



# Infraestructura resiliente bajo un enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático

## MARCO CONCEPTUAL



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Cooperación Suiza en Bolivia**

*Reducción del riesgo de desastres*

**Infraestructura resiliente  
bajo un enfoque de reducción  
del riesgo de desastres  
y adaptación al cambio  
climático**

MARCO CONCEPTUAL

# Índice

<b>Presentación</b>	<b>7</b>
<b>Abreviaciones</b>	<b>9</b>
<b>1 El marco conceptual de la infraestructura resiliente bajo un enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático</b>	<b>11</b>
El contexto	12
La resiliencia	19
El enfoque	22
Infraestructura resiliente al clima	25
La meta común, un proceso de desarrollo con resiliencia al clima y a los desastres	28
<b>2 Metodología conceptual para una infraestructura resiliente con integración de la RRD/ACC</b>	<b>31</b>
Fase 1.- Contexto y enfoque	34
Fase 2.- Entender amenazas climáticas.	35

## Créditos

### **Infraestructura resiliente bajo un enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.**

Es una publicación del Proyecto Reducción del riesgo de desastres - Gobernanza del riesgo, de la Cooperación Suiza en Bolivia, ejecutado por HELVETAS Swiss Intercooperation

### **Elaboración:**

Oscar Paz – Director del Proyecto Reducción del riesgo de desastres (Gobernanza del riesgo) – HELVETAS Swiss Intercooperation  
Roberto Méndez – Asesor de la Ayuda Humanitaria de la Cooperación Suiza en Bolivia  
Rupa Mukerji – Especialista en Cambio Climático, miembro del IPCC, HELVETAS Swiss Intercooperation

### **Edición:**

Consuelo Aranda

### **Revisión:**

Oscar Paz  
Rodrigo Villavicencio

### **Fotografías:**

Proyecto Reducción del riesgo de desastres

### **Diseño e impresión:**

Teleioo SRL.

D.L.: 4-2-1860-17

La Paz - Bolivia, 2017.

Fase 3.- Discernir vulnerabilidades	36
Fase 4.- Análisis de resiliencia del sistema (proyecto)	38
Fase 5.- Identificación de medidas que hacen resiliente al sistema	39
Fase 6.- Evaluación y monitoreo	42
<b>Bibliografía</b>	<b>43</b>

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Prioridades de acción según el Marco de Sendai	12
<b>Gráfico 2.</b> Vínculos entre el riesgo de desastres, el desarrollo y el cambio climático	14
<b>Gráfico 3.</b> Vínculos entre el desarrollo, la gobernanza, la reducción de la vulnerabilidad, la ACC y las trayectorias socioeconómicas con el riesgo de desastres	15
<b>Gráfico 4.</b> Implicaciones para el desarrollo a partir de factores de stress	16
<b>Gráfico 5.</b> Reducción de la vulnerabilidad e incremento en las condiciones de resiliencia	17
<b>Gráfico 6.</b> Premisas para la reducción del riesgo de desastres de una manera integrada	18
<b>Gráfico 7.</b> Marco general de la resiliencia climática	21
<b>Gráfico 8.</b> Enfoque integral de la resiliencia climática	22
<b>Gráfico 9.</b> Acciones climáticamente inteligentes (Climate smart)	23
<b>Gráfico 10.</b> Gestión del riesgo de desastres desde diversos futuros escenarios posibles	25
<b>Gráfico 11.</b> Tiempos de adaptación y prioridades	27
<b>Gráfico 12.</b> Esquema ilustrativo de un proceso para hacer resiliente la infraestructura	32
<b>Gráfico 13.</b> Infraestructura resiliente: contexto y enfoque	34

<b>Gráfico 14.</b> Infraestructura resiliente: entender amenazas climáticas	35
<b>Gráfico 15.</b> Infraestructura resiliente: discernir vulnerabilidades	36
<b>Gráfico 16.</b> Infraestructura resiliente: análisis de resistencia del sistema	38
<b>Gráfico 17.</b> Infraestructura resiliente: identificación e implementación de medidas que hagan resiliente al sistema	40
<b>Gráfico 18.</b> Infraestructura resiliente: evaluación y monitoreo	42

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Los diez aspectos de la resiliencia	24
<b>Tabla 2:</b> Resumen de los riesgos climáticos para las infraestructuras de energía, transporte y agua, recogidos en el proyecto de infraestructura y adaptación	29

## Presentación

La Cooperación Suiza en Bolivia, a través de su proyecto Reducción del Riesgo de Desastres – Gobernanza del Riesgo, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation, comparte el presente documento con la intención de fortalecer el entendimiento del análisis de la resiliencia climática en proyectos de infraestructura. Asimismo, busca que los desarrolladores de proyectos de infraestructura puedan discernir sobre todos y cada uno de los elementos que deberían incidir para la toma de decisiones, de modo que sirvan para reducir el riesgo de desastres y permitan una efectiva adaptación al cambio climático.

En Bolivia, la temática del análisis de resiliencia está en proceso de entendimiento y se requiere generar herramientas prácticas, las cuales son difíciles de construir sin una base conceptual sólida. El documento pretende aportar a esa base de conocimiento respondiendo a la búsqueda de la resiliencia desde los enfoques del Marco de Acción de Sendai y la Convención Marco del Cambio Climático, con la finalidad de articular medidas de reducción del riesgo desastres que se constituyan en medidas de adaptación al cambio climático.

El presente trabajo plantea y esquematiza, junto con ejemplos sencillos, cómo encarar el análisis de resiliencia en proyectos paso a paso y busca que este nuevo concepto sea incorporado en la mirada integral de los diferentes factores de la resiliencia.

Este pequeño aporte pretende inspirar a los decisores de políticas públicas, así como a los desarrolladores de proyectos, para que se incorpore el nuevo concepto de resiliencia que plantea el marco nacional e internacional, garantizando inversiones sostenibles y seguras para la humanidad.

Oscar Paz Rada  
Director

Proyecto Reducción del riesgo de desastres – Gobernanza del riesgo

## Abreviaciones

ACC	Adaptación al cambio climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
RRD	Reducción del riesgo de desastres



El marco conceptual de la infraestructura resiliente bajo un enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático

## El contexto

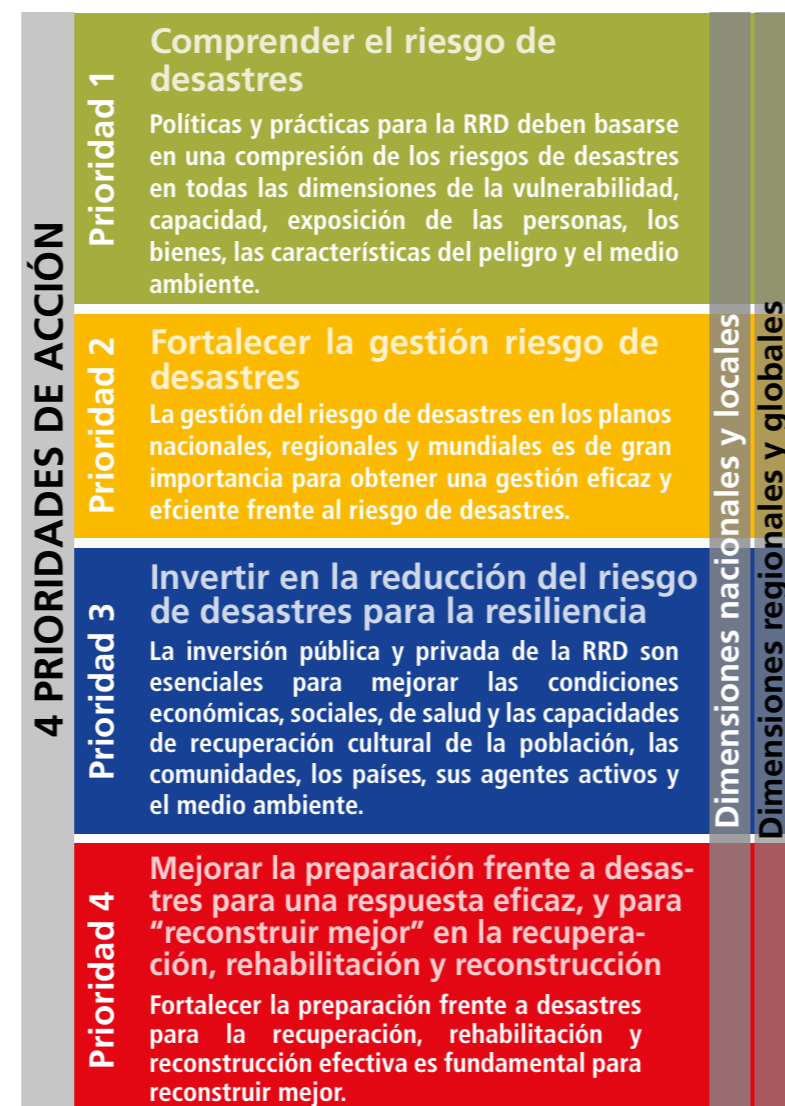
El mundo actual está sometido a los efectos del cambio climático y a los impactos de los desastres y, por ende, todas sus formas de vida y organización social deben ser objeto de un proceso de reducción del riesgo y adaptación al mismo. Estos impactos acrecientan los factores de amenaza climática que se traduce en dos tipos de efectos: variabilidad climática y cambio climático<sup>1</sup>.

En ambos casos los procesos, avances y éxitos del desarrollo en consecuencia existe una necesidad implícita de encarar esta situación con acciones que garanticen sociedades resilientes ante dichos estresores climáticos.

El Marco de Acción de SENDAI 2015-2030, en ese nuevo contexto plantea desafíos y acciones muy concretos en términos de la gestión del riesgo a través de cuatro prioridades: a) entender el riesgo de desastres; b) fortalecer la gobernanza del riesgo; c) invertir en la RRD para la resiliencia; y d) trabajar para la preparación y la efectiva respuesta (ver gráfico 1). Asimismo el propósito principal de este marco es la reducción del riesgo (amenaza, exposición y vulnerabilidad).

<sup>1</sup> Variabilidad Climática entendida como alteraciones en el estado del tiempo que se produce cada determinado tiempo, ejemplo fenómenos El Niño o La Niña. Cambio Climático entendido como la variación de los patrones climáticos en un período de 20 a 30 años.

Gráfico 1. PRIORIDADES DE ACCIÓN SEGÚN EL MARCO DE SENDAI



Fuente: UNISDR (2015) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

Concentrarse en la prioridad 2, implica que:

“La gobernanza del riesgo de desastres en los planos nacional, regional y mundial, es de gran importancia para una gestión eficaz y eficiente del riesgo de desastres en todos los niveles. Es necesario contar con claros objetivos, planes, competencias, directrices y coordinación en los sectores y entre ellos, así como con la participación de los actores pertinentes. Por lo tanto, “el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la prevención, mitigación, preparación, respuesta, recuperación y rehabilitación es necesario y fomenta la colaboración y las alianzas entre mecanismos e instituciones en la aplicación de los instrumentos pertinentes para la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible”.

A su vez la prioridad 3 conduce a que:

“Las inversiones públicas y privadas para la prevención y reducción del riesgo de desastres mediante medidas estructurales y no estructurales son esenciales para aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y cultural de las personas, las comunidades, los países y sus bienes,

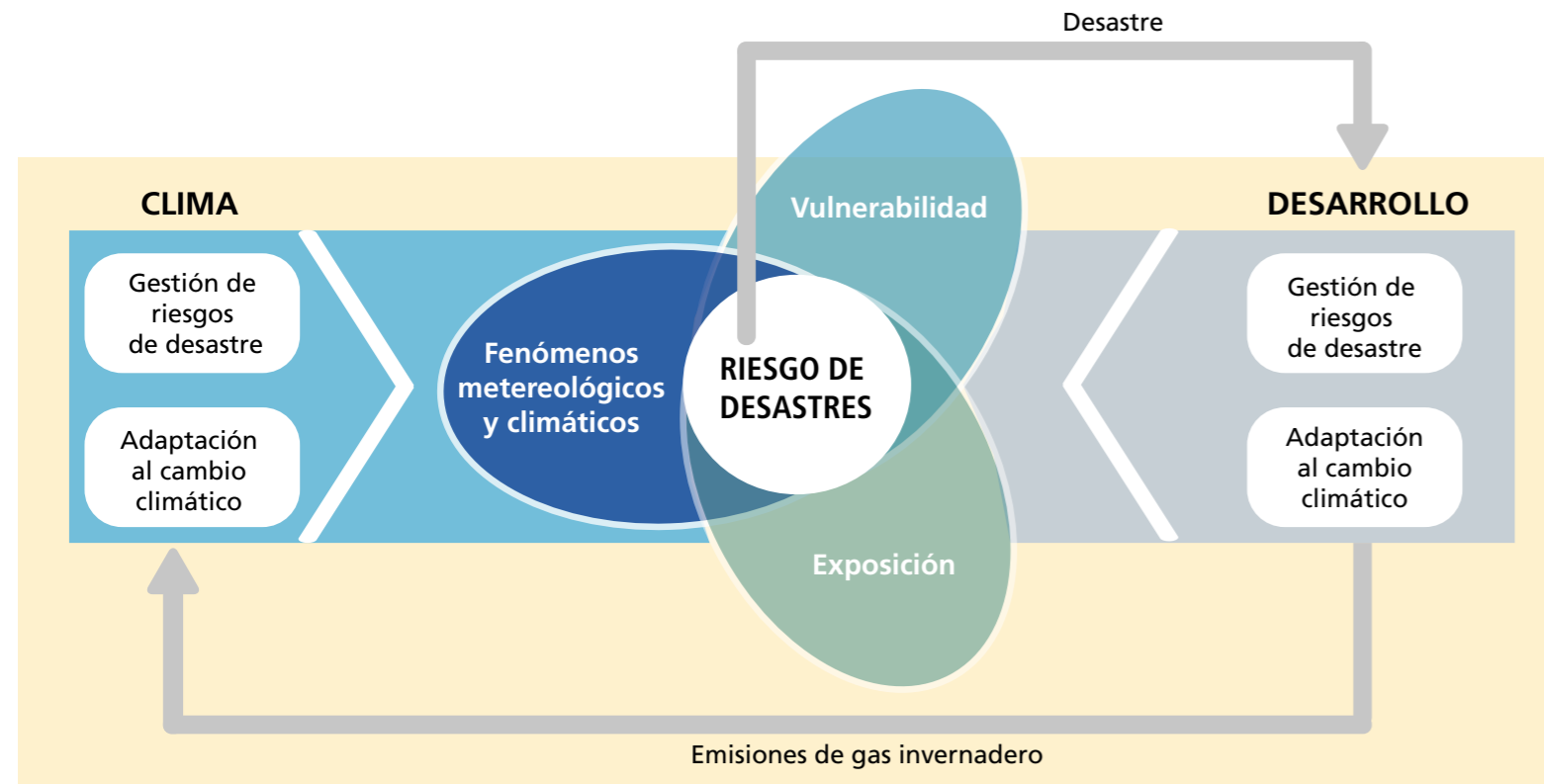
así como del medio ambiente. Estos factores pueden impulsar la innovación, el crecimiento y la creación de empleo. Esas medidas son eficaces en función del costo y fundamentales para salvar vidas, prevenir y reducir las pérdidas y asegurar la recuperación y rehabilitación efectivas”.

Este vínculo, entre las prioridades 2 y 3, es sumamente estrecho toda vez que una institucionalidad bien conformada, estructurada y normada, con amplia participación ciudadana que transversalice la RRD, permitirá que se alcance inversiones resilientes, seguras y por ende, la reducción de pérdidas económicas y desastres.

Por su parte el informe especial del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) sobre riesgos y cambio climático (2005), alerta entre los vínculos del riesgo de desastres, el desarrollo y el cambio climático (ver gráfico 2); y ya en el quinto informe del IPCC se identificaron los vínculos entre el desarrollo, la gobernanza, la reducción de la vulnerabilidad, la ACC y las trayectorias socioeconómicas, como factores trascendentales para la RRD (ver gráficos 3 y 4).

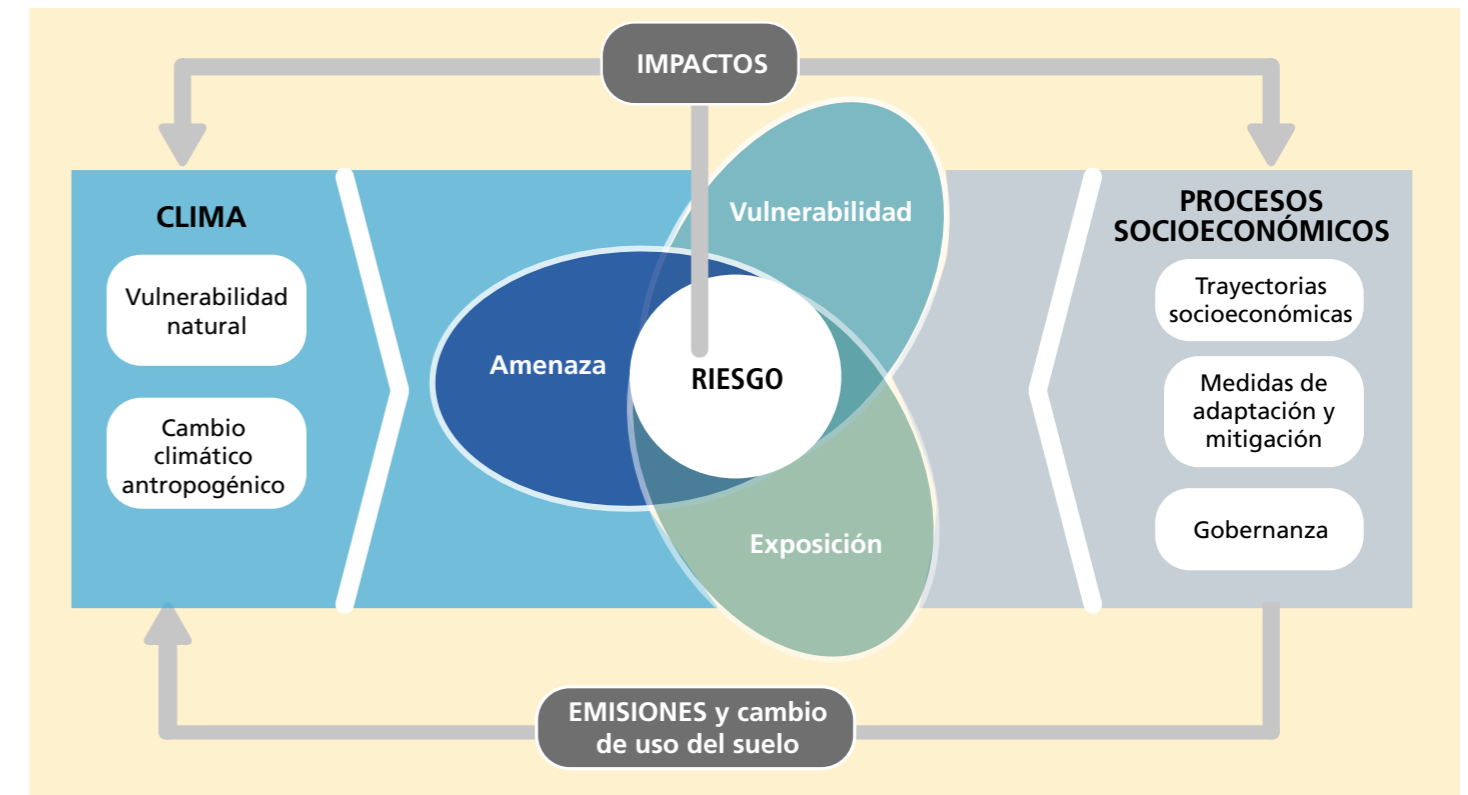


Gráfico 2. VÍNCULOS ENTRE EL RIESGO DE DESASTRES, EL DESARROLLO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: IPCC (2012) Gestión de riesgos de eventos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático.

Gráfico 3. VÍNCULOS ENTRE EL DESARROLLO, LA GOBERNANZA, LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD, LA ACC Y LAS TRAYECTORIAS SOCIOECONÓMICAS CON EL RIESGO DE DESASTRES



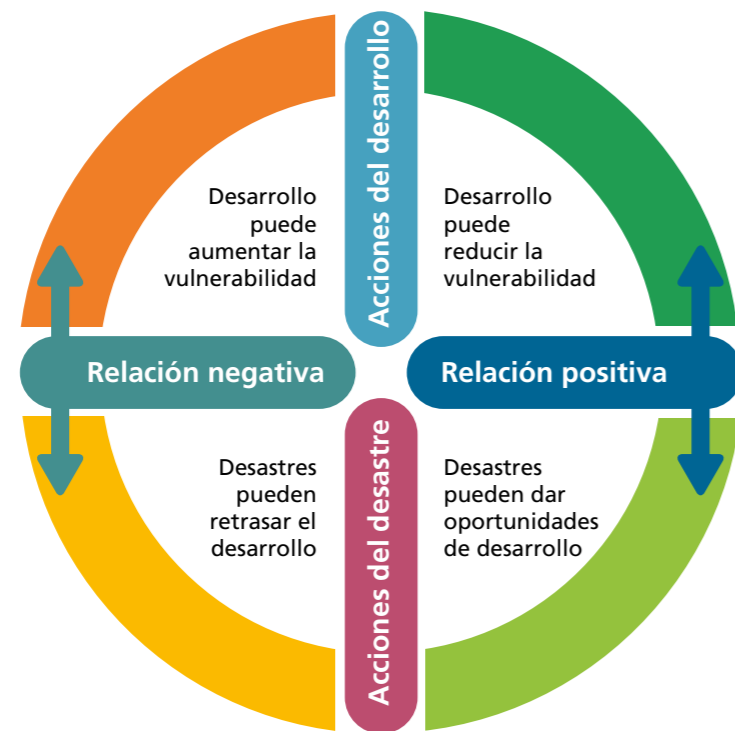
Fuente: IPCC<sup>2</sup>. Quinto reporte de evaluación.

<sup>2</sup> IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

Lo anterior fácilmente es extrapolable a las implicaciones del desarrollo a partir de factores de stress<sup>3</sup> que pueden tener consecuencias negativas, que incrementen la vulnerabilidad, o positivas, que más bien tiendan a reducir la vulnerabilidad; sin dejar de pensar que en algunos casos también la ocurrencia del desastre puede generar oportunidades para el desarrollo, aunque normalmente parece ser todo lo contrario (ver gráfico 4).

Por ello, resulta interesante operativizar algunas recomendaciones del IPCC (5to. Reporte) que sirvan para trabajar en el espacio común de SENDAI y la CMNUCC y que pueden sugerir la manera de incidir en los elementos que sustantivamente reduzcan los factores de vulnerabilidad e incrementen las condiciones de resiliencia.

Gráfico 4. IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO A PARTIR DE FACTORES DE STRESS

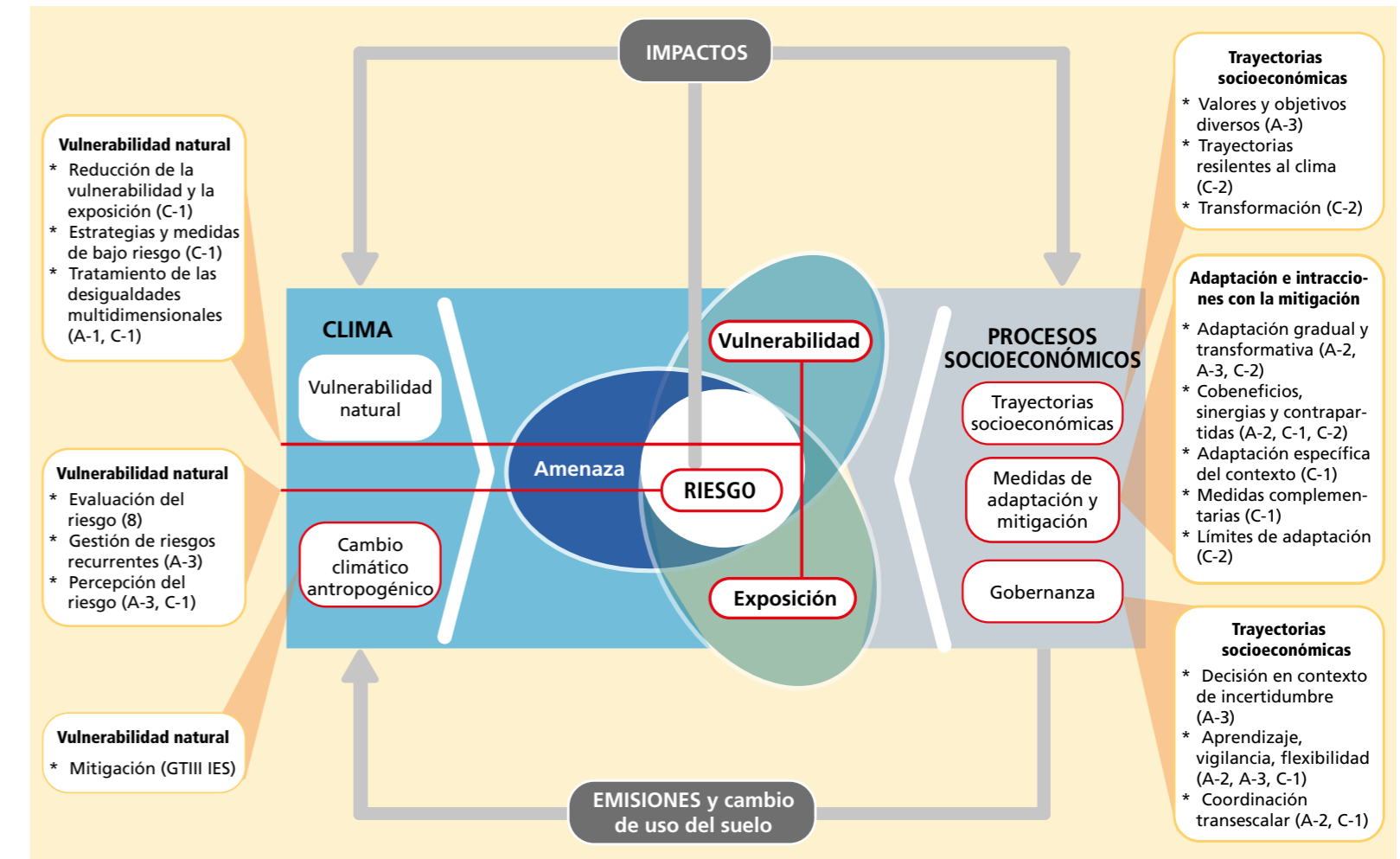


Fuente : ILO crisis response.

<sup>3</sup> Factores de stress: Cambio climático, variabilidad climática, planificación del territorio, cambio en el uso del suelo, degradación de ecosistemas, pobreza, desigualdad y factores culturales.

El gráfico 5, a continuación intenta ser un orientador del proceso (IPCC, 2014):

LA VULNERABILIDAD E INCREMENTO EN LAS CONDICIONES DE RESILIENCIA

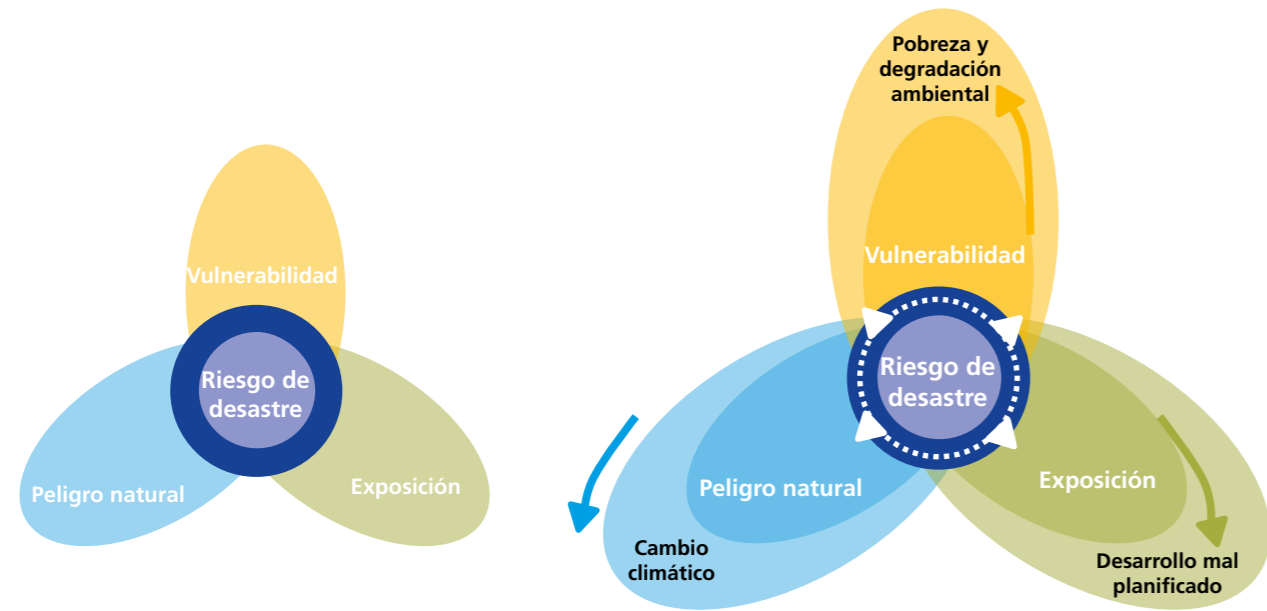


Fuente: IPCC. Quinto Reporte de evaluación.

Está claro que varias premisas para la reducción del riesgo de una manera integrada (RRD, ACC y degradación ambiental) deben ser consideradas (ver gráfico 6) ya sea de manera individual o conjunta; los factores de vulnerabilidad y exposición deben ser planteados para su reducción bajo condiciones individuales

y/o conjuntas; plantear estrategias de bajo riesgo (prevención y mitigación); y acciones multifactoriales del desarrollo en términos de políticas, planificación, inversiones, que apunten a reducir desigualdades para generar capacidad de respuesta, son entre muchas las acciones a impulsar.

Gráfico 6. PREMISAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE UNA MANERA INTEGRADA



El riesgo de desastres está determinado por la ocurrencia de una amenaza (por ejemplo, un ciclón), que puede tener un impacto en las poblaciones y los bienes expuestos (por ejemplo, viviendas ubicadas en la trayectoria del ciclón). La vulnerabilidad es característica de la población o de los bienes que los hace particularmente susceptibles a sufrir efectos perjudiciales (por ejemplo, la fragilidad del método de construcción de las viviendas). Un desarrollo mal planificado, la pobreza, la degradación ambiental y el cambio climático son factores que pueden aumentar la magnitud de esta interacción y resultar de desastres mayores.

Fuente: Adaptado del grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) 2012.

Es sustantivo mencionar que las opciones de desarrollo, cambio climático y pobreza están conectados entre sí y tiene incidencia en los niveles de riesgo, en la exposición de las personas y sus medios de vida, en la economía y los ecosistemas. Las amenazas relacionadas con el clima, que son exacerbadas por el cambio climático, son las que interactúan con los factores incidentes en la exposición, como los asentamientos en zonas de riesgo, y con los factores que aumentan la vulnerabilidad como son la pobreza y degradación ambiental; incrementando así el riesgo de desastres.

En términos de gestionar adecuadamente el riesgo resulta determinante concentrarse en aquellos riesgos recurrentes que generan grandes pérdidas y realizar evaluaciones del mismo para tomar decisiones de integración y acción en los actuales déficits de desarrollo antes que encararlos en los riesgos futuros. Por su parte la ACC presenta múltiples opciones que van desde medidas per-se, búsqueda de co-beneficios al plantearse las acciones y la aplicación de medidas complementarias o redundantes.

Finalmente, está el desafío de manejar el nuevo concepto de implementar trayectorias socioeconómicas, que significa implementar políticas y acciones resilientes y transformativas, que generan un desarrollo más seguro de la mano de una plena participación ciudadana

para el real empoderamiento. Trayectorias resilientes son el aprendizaje de la ACC, la gestión del riesgo, la acumulación de conocimiento, la implementación de medidas eficaces, entre otras; por su parte trayectorias que inducen a menor resiliencia son la maladaptación, las acciones que reproducen/construyen riesgo sin aplicar principios de no hacer daño, la falta de conocimiento, etc.

### La resiliencia

La resiliencia se define como la capacidad de un sistema social o ecológico de absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, AR4-WG2). Asimismo, se la puede definir también como "La capacidad de un sistema socio - ecológico, comunidad o sociedad expuestos a diversas perturbaciones y tendencias (medio ambiente, económicas, sociales y políticas) para anticipar, gestionar el cambio y recuperarse de los efectos de una perturbación. Esto requiere el mantenimiento de la capacidad de un sistema para la absorción, la adaptación, y la transformación a largo plazo" (HELVETAS Swiss Intercooperation).

Por lo tanto, la resiliencia climática es la combinación de las capacidades de absorción, adaptación y

transformación, las cuales pueden ser delineadas de acuerdo a las respuestas a perturbaciones y estreses climáticos que éstas faciliten (extraído de Valoración y seguimiento de la resiliencia climática; GIZ y UNITED NATION UNIVERSITY, 2014):

■ **Capacidad de absorción:** Capacidad de un sistema de prepararse para, mitigar, o recuperarse de los impactos de eventos negativos usando respuestas de afrontamiento predeterminadas con el fin de preservar y restaurar funciones y estructuras básicas y esenciales (p.ej. la vida humana, la vivienda, los bienes de producción) (Béné et al., 2012, Cutter et al., 2008).

**Ejemplos:** Sistemas de alerta temprana, ahorros, esquemas de seguros ante eventos climáticos, equipos entrenados para la reducción de riesgos de desastres, sistemas de diques en zonas propensas a las inundaciones (respuesta a una amenaza climática específica).

■ **Capacidad de adaptación:** Capacidad de un sistema de ajustar, modificar o cambiar sus características y acciones con el fin de responder mejor a perturbaciones y estreses climáticos existentes y futuros y tomar ventaja de las oportunidades (Béné et al., 2012, Brooks, 2003, IPCC, 2012).

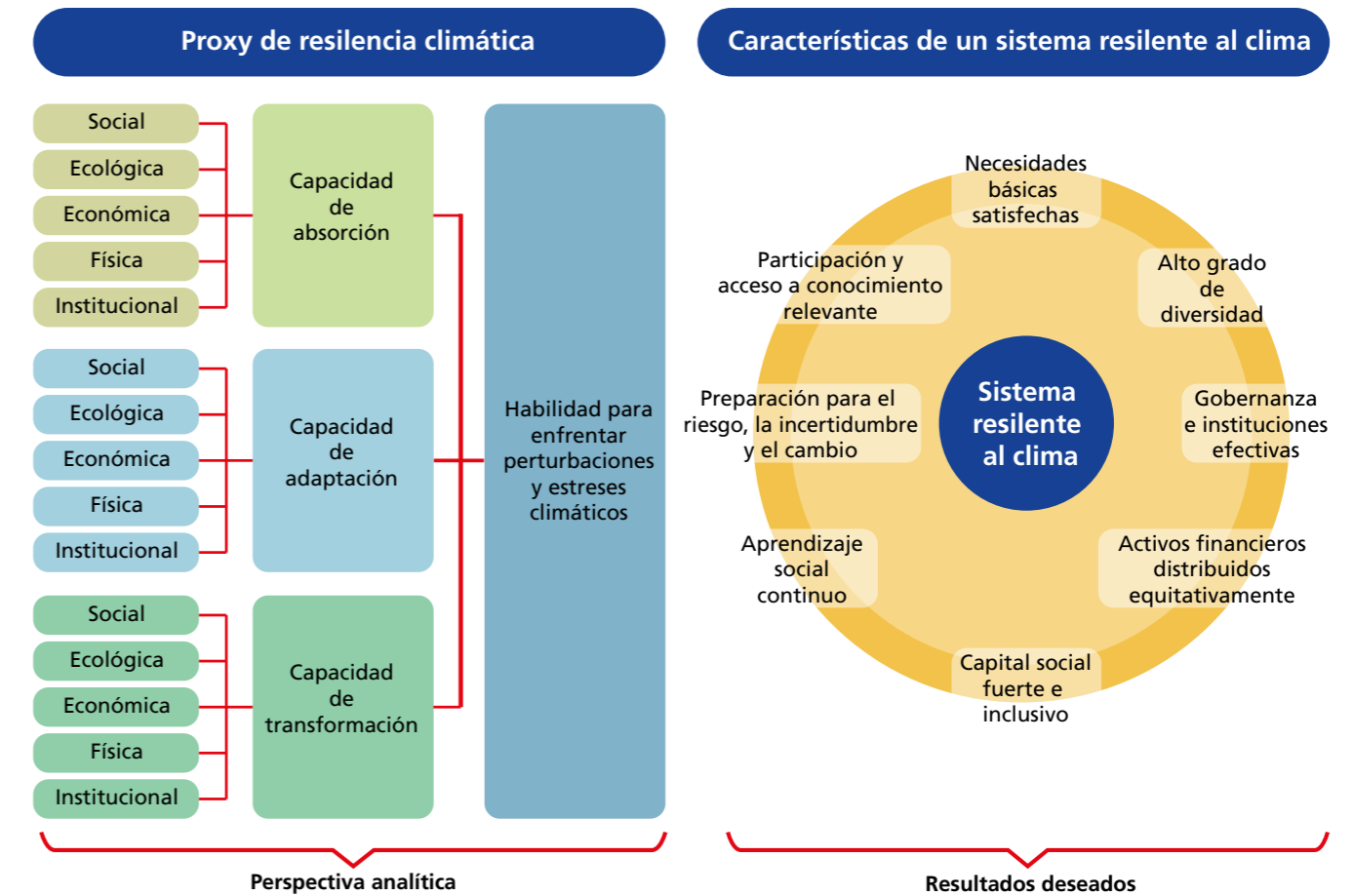
**Ejemplos:** Ajustes en las prácticas de siembra y uso del agua, información relacionada con el cambio climático y eventos de educación, manejo de recursos naturales mejorado, diversificación de sistemas de alerta temprana para llegar a una red más amplia de actores.

■ **Capacidad de transformación:** Capacidad de un sistema para cambiar fundamentalmente sus características y acciones cuando las condiciones existentes se vuelven insostenibles de cara a perturbaciones y estreses climáticos (Béné et al., 2012, Walker et al., 2004).

**Ejemplos:** Transformación de medios de vida (p.ej. pasar de agricultor de arroz a productor de camarones), migración de zonas rurales a urbanas, cambio de un sistema de energía fósil a energías renovables.

La resiliencia al cambio climático depende de la combinación de estas tres capacidades, ya que diferentes tipos e intensidades de perturbaciones y estreses climáticos requieren de distintas respuestas. (Ver gráfico 7).

Gráfico 7. MARCO GENERAL DE LA RESILIENCIA CLIMÁTICA



Fuente: GIZ, United Nation University (2014).

En términos de infraestructura, se puede señalar que la resiliencia es la capacidad de un sistema estructural de absorber impactos adicionales generados por

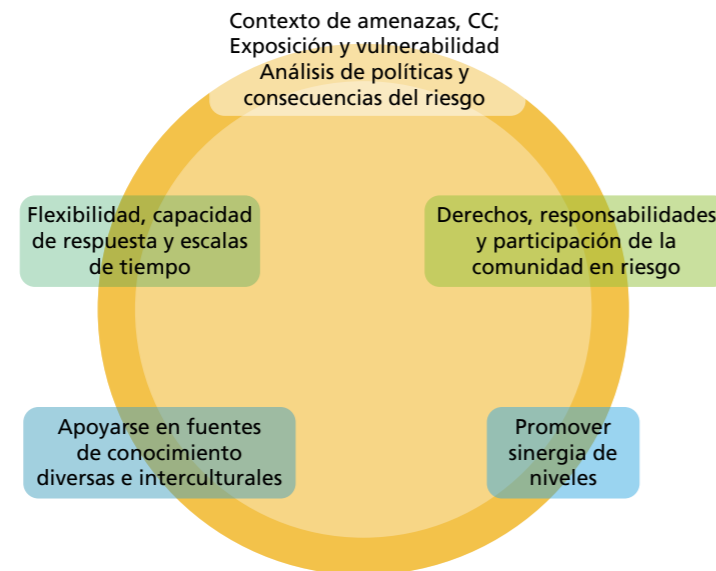
factores de stress climático y no climático, sin alterar sus funciones.

## El enfoque

El enfoque integral de la resiliencia climática debe considerar el contexto de las amenazas, con el añadido del cambio climático, para tener un marco de las consecuencias del riesgo más completo, sin olvidar los elementos de política que deben estar presentes; generar amplia participación social que permita detectar la participación y la responsabilidad social

ante el riesgo; establecer mecanismos de articulación sectorial y multinivel, donde también la política juega un rol trascendental; buscar soluciones que incluyan las visiones culturales y el conocimiento intercultural; finalmente, generar soluciones flexibles, con capacidad de respuesta. (Ver gráfico 8).

Gráfico 8. ENFOQUE INTEGRAL DE LA RESILIENCIA CLIMÁTICA

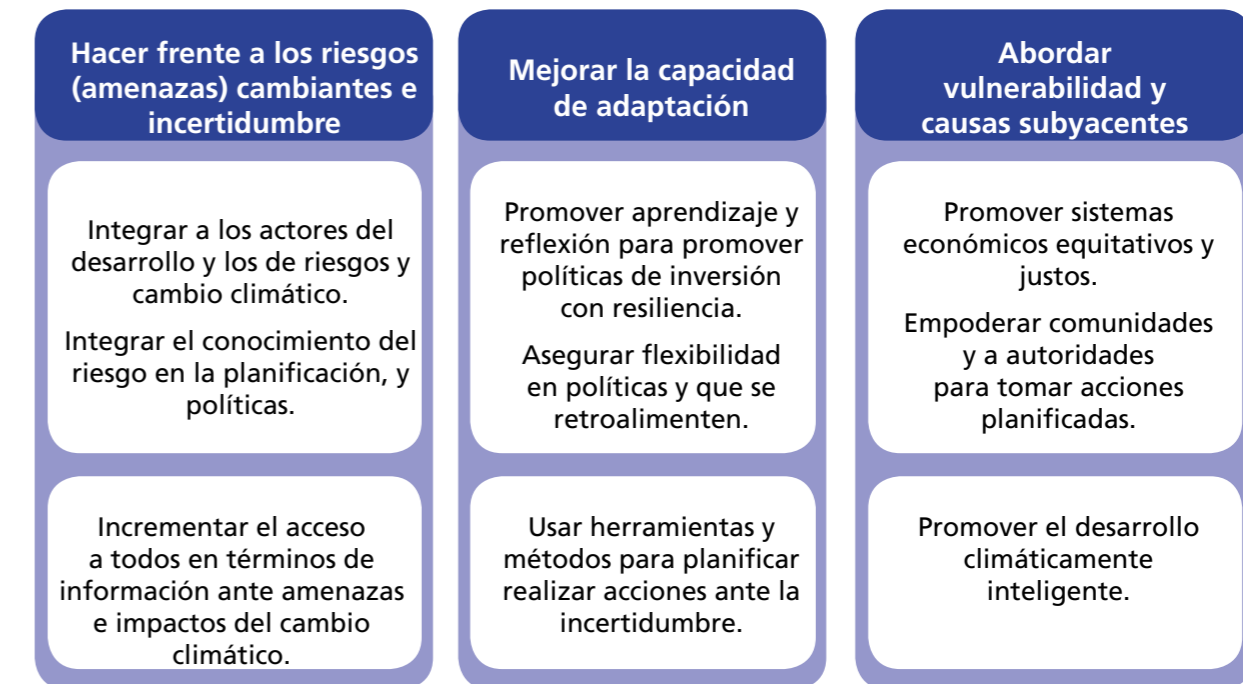


Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, debe ser impulsada una gestión de la infraestructura climáticamente inteligente, de manera tal que el enfoque a priorizar sea la integración de la RRD/ACC como un medio impulsor de resiliencia, generar capacidades de reflexión, herramientas y nueva habilidades para operativizar la adaptación y

de esta manera hacer vinculante el empoderamiento institucional para reducir vulnerabilidades. El esquema a continuación simplifica el entendimiento de acciones que llevan a acciones climáticamente inteligentes (Climate smart).

Gráfico 9. ACCIONES CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES (Climate smart)



Fuente: IPCC. Quinto reporte de evaluación.

En un contexto más concreto, se puede señalar la sugerencia de los 10 aspectos de la resiliencia<sup>4</sup> a considerar:

Tabla 1. LOS DIEZ ASPECTOS DE LA RESILIENCIA

ASPECTOS SUSTANTIVOS DE LA RESILIENCIA	SIGNIFICADO
1. Organización para la resiliencia.	Estructura organizativa, políticas, estrategias, normas, priorización de la RRD.
2. Identificar, comprender y utilizar escenarios de riesgo actual y futuro.	¿Quién y que está expuesto? ¿Cómo? Amenaza más probable y de mayor impacto.
3. Fortalecer la capacidad financiera para la resiliencia.	¿Cuáles son las pérdidas anuales promedio y las máximas pérdidas probables? ¿Cómo disminuir su impacto? Asignación de presupuesto.
4. Buscar el diseño y desarrollo urbano resiliente.	Zonificación del uso del suelo, normas y códigos de construcción; disminución del riesgo existente, instalaciones críticas.
5. Proteger zonas naturales de amortiguación para mejorar las funciones protectoras de los ecosistemas.	Anticiparse a los cambios por dinámica urbana y tendencias climáticas.
6. Fortalecer la capacidad institucional para la resiliencia.	Funciones y responsabilidades, competencias, gestión de información, desarrollo de capacidades público y privadas; continuidad de operaciones.
7. Comprender y fortalecer la capacidad social para la resiliencia.	Participación comunitaria, disponibilidad de información, concientización pública, capacitación, educación, medios de comunicación, patrimonio cultural.
8. Aumentar la resiliencia de la infraestructura crítica.	Evaluación de infraestructura crítica y priorización de medidas de reforzamiento; uso de escenarios; análisis costo-beneficio; evaluación de capacidad de reacción.
9. Asegurar una respuesta adecuada y efectiva ante desastres.	Planes de respuesta, planes de contingencia, fondos de emergencia; ejercicios de simulación; inter-operatividad de equipos de respuesta.
10. Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor.	Necesidades de la población afectada al centro de los procesos de recuperación y reconstrucción; evitar recrear riesgo; visión de largo plazo.

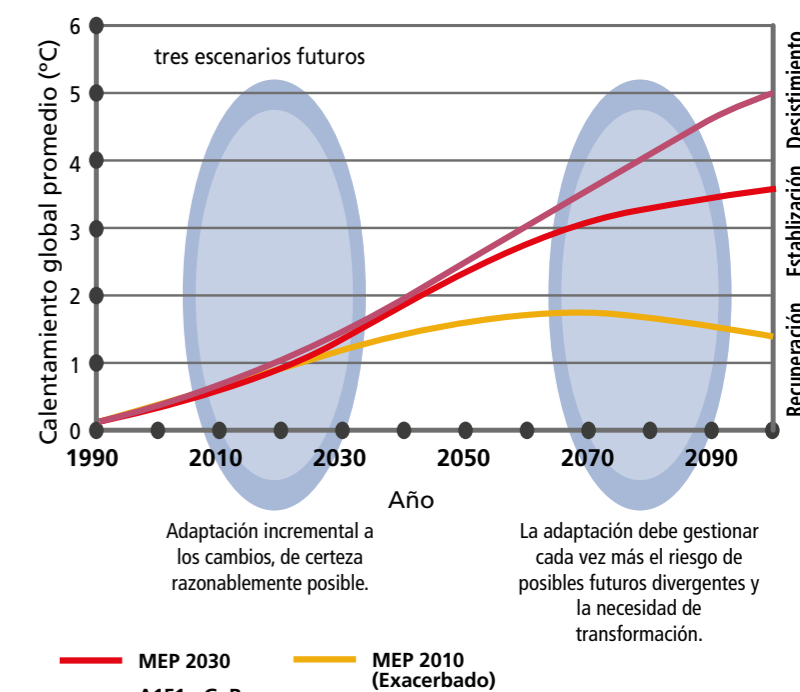
Fuente: UNISDR (2015) Foro de Resiliencia, Buenos Aires.

<sup>4</sup> UNISDR (2015). Foro de Resiliencia, Buenos Aires.

Es importante remarcar la importancia de la dimensión temporal cuando se habla de resiliencia y para eso es necesario considerar tres elementos:

- Las decisiones que son sensibles al clima se están tomando hoy en día (y no en 2050) y tienen que ser tomadas en el contexto de incertidumbre. Un marco de riesgo es por lo tanto importante; al igual que se debe ocupar de otros riesgos e incertidumbres (mercados, financieros, etc), el clima es otra fuente de riesgo e incertidumbre que debe tenerse muy en cuenta.
- Muchas de las decisiones que se toman, por ejemplo infraestructura que se está creando, son de vida corta por lo que deben diseñarse para cambios de una magnitud pequeña y por tanto también con un menor grado de incertidumbre.
- Sin embargo, algunas decisiones son para horizontes más largos de tiempo en los que son posibles considerar rutas divergentes y aspectos de la flexibilidad, retrasando los momentos de decisión y considerar en algunos casos hasta la posibilidad de retirarse, llegan a ser importantes. Se podría considerar el uso del gráfico 10, para ilustrar lo señalado.

Gráfico 10. GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DESDE DIVERSOS FUTUROS ESCENARIOS POSIBLES



Fuente: Stafford Smith, PhilTransRoySoc 369. (Adaptación gráfica y traducción propia).

### Infraestructura resiliente al clima<sup>5</sup>

Por todo lo anterior se puede inferir que la nueva infraestructura puede ser resiliente al clima, garantizando que un activo se encuentra, diseñado, construido y operado pensando en el clima actual y futuro.

<sup>5</sup> Traducido de Climate resilient infrastructure, 2011. UK.

La infraestructura existente puede ser resiliente al clima, en base a: i) asegurar una actualización que responda a nueva normativas, códigos y reglamentos, que signifique definir medidas de adaptación, y ii) que los regímenes de mantenimiento incorporen la resiliencia a los impactos del cambio climático durante la vida de un activo.

Para lograr esto, las posibles medidas de adaptación incluyen:

- Asegurar que la infraestructura es resiliente a los posibles aumentos de los fenómenos meteorológicos extremos tales como: tormentas, inundaciones y olas de calor, así como un clima extremadamente frío.
- Asegurar que las decisiones de inversión tomen en cuenta los cambios en los patrones de demanda (necesidades) de los consumidores como una consecuencia del cambio climático.
- Construcción con flexibilidad, por lo que los activos de infraestructura puede ser modificados en el futuro sin incurrir en costos excesivos.

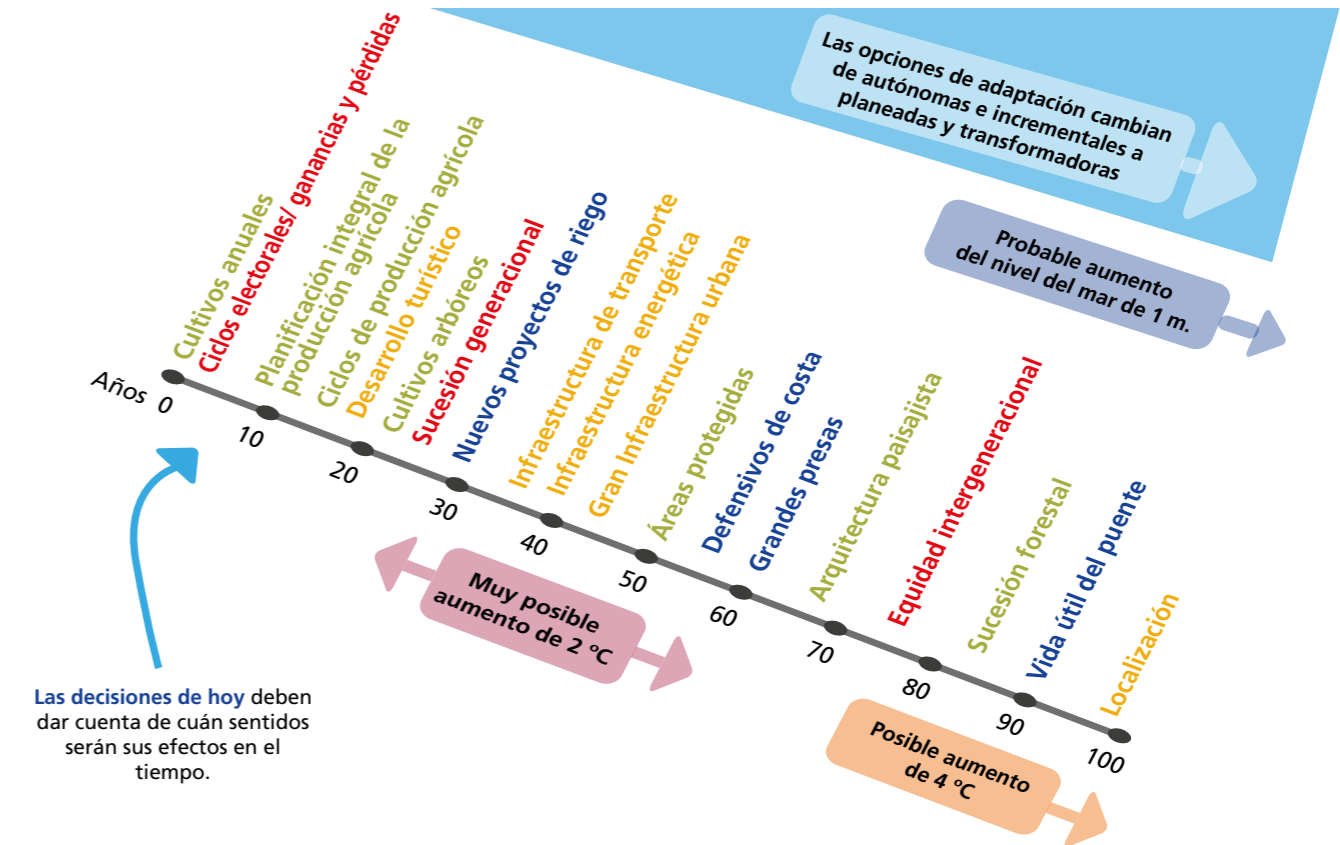
- Asegurar que las instituciones encargadas de desarrollar infraestructura y los profesionales tengan los conocimientos adecuados y las capacidades para aplicar medidas de adaptación.

El resultado será una red de servicios más resilientes y robustos, capaces de hacer frente a los impactos climáticos proyectados, por ejemplo con mayor flexibilidad para hacer frente a la incertidumbre y sin coste económico.



La infraestructura y los servicios (represas, puentes, caminos, canales, sistemas de riego, sistemas de agua y saneamiento), infraestructura pública y privada (hospitalaria, escolar, etc), requieren de inversiones seguras y capaces de resistir y absorber los efectos de la variabilidad y el cambio climático, por tanto es fundamental que sean diseñadas de manera resiliente y pensando en un horizonte de planificación que se vincule, a su vez, con la visión integral de los servicios hacia las personas. (Ver gráfico 11).

Gráfico 11. TIEMPOS DE ADAPTACIÓN Y PRIORIDADES



Fuente: Stafford Smith, PhilTransRoySoc 2011 (after Jones & McInnes 2004). Adaptación gráfica y traducción propia.

De la misma manera las acciones de operación y mantenimiento deben, necesariamente, replantearse acciones con una mirada de RRD/ACC, de tal manera que paulatinamente los servicios adquieran condiciones de resiliencia. Reconstruir vulnerabilidades, sostener infraestructura no sostenible, especialmente en la

fase de rehabilitación y reconstrucción después de un desastre, deben ser factores a transformar en los nuevos contextos del desarrollo que implican la integración de la RRD/ACC en *retrofitting* y su correspondiente actualización hacia los nuevos enfoques que plantea el desarrollo climáticamente inteligente.

Por último, considerar los factores de riesgo climático en los procesos permanentes de desarrollo resiliente al clima será un factor que garantice la eficacia de las inversiones en programas, proyectos e infraestructura. La tabla 2 muestra algunas consideraciones referentes a sectores que manejan inversiones en infraestructura, el impacto del clima sobre la misma y sus implicaciones.

### La meta común, un proceso de desarrollo con resiliencia al clima y a los desastres<sup>6</sup>

La reducción del riesgo y una mejor preparación para afrontar los impactos del clima y los desastres pueden hacer que disminuya considerablemente el costo de dichos eventos. En muchos países, los sistemas de alerta temprana, una mejor preparación y la adopción de códigos de seguridad más estrictos han resultado eficaces en función del costo, salvado vidas humanas y protegidas las inversiones públicas y privadas. En consecuencia, un proceso de desarrollo con resiliencia al clima y a los desastres tiene sentido tanto desde el punto de vista del alivio de la pobreza como desde la perspectiva económica.

Sin embargo, a pesar de la eficacia en función del costo en el largo plazo, un proceso de desarrollo con estas características puede tener elevados costos iniciales. Para contar con estructuras más seguras se requieren cambios de diseño en las construcciones, que normal-

mente significan un costo 10% a 50% más alto, o incluso mayor, si las redes de transporte o de distribución de agua deben ser reubicadas.

Además, para contar con mejores sistemas hidrometeorológicos se requieren nuevas tecnologías y capacitación, y las evaluaciones de los riesgos pueden exigir información geoespacial, científica y técnica, a menudo de alta resolución. Incluso una vez que se han implementado planes de reducción de riesgos, los desastres pueden tener costos residuales, lo que obliga a reforzar las estrategias para afrontar los impactos<sup>7</sup>.

En vista de la estrecha interacción entre el cambio climático y los factores de vulnerabilidad locales, es importante, en definitiva, reforzar todos los aspectos de un proceso de desarrollo con resiliencia al clima y a los desastres, incluida la coordinación de las instituciones, la identificación y reducción de los riesgos, la preparación, la protección financiera y social, y la reconstrucción teniendo en cuenta la resiliencia. Si solo se abordan algunos aspectos de este marco, se corre peligro de dejar expuestos otros elementos, e incluso de crear incentivos perversos, como cuando se asignan recursos financieros principalmente para responder frente a los desastres, sin tomar la iniciativa de disponer suficientes recursos para la administración de los riesgos.

<sup>7</sup> GFDRR 2010 Damage, Loss and Needs Assessment. Guidance Notes, Volumen 3. Banco Mundial. <http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/publication/Estimation%20Volume3-WEB.pdf>

Tabla 2. RESUMEN DE LOS RIESGOS CLIMÁTICOS PARA LAS INFRAESTRUCTURAS DE ENERGÍA, TRANSPORTE Y AGUA, RECOGIDOS EN EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA Y ADAPTACIÓN

SECTOR	IMPACTO CLIMÁTICO	POSIBLE IMPLICACIÓN PARA LA INFRAESTRUCTURA
<b>Transporte</b>		
Carreteras	- Precipitación más intensa/incrementada - Inviernos más húmedos y veranos más secos - Temperaturas más altas	- Riesgo de inundación en las carreteras - Mayor caudal bajo los puentes - Mayor inestabilidad de los terraplenes - Mayor daño a la superficie de la carretera
Ferrocarriles	- Precipitación más intensa/incrementada - Inviernos más húmedos y veranos más secos - Temperaturas más altas	- Riesgo de inundación en las vías - Mayor caudal bajo los puentes - Mayor inestabilidad de los terraplenes - Mayor pandeo de rieles - Comodidad del pasajero
Puertos	- Aumento del nivel del mar - Aumento de tormentas y vientos más fuertes	- Riesgo de inundación de puertos - Mayor interrupción en las operaciones
Aeropuertos	- Precipitaciones incrementadas/más intensas - Temperaturas más altas	- Riesgo de inundaciones en aeropuertos - Elevación reducida del avión (afectando el uso de combustible y las ranuras de despegue)
<b>Agua</b>		
Suministro de agua, tratamiento e infraestructura	- Cambio de patrones de precipitación y sequía - Precipitaciones incrementadas/más intensas - Temperaturas más altas	- Reducida seguridad en el suministro de agua - Incremento en el riesgo de inundación fluvial a la infraestructura de la planta de tratamiento de agua - Afectación en los procesos de tratamiento de agua
Recolección, tratamiento, y disposición final de aguas residuales	- Precipitaciones incrementadas/más intensas - Cambio de patrones de precipitación y sequía	- Aumento del riesgo de inundación de alcantarillas - Mayores incidentes de polución - Mayor riesgo de inundación fluvial a la planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate. Traducción propia.



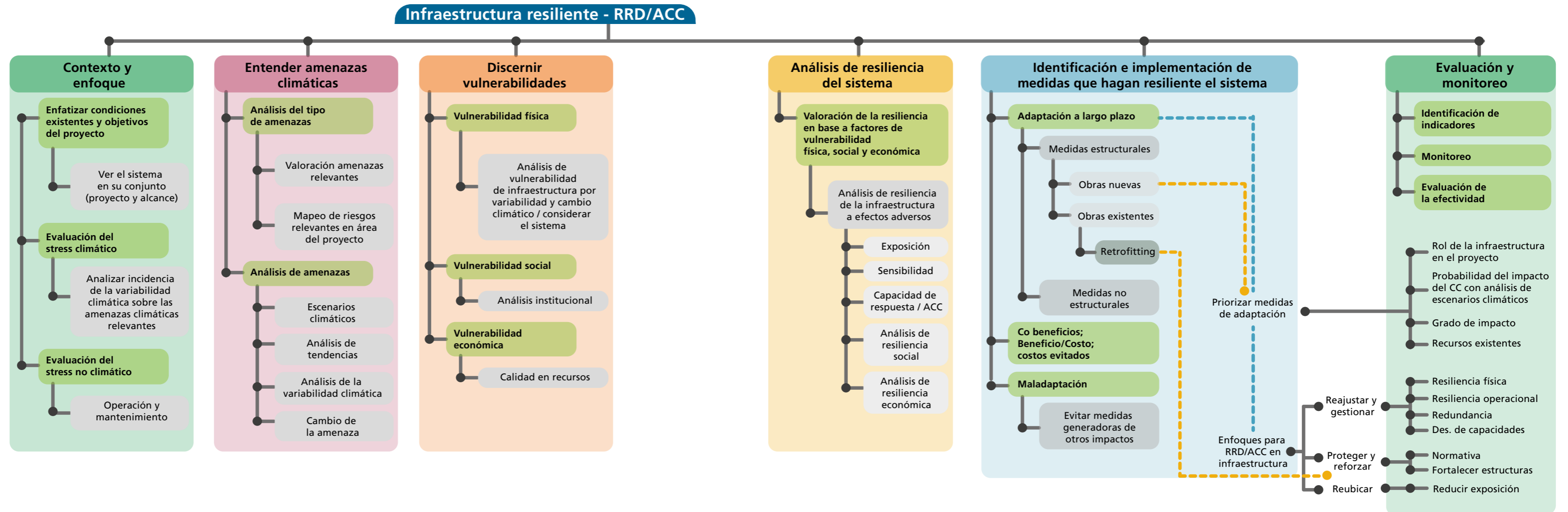


2

Metodología conceptual para una infraestructura resiliente con integración de la RRD/ACC

El análisis de resiliencia de un proyecto o sistema en términos de su estructura debe seguir el procedimiento planteado en el siguiente esquema, el cual consta de seis fases:

Gráfico 12. ESQUEMA ILUSTRATIVO DE UN PROCESO PARA HACER RESILIENTE LA INFRAESTRUCTURA



Fuente: Elaboración propia.

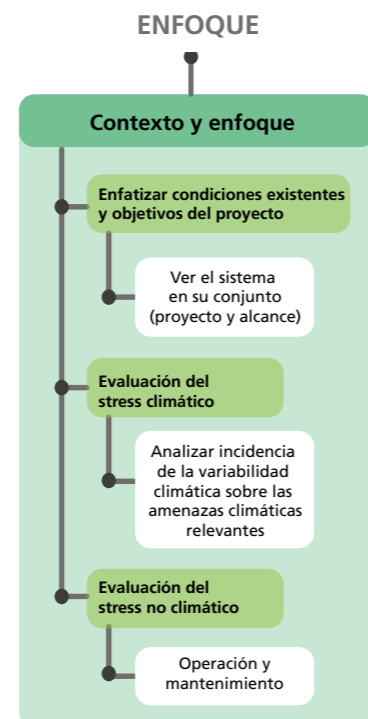
## Fase 1.- Contexto y enfoque

El análisis del contexto y enfoque para una infraestructura resiliente debe enfatizar fundamentalmente sobre el proyecto y su entorno, los riesgos, el cambio climático y el medio ambiente, visibilizar el conjunto total de un proyecto o de un sistema en su relación de resiliencia integral considerando a las personas y sus medios de vida; evaluar los factores de stress climático tomando en cuenta la variabilidad climática como factor orientador y también aquellos no climáticos que pueden tener incidencia sobre el proyecto. Visibilizar factores de amenazas relevantes (mayor probabilidad) sin descartar multiamenazas (baja probabilidad). Muchas veces se consideran opciones de solución muy obvias pero que sólo son entendidas cuando se realiza una evaluación rigurosa. Debe servir para identificar el problema respecto a los riesgos climáticos. (Ver gráfico 13).



**Ejemplo 1:** Un proyecto de infraestructura en salud, destinado a una atención de calidad a pobladores de una región, debe considerar todos los aspectos del servicio resiliente para las personas como ser aspectos físicos (disponibilidad de agua, condición estructural del suelo, área de inundación, confiabilidad en sistemas vitales, etc), humanos (personal capaz para el manejo del sistema), económicos (generación de ingresos que garanticen la sostenibilidad del sistema). Asimismo, tomar en cuenta las condiciones de operatividad y funcionamiento del proyecto de infraestructura en condiciones de riesgo y de cambio climático.

Gráfico 13. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: CONTEXTO Y



Fuente: Elaboración propia.



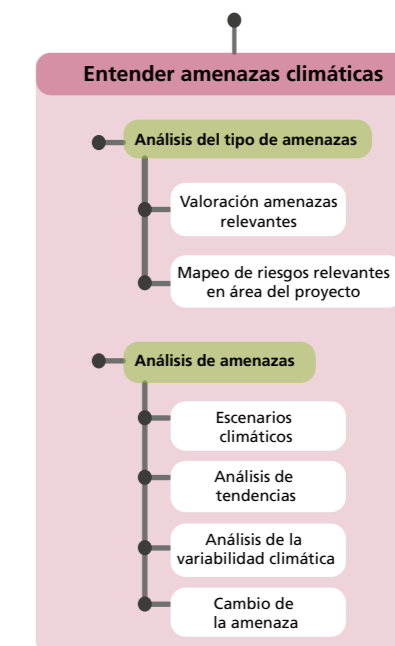
**Ejemplo 2:** Un sistema de riego que apunta a mejorar las condiciones de seguridad alimentaria de una zona debe considerar la disponibilidad de agua en condiciones de sequía o el funcionamiento del drenaje en condiciones de inundación o fuertes precipitaciones, el sistema de distribución protegido ante deslizamientos en zonas de ladera.

## Fase 2.- Entender amenazas climáticas

En la mirada integral del proyecto con el entorno se debe analizar, ya sea en base a información, primaria, secundaria o directamente con la consulta de actores, el tipo de amenazas existentes, valorar cada una de ellas y establecer, desde un punto de vista de amenazas más relevantes, cómo estas pueden afectar a los componentes del proyecto y establecer su nivel de severidad. Articulando a las consecuencias sobre los componentes identificar el nivel de vulnerabilidad asociada y establecer un mapeo de amenazas y riesgos relevantes en el área del proyecto. Es importante en esta etapa analizar el riesgo bajo el contexto del cambio climático, usando para ello la información de escenarios climáticos, o análisis de tendencias del clima, tomando como referencia en el área del proyecto los impactos históricos, por ejemplo, de los fenómenos El Niño o La Niña. Se recomienda revisar información de proyecciones del clima para Bolivia de fuentes nacionales e internacionales<sup>8</sup>. (Ver gráfico 14).

<sup>8</sup> [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_AnnexI\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_AnnexI_FINAL.pdf)  
<http://www.tcn.cambioclimatico-pnud.org.bo/documentos/LineaBaseEscenarios.pdf>  
[http://www.rrd.com.bo/wp-content/uploads/2015/publi\\_fases/fase\\_03/ultimos\\_2014/cartografia\\_riesgos.pdf](http://www.rrd.com.bo/wp-content/uploads/2015/publi_fases/fase_03/ultimos_2014/cartografia_riesgos.pdf)  
[http://www.rrd.com.bo/wp-content/uploads/2015/publi\\_fases/fase\\_03/27escenariosh1.pdf](http://www.rrd.com.bo/wp-content/uploads/2015/publi_fases/fase_03/27escenariosh1.pdf)

Gráfico 14. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: ENTENDER AMENAZAS CLIMÁTICAS



Fuente: Elaboración propia.



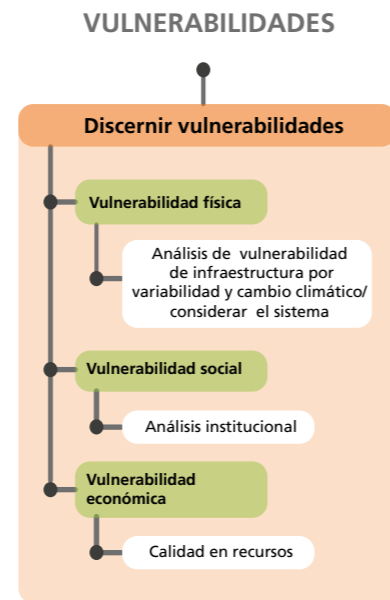
**Ejemplo:** Establecer en el área de un proyecto, de una represa de uso múltiple, que amenazas climáticas son relevantes y frecuentes y cómo estas, a partir de escenarios climáticos, tienden a incrementarse. Bajo esos nuevos escenarios de amenaza se recomienda analizar la pertinencia de la infraestructura. De la misma manera puede darse el caso de estar en una zona con tendencia a la sequía, lo cual debe ser considerado antes de pensar en un determinado tamaño de infraestructura, analizar bien la incertidumbre con la finalidad de tomar decisiones “no regret” (sin arrepentimiento) o que podría dar lugar a una maladaptación.

### Fase 3.- Discernir vulnerabilidades

El análisis de la resiliencia tiene como elemento sustantivo el conocimiento de los niveles de vulnerabilidad física, social, institucional y económica que consideren los factores subyacentes de exposición y sensibilidad y de la misma manera las capacidades de afronte existentes (respuesta y adaptación). Aquí debe remarcarse que el análisis de la vulnerabilidad en un contexto de variabilidad y cambio climático, también debe ser desarrollado. Entendida la vulnerabilidad existente se podrá tener, con menor incertidumbre, el nivel de riesgo ante el cual los componentes de un proyecto está sometido y por ende su nivel de resiliencia. No olvidarse que las infraestructuras de diferentes tipos presentan vulnerabilidades variables ante el cambio climático. Asimismo, en estricto sentido, la vulnerabilidad de la infraestructura debe ser pensada ante su susceptibilidad de sufrir los efectos

de los estresores climáticos externos y su incapacidad para afrontarlos. (Ver gráfico 15).

Gráfico 15. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: DISCERNIR



Fuente: Elaboración propia.

En esta fase no debe descartarse la complejidad del proceso cuando se den factores como:

- a) Interconexión sectorial, como la implicación de los cambios en los recursos hídricos que afectarían a la irrigación y esta a su vez a la seguridad alimentaria.
- b) El mal mantenimiento o la calidad de la infraestructura.
- c) La coincidencia de eventos (no muy usual) pero que puede significar que en un mismo lugar se den varias veces un evento o en múltiples lugares.



**Ejemplo 1:** Una planta de tratamiento de agua residual expuesta a una zona de inundación que puede reducir completa o casi completamente su funcionamiento, generando la contaminación de un río aguas abajo.



**Ejemplo 2:** Una estructura de protección diseñada para condiciones de clima actual y no de clima futuro o de condiciones de eventos extremos, puede ser fácilmente destruida al producirse ese tipo de evento. O en su defecto el uso de materiales no acordes para situaciones extremas (sensibilidad).

## Fase 4.- Análisis de resiliencia del sistema (proyecto)

El nivel de resiliencia del proyecto, también debe evaluarse en base a los factores subyacentes de vulnerabilidad, pero fundamentalmente en términos de la resiliencia física, operacional, organizacional, como factores sustantivos del análisis.

Es importante analizar el nivel de resiliencia de la infraestructura a los eventos extremos. Se ha detectado que una gran cantidad de inversiones en infraestructura no necesariamente son objeto de un análisis de riesgos climáticos y no climáticos y menos del nivel de resiliencia de los mismos. (Ver gráfico 16).

Esta fase es sustantiva ya que se recomienda responder a cuatro preguntas clave<sup>9</sup>:

1.- ¿Cuán crítica es la infraestructura (sistema) en la prestación de un servicio que asegure sus efectos duraderos?

La parte clave aquí es el rol que juega la infraestructura durante la respuesta a los desastres o el análisis de su funcionamiento en situación crítica de condiciones extremas.

Gráfico 16. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: ANÁLISIS DE RESISTENCIA DEL SISTEMA



Fuente: Elaboración propia.

2.- ¿Cuál es la probabilidad del impacto del cambio climático?

Lo importante es analizar en base a los escenarios climáticos el funcionamiento futuro de la infraestructura. Este análisis puede ayudar a encontrar una gama de alternativas y una mejor

toma de decisiones. El principio precautorio debe ser considerado de manera efectiva.

3.- ¿Qué nivel de severidad tendrán las consecuencias del impacto climático y qué pronto ocurrirán?

La magnitud y temporalidad de cualquier impacto es difícil de establecer, sin embargo, por muy poco frecuentes que puedan ser los eventos extremos que dañen una infraestructura, estos deben ser visibilizados en los diseños, más aun si el efecto puede generar la pérdida de vidas humanas.

4.- ¿Existen recursos técnicos, económicos e institucionales?

Cuando existen las limitaciones presupuestarias, falta de experiencia técnica y reducida capacidad institucional, se debe priorizar acciones que aumenten las capacidades en todo orden.

## Fase 5.- Identificación de medidas que hacen resiliente al sistema

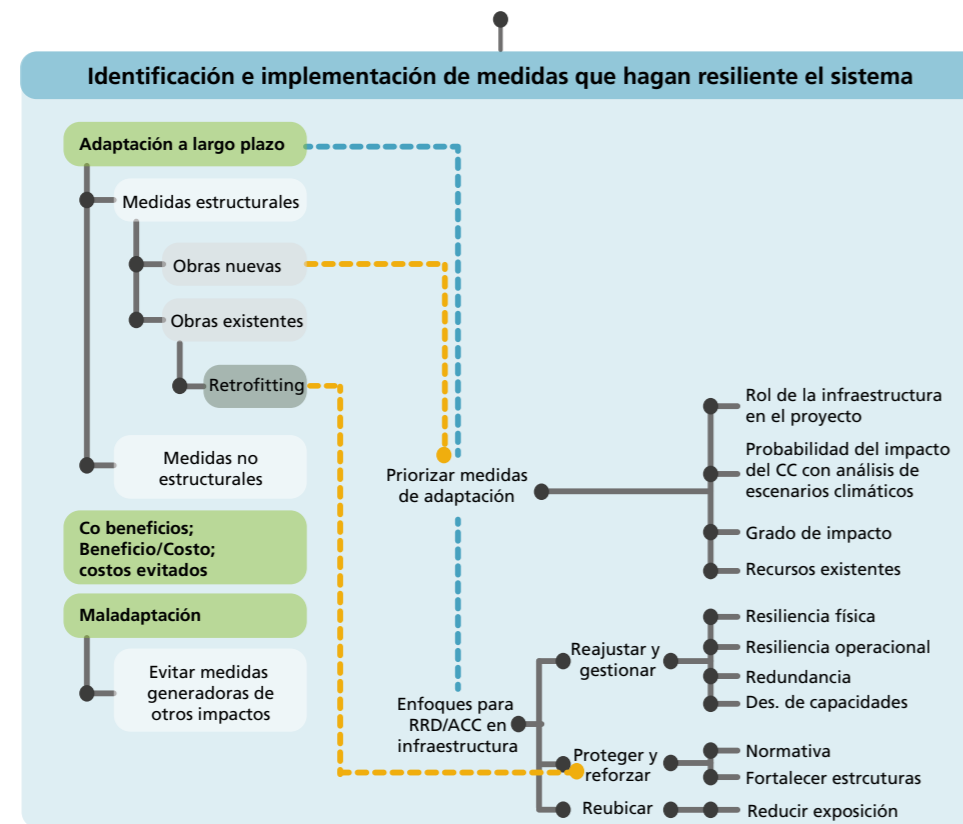
Las medidas que hacen resiliente a un proyecto deben considerar acciones de largo plazo (que consideran

cambio climático) y pueden ser de tipo estructural y no estructural. Entre las primeras pueden ser medidas físicas complementarias nuevas, reforzamiento de obras existentes (denominadas *retrofitting*); por su parte entre las segundas (también denominadas no estructurales) son el conjunto de normas, políticas, fortalecimiento institucional y organizativo y el desarrollo de capacidades. Normalmente una combinación de medidas estructurales y no estructurales le da una mejor resiliencia a las inversiones.

No se debe perder de vista que en el análisis de las medidas resilientes debe considerar todo lo referido a los co-beneficios que puede generar, especialmente el análisis de costo beneficio a través del enfoque de costos evitados que muestran la efectividad de las medidas. Cómo se señaló anteriormente esta parte del análisis debe también reflexionar que las medidas no generen otros impactos que den lugar a lo que se denomina la maladaptación. Se recomienda que el análisis pueda realizarse de manera de considerar los siguientes enfoques posibles: **reajustar y gestionar** la infraestructura; **proteger y reforzar** infraestructura existentes o en su defecto **retirar o reubicar** con fines de reducir exposición. (Ver gráfico 17).

<sup>9</sup> Extraídas y adaptadas de USAID (2013).

Gráfico 17. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: IDENTIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS QUE HAGAN RESILIENTE AL SISTEMA



Fuente: Elaboración propia.

En esta fase se recomienda tomar en cuenta los siguientes criterios para la elección de las medidas<sup>10</sup>:

■ Eficacia - ¿Serán las acciones adecuadas para satisfacer sus objetivos?

- Eficiencia - ¿Los beneficios superan los costos?
- Equidad - La acción no debería afectar negativamente a otras áreas o grupos vulnerables.
- Flexibilidad - ¿Es flexible y va a permitir ajustes e implementación incremental?

- Sostenibilidad - ¿Contribuye a los objetivos de sostenibilidad, y son ellos mismos sostenibles?
- Práctica - ¿Se puede implementar la acción en escalas de tiempo relevantes?
- Legitimidad - ¿Esta política es socialmente aceptable?
- Urgencia - ¿Qué tan pronto podrían ser implementadas?
- Costos - Se consideran los costos sociales y medioambientales, no sólo económicos.
- Robustes - ¿La opción elegida podrá hacer frente a una serie de proyecciones climáticas futuras?
- Las sinergias / coherencia con otros objetivos estratégicos, ¿ayuda para lograr otros objetivos?
- Cualquier otro factor que su organización considere importante.



**Ejemplo 1: (reajustar y gestionar)** Actualizar y mejorar normativas, planes y políticas. Redimensionar sistemas constructivos, instalar sistemas redundantes (por ejemplo sistemas de energía complementaria [agua, luz]). Debería ser una buena práctica manejar el nivel de riesgo e incluso posponer los enfoques de construcción o reubicación de mayor costo. Haciendo reajustes a tiempo se puede incrementar la resiliencia.



**Ejemplo 2: (proteger y fortalecer)** En este caso el enfoque implica cambios estructurales en la manera que se diseña, construye, renueva o protege un sistema infraestructural. Se puede pensar en el uso de materiales de mayor resistencia y durabilidad o el refuerzo estructural (*retrofitting*). Mejora de soportes, fundaciones, obras de protección adicional. La elevación de puentes en zonas donde eventos de grandes avenidas han superado los años de diseño; refuerzos de muros en zonas de deslizamiento de carreteras o implementación de zonas de amortiguamiento. La elección de obras de refuerzo o protección debe acompañarse del análisis de costo beneficio a partir del enfoque de costos evitados. Se recomienda también que estas medidas sean puestas en práctica como parte de los programas de mejoramiento o reemplazo de infraestructuras.

10 <http://www.ukcip.org.uk/wizard/adaptation-options/>.



**Ejemplo 3:** (retirar o reubicar) Reubicar sistemas o proyectos lejos de áreas expuestas o susceptibles de inundaciones, deslizamientos, incendios, (por ejemplo edificios públicos, hospitales, escuelas, puentes, plantas de energía, sistemas de tratamiento, sitios de disposición final de residuos sólidos, etc.) se constituye en una opción resiliente importante más aún si el proyecto está en fase de planificación y diseño. En el caso de infraestructura existente en zonas de alta amenaza la reubicación debe ser analizada en función de las pérdidas y de los costos que eso entrañe.



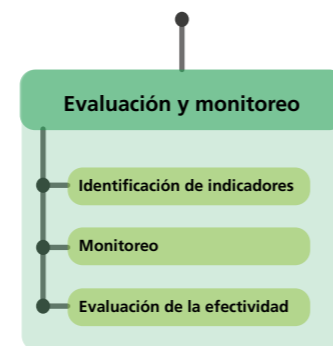
La dimensión temporal en la toma de decisiones y las inversiones es un aspecto importante en el que el enlace con las tendencias y proyecciones del clima es fuerte y debe ser resaltado. Si se hace esto, la toma de decisiones y el establecimiento de prioridades es más fácil.

## Fase 6.- Evaluación y monitoreo

Con la finalidad de generar procesos de seguimiento y evaluación de las medidas de resiliencia es indispensable acompañar la efectividad de las mismas por medio de un sistema de monitoreo que genere información a través de indicadores clave y de la efectividad alcanzada. (Ver gráfico 18).

Los indicadores deben basarse en la efectividad de las prácticas existentes y de aquellas implementadas para la RRD/ACC que permitan recuperar aprendizajes de lo bueno y malo de cada experiencia.

Gráfico 18. INFRAESTRUCTURA RESILIENTE: EVALUACIÓN Y MONITOREO



Fuente: Elaboración propia.

## Bibliografía

**USAID, (2014).** Climate – resilient Development: A framework for understanding and addressing climate change. Washington DC. 2014.

**IUCN (2014).** A Guiding Toolkit for Increasing Climate Change Resilience. Gland, Switzerland: IUCN. 66 pp.

**Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs by Command of Her Majesty (2011).** Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate. England.

**GIZ, NUU; (2014).** Valoración y seguimiento de la resiliencia climática; Bonn.

**IPCC, (2014):** Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

**UNISDR (2015).** Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

**Banco Mundial (2014),** Crear Resiliencia, mediante la integración de los riesgos climáticos y de desastre en el proceso de desarrollo. Grupo Banco Mundial.

[www.rrd.com.bo](http://www.rrd.com.bo)

Ejecutado por:



Calle Rosendo Gutiérrez No. 704  
Telf.: 591-2-2419565 / 2419585  
Fax: 591-2-2410735  
Casilla Postal 2518 - La Paz - Bolivia

[www.helvetas.org/bolivia](http://www.helvetas.org/bolivia)