Concesiones. (Diciembre de 2016). Misión.

Demaría, E., Gironás, J., Vicuña, S. (2013). Metodología propuesta para la inclusión del cambio climático en la planificación de infraestructura. Aplicación a puentes. Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. P. Universidad Católica de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Medioambiente.

Dirección de Arquitectura, (2012). Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos.

Dirección de Arquitectura, (2012). Manual de Gestión de la Energía en Edificios Públicos.

Dirección de Arquitectura, (2012). Términos de Referencia Estandarizados con parámetros de eficiencia energética y confort Ambiental para las licitaciones de diseño y obras de la Dirección de Arquitectura, según zonas geográficas del país y según tipologías de edificios.

Dirección de Planeamiento, (MOP 2011). Guía para la elaboración de planes. http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/Metodologia/Guia_Elaboracion_Planes_marzo_2011.pdf.

Dirección General de Aguas (DGA 2014). Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2014-2015 Dirección General de Aguas (DGA 2012).

Plan de acción para la conservación de Glaciares ante el Cambio Climático Dirección General de Aguas (DGA 2009).

Dirección General de Aguas, (DGA 2009).Estrategia Nacional de Glaciares. Santiago, Chile. S.I.T N° 205. p 289.

European Environment Agency, (2013). Necesidades de Adaptación al Cambio Climático de la Red Troncal de Infraestructuras de Transporte en España.

Gironás, J., Donoso, G., y Camaño, M. (2013). Infraestructura, incertidumbre y cambio climático. en: Neira, A. y González, P. (ed). Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático. Santiago, Chile: p. 37-45.

Gobierno de España, (2013). Informe final “Necesidades de Adaptación al Cambio Climático de la Red Troncal de la Infraestructura de Transporte en España”.

IPCC, (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.

IPCC, (2014). Mitigación del Cambio Climático Resumen para responsables de políticas.

Ministerio del Medio Ambiente, (2013). Análisis de los Procedimientos y Metodologías de la Dirección General de Aguas para la Adaptación al Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente.

Ministerio del Medio Ambiente, (2014). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

Ministerio del Medio Ambiente (2017). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.

Ministerio del Medio Ambiente (2016). Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Ministerio de Obras Públicas (2011). Medición y diseño de un plan de disminución de Huella de Carbono en el MOP, en edificio nivel central (Morandé 59, Santiago. MOP).
Ministerio de Obras Públicas, (2012). Manual de Carreteras vol. n° 3 instrucciones y criterios de diseño.

Naciones Unidas para Reducción de Riego de Desastres (UNISDR). (). (Nota de Orientación Sobre Recuperación: Infraestructura.

Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO, (2010). Gestión del Riesgo de Sequía y Otros Eventos Climáticos Extremos en Chile.
PNUD, (2010). Nota Conceptual: Hacia un Blindaje Climático de la Infraestructura Pública.

Rojas, O; Mardones,M.; Arumí, J. y Aguayo, M. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos.

7. ABREVIACIONES

CNR: Comisión Nacional de Riego, Ministerio de Agricultura.

DGA: Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas.

DGOP: Dirección General de Obras Públicas, Ministerio de Obras Públicas.

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante,
Ministerio de Defensa Nacional.

DIRPLAN: Dirección de Planeamiento, Ministerio de Obras Públicas.

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas.

DOP: Dirección de Obras Portuarias, Ministerio de Obras Públicas.

DV: Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas.

CCOP: Coordinación de Concesiones, Ministerio de Obras Públicas.

ONEMI: Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y
Seguridad Pública.

SEMAT: Secretaría Ejecutiva Medio Ambiente y Territorio,
Ministerio de Obras Públicas.

SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Ministerio del
Interior y Seguridad Pública.

SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería.

MDN: Ministerio de Defensa Nacional.

MDS: Ministerio de Desarrollo Social.

MINAGRI: Ministerio de Agricultura.

MINTERIOR: Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

HdC: Huella de Carbono.

MINENERGÍA: Ministerio de Energía.

8. ANEXO

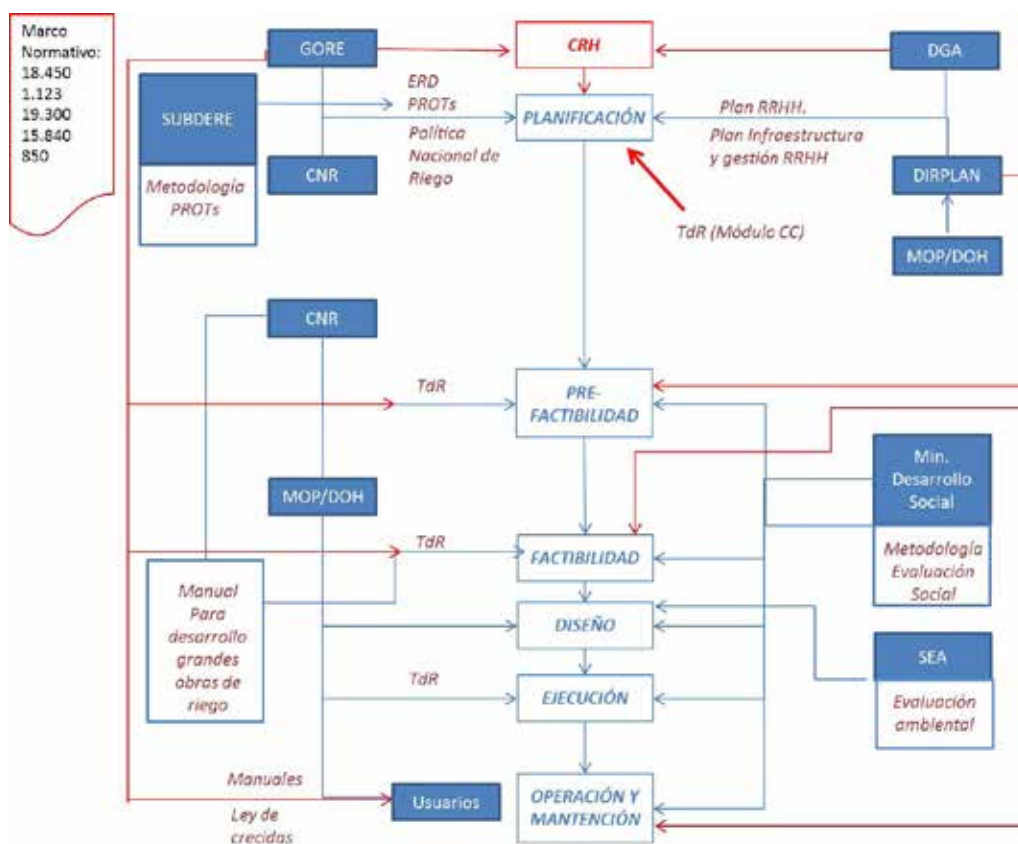
8.1 Ciclo de Vida Obras

De los ciclos de vida de obras de infraestructura seleccionadas a partir de análisis previos del marco estratégico de análisis del Cambio Climático en la infraestructura del MOP ("Marco Estratégico para la Adaptación de la Infraestructura al Cambio Climático"), se visualiza que, salvo excepciones con limitada aplicación práctica, el proceso actual de definición, planificación, evaluación, diseño y seguimiento de los servicios de infraestructura en Chile no considera al Cambio Climático y las necesidades de adaptación a los impactos de éste en forma explícita.

A continuación se muestran figuras de dichos ciclos de vida:

ILUSTRACIÓN 9

Ciclo de vida de Obras de Riego



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

TABLA 4

Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de una obra de riego

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (Años)	
			PLANIFICACIÓN	SOCIAL
PLANIFICACIÓN	GORE	ERD	7-21	
		PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	10	
	DGA	PLAN DIRECTOR GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	20	
	MOP-DOH	INSUMO DE REQUERIMIENTOS A DIRPLAN	-	
	MOP-DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	Plan: 7 Obra: No Aplica	
	CNR	POLITICA NACIONAL DE RIEGO	NO DISPONIBLE	
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	EVALUACIÓN SOCIAL PROYECTOS Embalses multipropósito		25-50
	CNR	MANUAL GRANDES OBRAS DE RIEGO		25-50
		TDR Pref.		25-50
	MOP -DOH	TDR Fact.		25-50
DISEÑO	SEA	EVALUACIÓN AMBIENTAL	-	-
	MOP-DOH	TDR-Módulo Cambio Climático	60-902	
OPERACIÓN / MANTENCIÓN	REGANTES / USUARIOS	MANUALES OPERACIÓN- LEY CRECIDAS	Evaluación en base a Periodos de retorno)	

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

ILUSTRACIÓN 10

Ciclo de vida para Sistemas de Agua Potable Rural

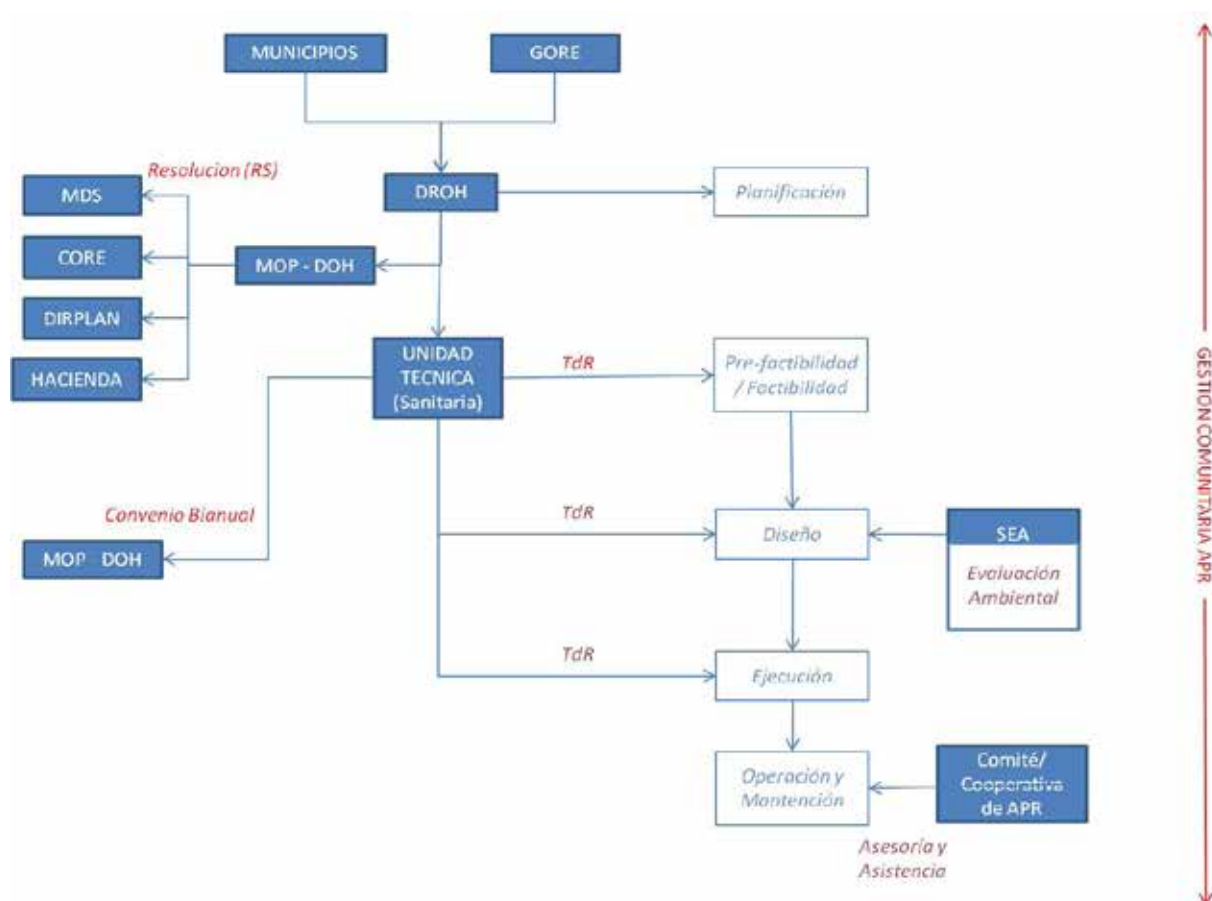


TABLA 5

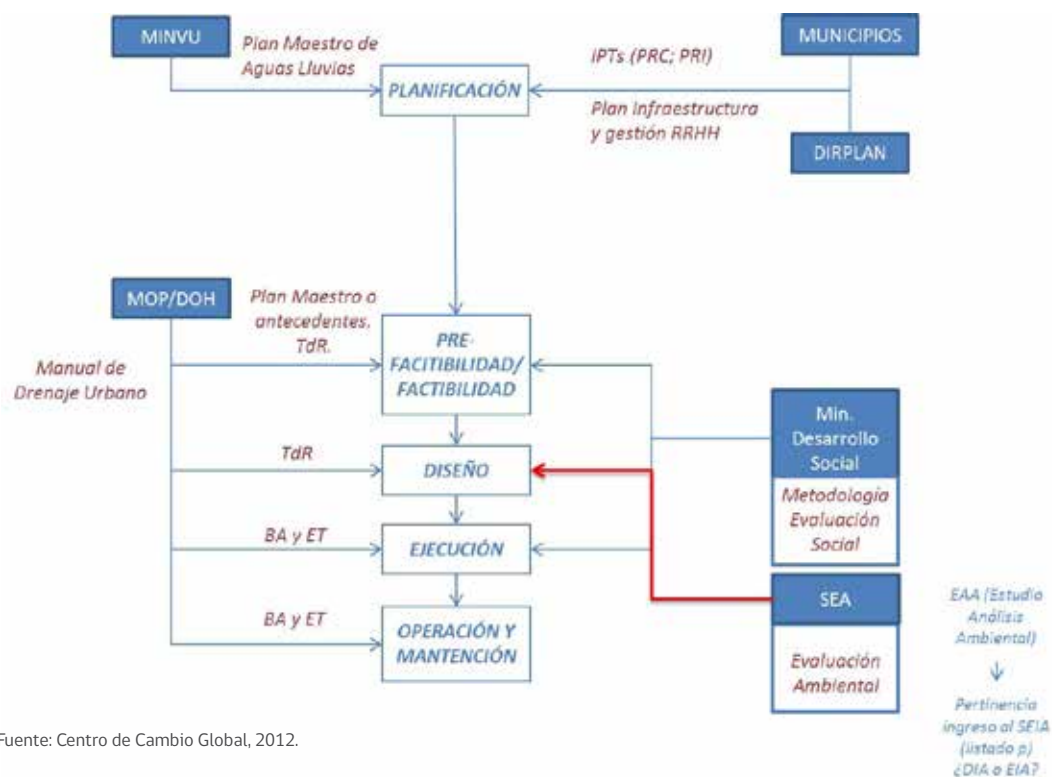
Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de un sistema de Agua Potable Rural

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (Años)	
			PLANIFICACIÓN	SOCIAL
PLANIFICACIÓN	GORE	ESTRATEGIAS REGIONALES DE DESARROLLO	7-21	
	MOP- DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	7	
	MOP-DOH	RECOGE INSUMO SOBRE REQUERIMIENTOS POR PARTE DE UNIDADES TÉCNICAS, MUNICIPIOS Y GORE	-	
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	METODOLOGÍA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE		20-30
	UNIDADES TÉCNICAS	DESARROLLO ESTUDIOS DE PRE- FACTIBILIDAD /FACTIBILIDAD, EN BASE A TDR GENERADO EN MOP- DOH		20-30
DISEÑO	MOP-DOH	TDR		20-30
OPERACIÓN / MANTENCIÓN	COMITÉ DE APR	MANUAL ASPECTOS ORGANIZACIONALES DE UN COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL	-	-

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

ILUSTRACIÓN 11

Ciclo de Vida Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

TABLA 6

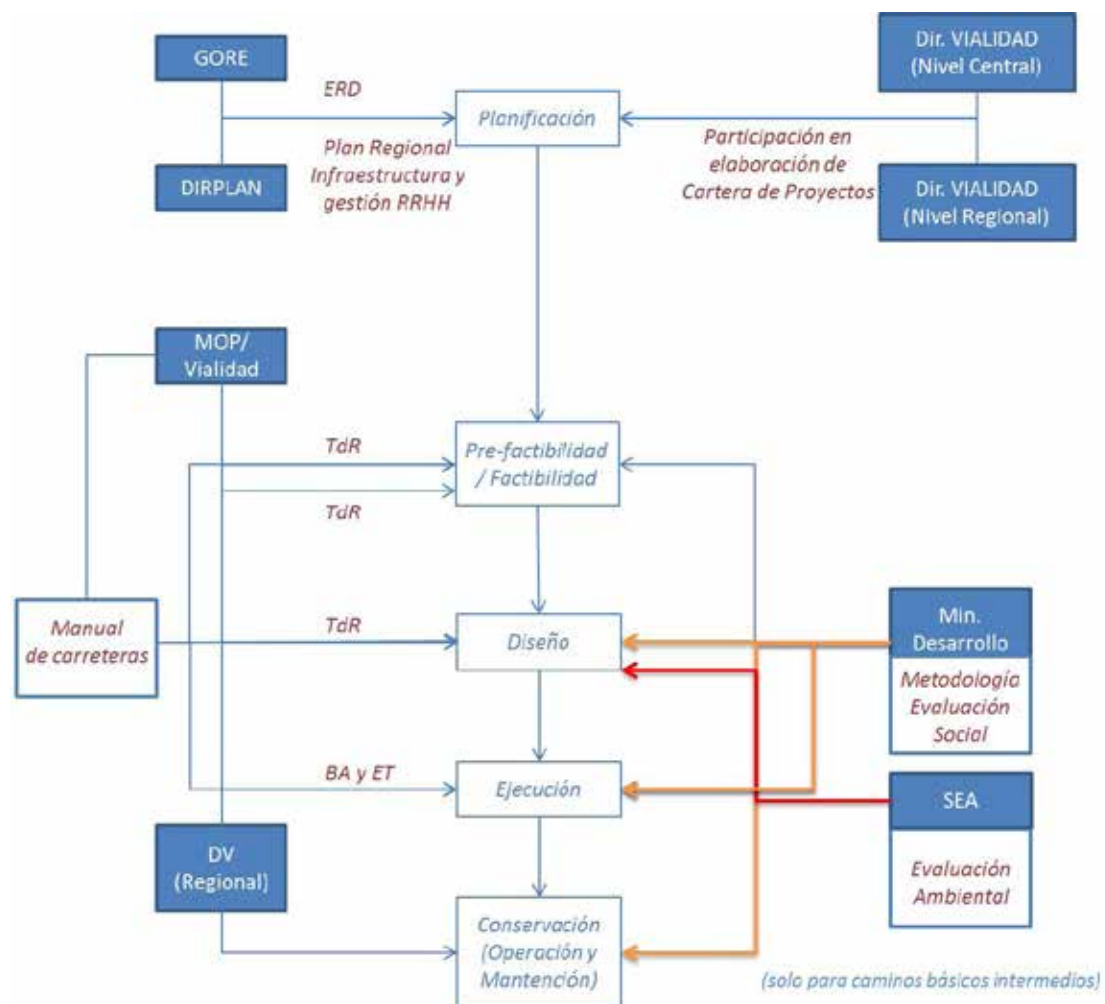
Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de una obra de evacuación y drenaje de aguas lluvia

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (AÑOS)	
			PLANIFICACIÓN	SOCIAL
PLANIFICACIÓN	MOP- DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	7	
	DGA	PLAN HÍDRICO REGIONAL3	-	-
	MOP-DOH	INSUMO SOBRE REQUERIMIENTO	-	-
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE DEFENSAS FLUVIALES		30
	MOP-DOH	PLANES DE MANEJO DE CAUCES		30
DISEÑO	MOP-DOH	TDR		30
OPERACIÓN / MANTENCIÓN	MOP-DOH	-	-	-

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

ILUSTRACIÓN 12

Ciclo de Vida Puentes y Proyectos Viales Interurbanos



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

TABLA 7

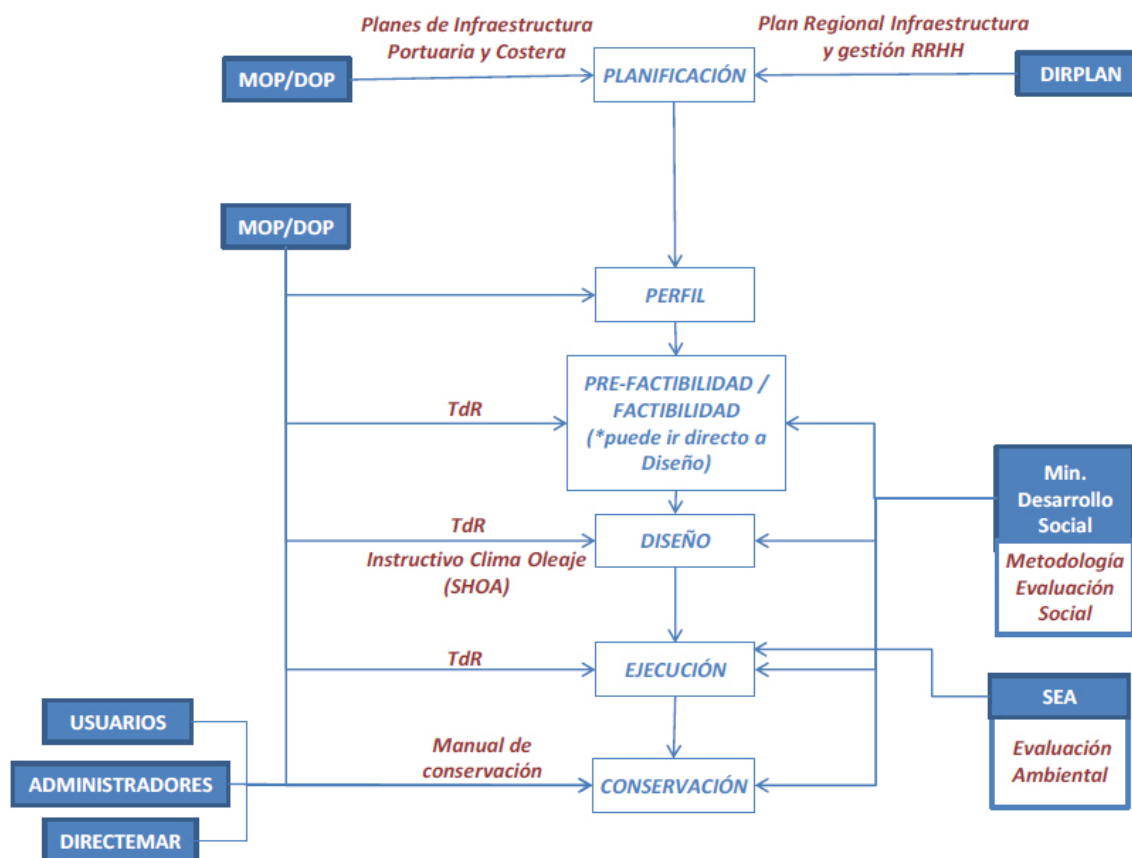
Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de una obra de vialidad

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (Años)	
			PLANIFICACIÓN	SOCIAL
PLANIFICACIÓN	GORE	ESTRATEGIAS REGIONALES DE DESARROLLO	7-21	
	MOP- DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	7	
	MOP-DIR. VIALIDAD	PARTICIPACIÓN EN ELABORACIÓN DE CARTERA DE PROYECTOS	12	
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MOP-DIR. VIALIDAD	PERFIL	100 (puentes) 20 (camino)	
	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	METODOLOGÍA GENERAL DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS		30
	MOP- VIALIDAD	TDR	100 (puentes) 20 (camino)	30
DISEÑO	MOP- VIALIDAD	TDR	100 (puentes) 20 (camino)	30
OPERACIÓN / MANTENCIÓN	MOP-DOP	-	-	-

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

ILUSTRACIÓN 13

Ciclo de Vida de Obras Portuarias y de Ribera



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

TABLA 8

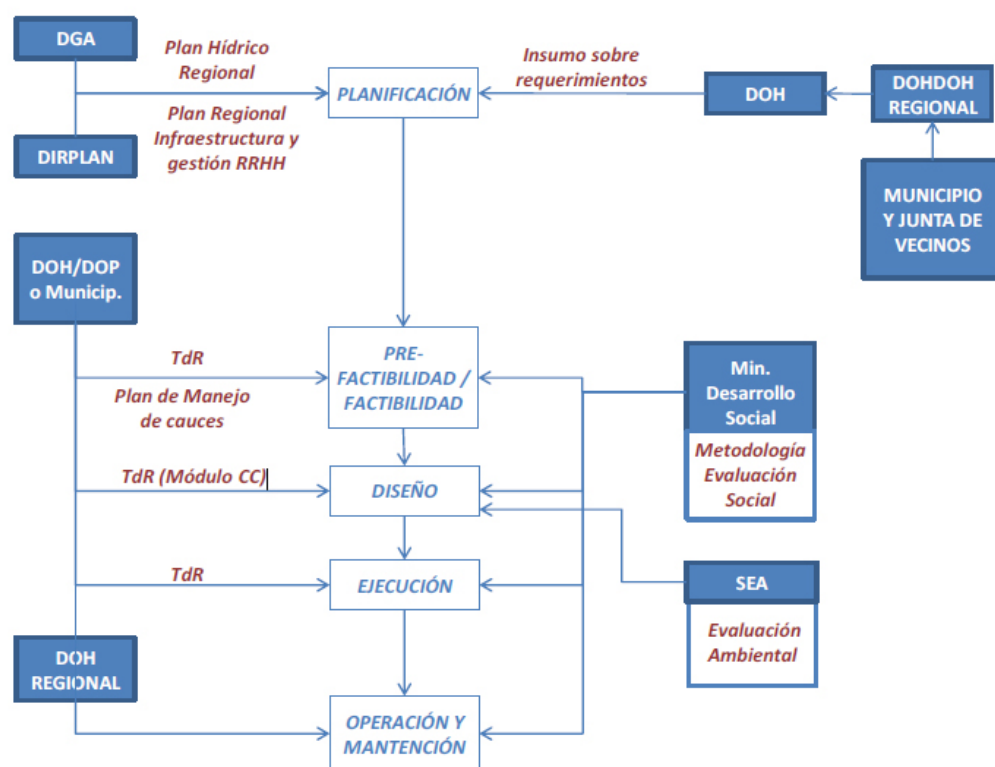
Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de una obra de infraestructura portuaria y de ribera

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (Años)	
			Planificación	Social
PLANIFICACIÓN PERFIL	MOP-DOP	PLAN DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA Y COSTERA	10	
	MOP- DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	7	
	MOP-DOP	TDR(* Desde Perfil puede pasar directo a Diseño)	12	
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	METODOLOGÍA GENERAL DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS		30
	MOP- DOP	TDR		30
DISEÑO	MOP- DOP	TDR		30
	SHOA	INSTRUCTIVO CLIMA - OLEAJE		
CONSERVACIÓN	USUARIOS	MANUAL DE CONSERVACION	-	-

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

ILUSTRACIÓN 14

Ciclo de Vida de Obras de Manejo de Cauce.



Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

TABLA 9

Horizontes de evaluación y potencial incorporación de Cambio Climático en los procedimientos correspondientes a cada etapa del ciclo de una obra de manejo de cauces

CICLO	INSTITUCIÓN	MARCO LEGAL/ PROCEDIMIENTO	HORIZONTE EVALUACION (Años)	
			Planificación	Social
PLANIFICACIÓN	MOP- DIRPLAN	PLAN REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	7	
	DGA	PLAN HÍDRICO REGIONAL ³	-	-
	MOP-DOH	INSUMO SOBRE REQUERIMIENTO	-	-
PREFACTIBILIDAD / FACTIBILIDAD	MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL	METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE DEFENSAS FLUVIALES		30
	MOP-DOH	PLANES DE MANEJO DE CAUCES		30
DISEÑO	MOP-DOH	TDR		30
OPERACIÓN / MANTENCIÓN	MOP-DOH	-	-	-

Fuente: Centro de Cambio Global, 2012.

