

## CAPÍTULO 5. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ATENCIÓN DE RIESGOS EN EL TRANSPORTE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### 5.1 Enfoque general de gestión del riesgo en el transporte

La gestión del riesgo en el transporte de sistemas fotovoltaicos en el marco del programa Colombia Solar debe ser entendida como un proceso integral, continuo y adaptativo que articula decisiones técnicas, operativas y ambientales a lo largo de toda la cadena logística, desde el punto de ingreso de los equipos al territorio nacional hasta su instalación final, así como en la fase de retorno asociada a la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y residuos peligrosos (RESPEL). Este enfoque reconoce que el transporte no constituye una etapa aislada, sino un componente estructural que condiciona el desempeño técnico, la seguridad operativa y la sostenibilidad ambiental del sistema en su conjunto.

En este contexto, las medidas de gestión del riesgo se estructuran bajo tres dimensiones complementarias: la prevención, orientada a evitar la ocurrencia de eventos adversos mediante el control anticipado de variables críticas; la mitigación, dirigida a reducir la severidad de los impactos en caso de materialización del riesgo; y la atención, que establece los protocolos de respuesta inmediata ante incidentes que comprometan la integridad de los equipos, la seguridad del personal o el equilibrio ambiental. Estas dimensiones se aplican de manera diferenciada según la tipología de vía, el tipo de material transportado y la etapa de la cadena logística —entrada de equipos o retorno de residuos—, reconociendo la heterogeneidad operativa del territorio colombiano y la naturaleza específica de los componentes fotovoltaicos.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL TRANSPORTE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS								
Los riesgos se presentan en todas las etapas de la cadena logística, en la fase de ida (equipos nuevos) y en la fase de retorno (RAEE/RESPEL).								
NIVEL DE RIESGO		 <b>MUY ALTO</b> Evento probable y con consecuencias severas	 <b>ALTO</b> Evento posible y con consecuencias importantes	 <b>MEDIO</b> Evento posible y con consecuencias moderadas	 <b>BAJO</b> Evento poco probable y con consecuencias menores			
FASE	ETAPA DEL TRANSPORTE	RIESGOS IDENTIFICADOS		IMPACTOS POTENCIALES			SEÑALES DE ALERTA / CAUSAS COMUNES	MATERIALES PRINCIPALMENTE ASOCIADOS
		PERSONAS	SISTEMAS / EQUIPOS	AMBIENTE				
<b>FASE DE IDA (AEE)</b> Equipos y materiales nuevos hacia el sitio de instalación 	Importación y nacionalización 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Daños por manipulación inadecuada</li><li>• Exposición a humedad y corrosión</li><li>• Pérdida o robo de carga</li><li>• Documentación incompleta o incorrecta</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Lesiones por movimiento de carga</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Daño en equipos y componentes</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación por derrames de aceites o combustibles</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Embalajes húmedos o deteriorados</li><li>• Sellos de seguridad rotos</li><li>• Tiempos de espera prolongados</li><li>• Manipulación brusca</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Módulos, inversores, baterías, controladores, estructuras metálicas</li></ul>	
	Almacenamiento y planificación logística 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenamiento inadecuado</li><li>• Exposición a humedad, calor o polvo</li><li>• Errores en inventario o trazabilidad</li><li>• Planificación de rutas deficiente</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Golpes, atrapamientos</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Degradación prematura de equipos</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Generación de residuos por deterioro</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Bodegas sin control de humedad</li><li>• Embalajes deformados</li><li>• Inventarios desactualizados</li><li>• Rutas sin evaluación previa</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Todos los componentes del sistema fotovoltaico</li></ul>	
	Transporte primario (puerto / ciudad origen a punto de acopio) 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Vibraciones y golpes por terreno o velocidad</li><li>• Accidentes de tránsito</li><li>• Volcamiento o caída de carga</li><li>• Exposición a lluvia y polvo</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Lesiones graves o fatales</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Microfisuras en módulos, daños electrónicos</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Derrames de aceites, diésel o sustancias peligrosas</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Exceso de velocidad</li><li>• Amarres inadecuados</li><li>• Clima adverso</li><li>• Fatiga del conductor</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Módulos, inversores, baterías, cables, estructuras</li></ul>	
	Transporte secundario (acopio a sitio de instalación) 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Daños por vías terciarias o irregulares</li><li>• Caídas durante carga/descarga</li><li>• Exposición a lluvia, humedad y lodo</li><li>• Manipulación manual insegura</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Lesiones por esfuerzo o caídas</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Rotura de módulos, daños en conectores</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación por embalajes o residuos</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Vías en mal estado</li><li>• Carga sin protección impermeable</li><li>• Falta de equipos de izaje</li><li>• Personal sin EPP</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Todos los componentes del sistema fotovoltaico</li></ul>	
	Desmantelamiento y retiro de equipos (antes del retorno) 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Desconexión eléctrica insegura</li><li>• Rotura de componentes</li><li>• Exposición a sustancias peligrosas</li><li>• Falta de segregación de materiales</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Descargas eléctricas, intoxicaciones</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Daño en componentes reutilizables</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Generación de residuos peligrosos sin manejo adecuado</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Equipos energizados</li><li>• Falta de procedimientos</li><li>• Herramientas inadecuadas</li><li>• Falta de contenedores adecuados</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Inversores, baterías, cables, controladores de químicos</li></ul>	
<b>FASE DE RETORNO (RAEE / RESPEL)</b> Residuos y componentes al final de su vida útil hacia disposición final o gestores autorizados 	Transporte de retorno (a gestores o disposición final) 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Fugas de electrolitos o químicos</li><li>• Rotura de baterías o componentes</li><li>• Exposición a cortocircuitos e incendios</li><li>• Mezcla de residuos incompatibles</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Intoxicaciones, quemaduras, incendios</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Pérdida de materiales aprovechables</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación de suelo, agua y aire</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Contenedores dañados o sin sellar</li><li>• Falta de etiquetado de peligrosidad</li><li>• Transporte sin autorización</li><li>• Falta de kit de derrames</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Baterías, inversores, componentes electrónicos, cables, químicos, RAEE</li></ul>	
	Almacenamiento temporal de residuos antes de disposición 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Acumulación de residuos peligrosos</li><li>• Exposición a humedad y calor</li><li>• Incendios o explosiones</li><li>• Plagas y vandalismo</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Exposición a sustancias peligrosas</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Deterioro de residuos con valor de recuperación</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Lixiviados y contaminación del entorno</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Bodegas sin ventilación o control climático</li><li>• Almacenamiento prolongado</li><li>• Falta de contención secundaria</li><li>• Falta de señalización</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Baterías, RAEE, contaminados, químicos, cables</li></ul>	
	Disposición final (gestor autorizado) 	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Inadecuada disposición final</li><li>• Trazabilidad incompleta</li><li>• Incumplimiento normativo</li><li>• Disposición en sitios no autorizados</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Sanciones, riesgos laborales</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Pérdida de garantías y valor de recuperación</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación permanente y daño ecológico</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• Falta de certificación del gestor</li><li>• Documentación incompleta</li><li>• Transporte sin registro</li><li>• Vertimientos o quemas ilegales</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>Todos los residuos electrónicos y peligrosos generados</li></ul>	
<b>CONSIDERACIÓN GENERAL</b> La adecuada identificación de riesgos permite tomar decisiones preventivas y establecer controles efectivos que protejan a las personas, los equipos y el medio ambiente durante todo el ciclo logístico de los sistemas fotovoltaicos.								
 Conocer los riesgos →  Evaluar las causas →  Implementar controles →  Monitorear continuamente								








## 5.2 Medidas generales transversales

Las medidas transversales constituyen el conjunto de disposiciones mínimas obligatorias que deben implementarse independientemente de la tipología de vía, en tanto responden a riesgos inherentes a la naturaleza de los sistemas fotovoltaicos y a la complejidad de su cadena logística.


**MEDIDAS GENERALES TRANSVERSALES**

Aplicables a todas las tipologías de vía en el transporte de sistemas fotovoltaicos


Estas medidas son obligatorias en todas las etapas del transporte, tanto en la fase de ida (equipos nuevos) como en la fase de retorno (RAEE / RESPSEL).

1 PLANEACIÓN LOGÍSTICA	2 EMBALAJE Y ACONDICIONAMIENTO	3 CARGUE, ESTIBA Y ASEGURAMIENTO	4 TALENTO HUMANO Y EPP	5 GESTIÓN AMBIENTAL PREVENTIVA	6 DOCUMENTACIÓN Y TRAZABILIDAD	7 COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar análisis previo de ruta considerando estado de vías, clima, puntos críticos, cuerpos de agua y ecosistemas.</li> <li>Definir rutas principales y alternativas.</li> <li>Identificar y planificar puntos de acopio y transbordo.</li> <li>Programar transporte en ventanas climáticas seguras.</li> <li>Contar con planes de contingencia ante emergencias o cierres de vía.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Usar embalaje diferenciado por subsistema (módulos, inversores, baterías, cables, estructuras, etc.).</li> <li>Proteger contra impactos, vibraciones y humedad.</li> <li>Incorporar desecantes y bolsas antihumedad donde aplique.</li> <li>Usar materiales de embalaje resistentes y en buen estado.</li> <li>Incluir indicadores de impacto e inclinación.</li> <li>Para baterías: usar embalaje certificado (UN) y contención secundaria.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar capacidad del vehículo y compatibilidad con la carga.</li> <li>Distribuir la carga de forma uniforme y estable.</li> <li>Inmovilizar y asegurar con sistemas de amarre certificados.</li> <li>Evitar apilamiento excesivo y contacto directo entre componentes.</li> <li>Señalizar la carga: fragilidad, orientación, "Este lado arriba", material peligroso (cuando aplique).</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal capacitado en manipulación de cargas sensibles y mercancías peligrosas.</li> <li>Formación en primeros auxilios y respuesta a emergencias.</li> <li>Uso obligatorio de EPP: casco, guantes, gafas, calzado de seguridad, chaleco reflectivo.</li> <li>Verificar condiciones físicas adecuadas para la tarea.</li> <li>Prohibido manipular cargas sin capacitación o sin EPP.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Contar con plan de contingencia ambiental actualizado.</li> <li>Disponer de kit antiderrames y material absorbente.</li> <li>Identificar cuerpos de agua, áreas protegidas y ecosistemas sensibles en la ruta.</li> <li>Prevenir contaminación por combustibles, aceites, químicos o residuos.</li> <li>Prohibido lavar equipos o vehículos en fuentes hídricas o suelos naturales.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Contar con documentos de transporte y manifiestos actualizados.</li> <li>Etiquetado según normativa aplicable (Nacional e Internacional).</li> <li>Registro de inspecciones y condiciones de la carga.</li> <li>Trazabilidad completa desde el origen hasta la instalación o disposición final.</li> <li>Conservar registros de incidentes y condiciones inseguras.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicación permanente entre todos los actores de la cadena logística.</li> <li>Coordinación con autoridades locales y comunidades cuando aplique.</li> <li>Reporte inmediato de incidentes, daños o condiciones inseguras.</li> <li>Reuniones periódicas de seguimiento y retroalimentación.</li> </ul>


PRINCIPIOS CLAVE




Prevención  
Evitar la ocurrencia del daño.




Mitigación  
Reducir la severidad de los impactos.




Atención  
Responder de manera oportuna y efectiva.




Protección ambiental  
Minimizar la afectación de los ecosistemas.




Cumplimiento normativo  
Asegurar el cumplimiento de la normativa vigente.




**RECUERDE:** La implementación rigurosa de estas medidas protege a las personas, los equipos y el ambiente, y garantiza la sostenibilidad del programa Colombia Solar en todo su ciclo de vida.




Seguridad Siempre



Carga Segura entrega segura



Transporte Responsable



Compromiso con el futuro

Desde la perspectiva de la planeación, toda operación de transporte deberá estar precedida por un análisis detallado de rutas que incorpore variables como el estado de la infraestructura vial, las condiciones climáticas esperadas, la presencia de puntos críticos de transbordo, la proximidad a ecosistemas sensibles y la disponibilidad de capacidades operativas en los territorios de tránsito. Este análisis deberá permitir la definición de rutas principales y alternativas, así como la programación de ventanas operativas que minimicen la exposición a eventos climáticos extremos, tales como lluvias intensas, crecientes súbitas o temperaturas excesivas que puedan comprometer la integridad de los materiales.

En relación con el embalaje y acondicionamiento de la carga, se establece como principio obligatorio la diferenciación por subsistema, evitando en todo caso el tratamiento de los componentes como una carga homogénea. Los módulos fotovoltaicos deberán transportarse en embalajes rígidos con sistemas de amortiguación que distribuyan uniformemente las cargas y absorban vibraciones; los inversores y equipos electrónicos deberán contar con protección contra humedad mediante el uso de materiales desecantes y empaques sellados; y las baterías, particularmente aquellas de ion-litio, deberán cumplir con las especificaciones de embalaje certificadas para mercancías peligrosas, incluyendo contenedores tipo UN, materiales absorbentes y sistemas de contención secundaria. Adicionalmente, se recomienda la



incorporación de dispositivos de monitoreo de impacto e inclinación que permitan verificar condiciones de manejo durante el transporte.

Las operaciones de cargue, estiba y aseguramiento de la carga deberán garantizar la inmovilización efectiva de los componentes mediante sistemas de amarre mecánico certificados, evitando desplazamientos internos que puedan generar esfuerzos no controlados. Se prohíbe expresamente el apilamiento excesivo, la superposición de componentes incompatibles y el contacto directo entre elementos de alta sensibilidad. Toda carga deberá estar debidamente identificada con señalización visible que indique su nivel de fragilidad, orientación de transporte y, cuando aplique, su condición de mercancía peligrosa.

En materia de talento humano, se establece la obligatoriedad de capacitar al personal involucrado en la cadena logística en aspectos relacionados con la manipulación de cargas sensibles, el manejo de sustancias peligrosas, la prevención de riesgos laborales y la respuesta a emergencias. El uso de equipos de protección personal será obligatorio en todas las etapas del proceso, incluyendo guantes anticorte, casco, protección ocular y elementos de visibilidad, entre otros, según la naturaleza de la operación.

Finalmente, desde la perspectiva ambiental, toda operación de transporte deberá contar con un plan de contingencia que incluya procedimientos para la atención de derrames, la contención de materiales peligrosos y la protección de cuerpos de agua y ecosistemas estratégicos. La ausencia de estos elementos constituye una causal de suspensión de la operación.

### 5.3 Medidas específicas por tipología de vía

# MEDIDAS ESPECÍFICAS POR TIPOLOGÍA DE VÍA

Las medidas deben adaptarse a las condiciones operativas, ambientales y logísticas propias de cada tipología de vía, tanto en la fase de ida (equipos nuevos) como en la fase de retorno (RAEE / RESPEL).

**PREVENCIÓN**  
Evitar el riesgo

**MITIGACIÓN**  
Reducir el impacto

**ATENCIÓN**  
Respuesta inmediata

**RETORNO**  
RAEE / RESPEL

## 1. VÍAS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN (Transporte por carretera)

- Usar vehículos con suspensión adecuada y carrocería cerrada.
- Asegurar la carga con amarres certificados.
- Controlar velocidad y evitar maniobras bruscas.
- Verificar condiciones climáticas antes de salir.

## 2. VÍAS DE TERCER ORDEN (Carreteras no pavimentadas)

- Usar vehículos 4x4 adecuados al terreno.
- Fragmentar la carga en unidades menores.
- Reforzar de embalajes y protección contra polvo y agua.
- Evitar tránsito en épocas de lluvia intensa.

## 3. CAMINOS DE HERRADURA (Transporte con animales de carga)

- Limitar carga por animal según peso recomendado.
- Usar cajas resistentes con protección interna.
- Balacear la carga simétricamente.
- Proteger la carga con cubierta impermeable.

## 4. CAMINOS PEATONALES (Transporte manual)

- Definir peso máximo por persona (x 25 kg).
- Usar arneses y sistemas ergonómicos.
- Planificar rutas con menor pendiente y obstáculos.
- Proteger la carga con cubierta impermeable.

## 5. VÍAS FLUVIALES (Transporte por río)

- Usar embarcaciones estables y con bordes altos.
- Empacar en cajas impermeables o con recubrimiento plástico.
- Asegurar la carga para evitar movimiento.
- Revisar niveles de agua y pronóstico climático.

## 6. VÍAS MARÍTIMAS (Transporte marítimo)

- Cumplir Código IMDG y requisitos de la naviera.
- Usar contenedores secos y ventilados.
- Control de humedad en contenedores (desecantes).
- Inspección previa al embarque.

**PREVENCIÓN**  
(Evitar el riesgo)

**MITIGACIÓN**  
(Reducir el impacto)

**ATENCIÓN**  
(Respuesta inmediata)

**RETORNO**  
(RAEE / RESPEL)

**RECOMENDACIONES GENERALES**

Toda carga debe ser embalada en contenedores que cumplan las condiciones para protegerlos de los impactos y las fricciones, procurando que sean livianos y fáciles de manipular.

Impermeabilizar siempre la carga con lonas o recubrimientos adecuados para protegerla de la humedad, lluvia y salpicaduras.

No exponer los equipos al agua, polvo o golpes durante ninguna etapa.

Garantizar la trazabilidad, documentación y entrega a gestores autorizados en la fase de retorno (RAEE / RESPEL).

### 5.3.1 Vías de primer y segundo orden

En las vías de primer y segundo orden, las condiciones de infraestructura permiten el uso de transporte motorizado en vehículos de carga pesada y media, lo que introduce riesgos asociados principalmente a la dinámica vehicular, la interacción con otros actores viales y la exposición a vibraciones de alta frecuencia.

Desde el punto de vista preventivo, se deberán emplear vehículos con sistemas de suspensión adecuados para el transporte de carga sensible, así como plataformas de carga que incorporen mecanismos de amortiguación. El control de velocidad deberá ser riguroso, especialmente en tramos con irregularidades en el pavimento o presencia de juntas estructurales que puedan inducir vibraciones repetitivas. Se deberá implementar un programa de gestión de fatiga para los conductores, que incluya pausas activas y rotación en trayectos prolongados.

En términos de mitigación, se deberán establecer puntos de inspección periódica en ruta para verificar el estado de la carga, ajustar sistemas de amarre y detectar posibles desplazamientos o deterioros en los embalajes. La segregación de materiales peligrosos deberá realizarse conforme a la normativa vigente, evitando su transporte conjunto con materiales incompatibles.

En caso de incidentes, se deberán activar protocolos de atención que incluyan el aislamiento del área, la contención de derrames, la notificación a las autoridades competentes y la implementación de medidas de remediación ambiental cuando sea necesario.

En la fase de retorno, los residuos deberán transportarse en contenedores rígidos, herméticos y debidamente etiquetados, cumpliendo con las disposiciones del Ministerio de Transporte y la normativa asociada al transporte de mercancías peligrosas. Se prohíbe la mezcla de RAEE con residuos ordinarios y se deberá garantizar la trazabilidad de los materiales hasta su disposición final.

### 5.3.2 Vías de tercer orden

Las vías de tercer orden introducen un incremento significativo en el nivel de riesgo debido a sus condiciones de irregularidad, estrechez y alta exposición a factores climáticos. En este contexto, la prevención se fundamenta en la fragmentación de la carga en unidades de menor tamaño y peso, así como en el refuerzo de los sistemas de embalaje mediante capas adicionales de protección contra impactos y humedad.

La manipulación manual de los equipos deberá realizarse bajo condiciones controladas, con personal capacitado y en condiciones físicas adecuadas para la operación. Se deberá evitar el transporte en condiciones de saturación hídrica del terreno, en las cuales la estabilidad de la carga y la seguridad del personal se ven comprometidas.

Las medidas de mitigación incluyen la implementación de puntos intermedios de acopio que permitan reducir la exposición prolongada de los equipos a condiciones adversas, así como la protección adicional contra la lluvia mediante cubiertas impermeables.

En la fase de atención, se deberán establecer protocolos para la recolección inmediata de componentes dañados, evitando su dispersión en el entorno y su posible interacción con ecosistemas sensibles.

En el transporte de retorno, se deberán utilizar contenedores de emergencia con capacidad de contención de fugas, especialmente para baterías, y se deberá coordinar con gestores autorizados bajo lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### **5.3.3 Caminos de herradura**

En los caminos de herradura, la logística depende de animales de carga, lo que introduce variables adicionales asociadas al comportamiento animal y a la interacción directa con el entorno.

La prevención se basa en la limitación estricta de la carga por animal, garantizando que no se excedan los rangos recomendados en función del peso vivo, y en la distribución simétrica de la carga para evitar desbalances. Los módulos fotovoltaicos deberán contar con protección rígida en sus bordes para prevenir daños por impacto lateral.

Las medidas de mitigación incluyen la supervisión constante del transporte, con paradas técnicas para el ajuste de la carga y la verificación de su estabilidad.

En caso de incidentes, se deberá proceder al retiro inmediato de los componentes dañados, evitando la exposición de materiales peligrosos y la contaminación del entorno.

En la fase de retorno, se deberá reforzar el embalaje de residuos, especialmente aquellos con bordes cortantes o contenido químico, y se prohíbe el transporte de baterías dañadas sin contenedores certificados.

### **5.3.4 Caminos peatonales**

Los caminos peatonales representan el escenario de mayor restricción operativa, donde el transporte depende exclusivamente de la capacidad física del operario.

La prevención se centra en la definición de límites de carga por persona, el uso de sistemas ergonómicos de transporte como arneses y la planificación de rutas que minimicen el esfuerzo físico y la exposición al riesgo.

Las medidas de mitigación incluyen la implementación de relevos de personal en trayectos largos, así como la programación de las operaciones en horarios que reduzcan la exposición a condiciones climáticas extremas.

En la atención de emergencias, se deberán establecer protocolos de primeros auxilios y evacuación, considerando la dificultad de acceso a servicios de salud.

En el transporte de retorno, el manejo de residuos deberá realizarse con el máximo nivel de precaución, utilizando equipos de protección personal especializados y evitando la manipulación directa de materiales peligrosos.

### **5.3.5 Vías fluviales**

El transporte fluvial introduce un entorno de riesgo caracterizado por la irreversibilidad de los eventos adversos y la exposición permanente a condiciones de humedad y movimiento.

Las medidas preventivas incluyen el uso de contenedores herméticos, la incorporación de materiales desecantes y la protección de los equipos contra salpicaduras. El uso de chalecos salvavidas será obligatorio para todo el personal, y se deberá garantizar su capacitación en navegación segura.

Las medidas de mitigación se centran en la distribución equilibrada de la carga dentro de la embarcación, evitando concentraciones que comprometan su estabilidad.

En caso de incidentes, se deberán activar protocolos de contención inmediata, reconociendo que cualquier derrame en el entorno fluvial tiene consecuencias directas sobre el cuerpo de agua.

En la fase de retorno, se prohíbe el transporte de residuos sin sistemas de contención total, y se deberán implementar medidas estrictas de embalaje hermético para evitar la liberación de contaminantes.

### **5.3.6 Vías marítimas**

El transporte marítimo exige el cumplimiento de estándares internacionales que regulan el manejo de mercancías en entornos de alta exigencia operativa.

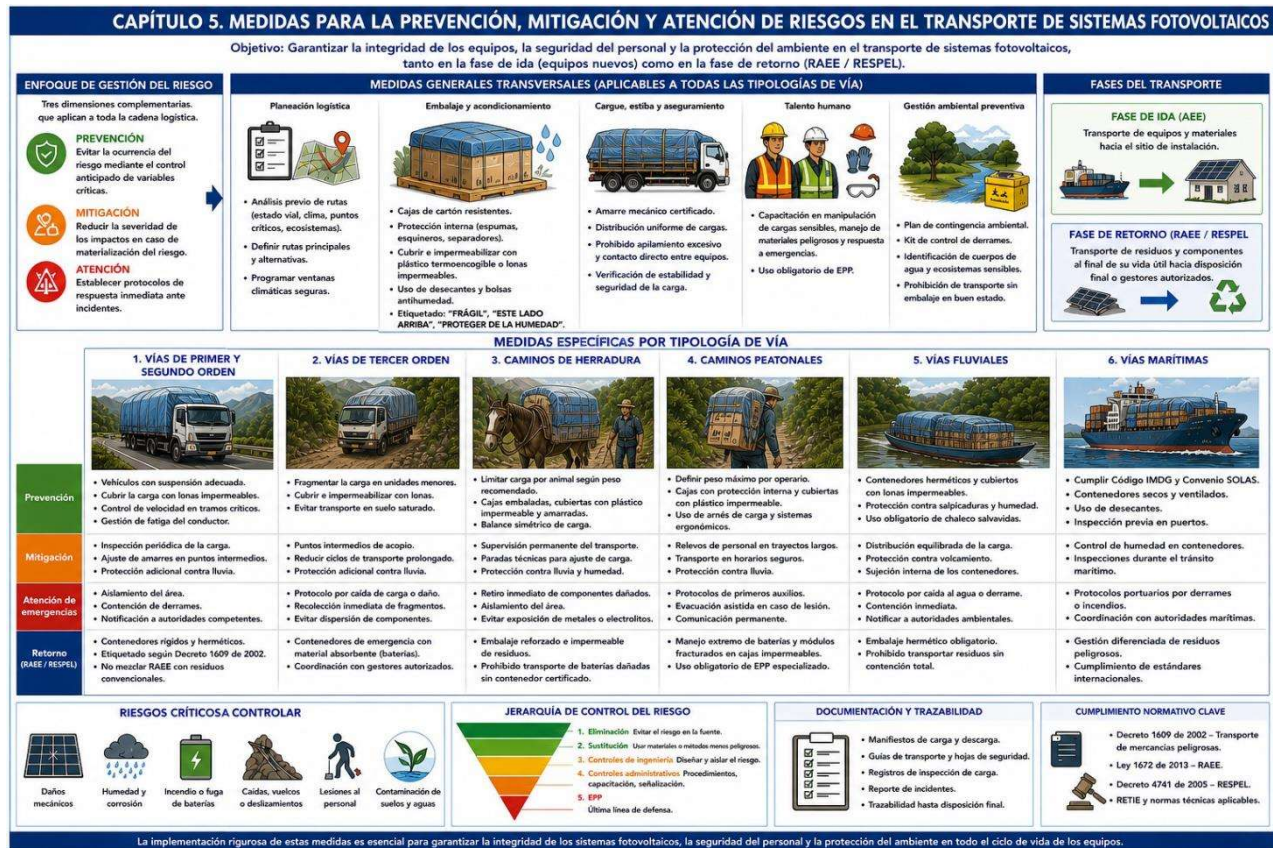
Las medidas preventivas incluyen el cumplimiento del Código IMDG y del Convenio SOLAS, así como la implementación de sistemas de control de humedad en contenedores mediante el uso de desecantes.

Las medidas de mitigación incluyen la inspección periódica de la carga en puertos y durante el tránsito marítimo.

En caso de incidentes, se deberán activar protocolos portuarios específicos para la atención de derrames e incendios.

En la fase de retorno, la gestión de residuos deberá cumplir con los estándares internacionales aplicables, garantizando su transporte seguro hasta los puntos de disposición final.





## 5.4 Síntesis operativa

Las medidas establecidas en el presente capítulo evidencian que la gestión del transporte de sistemas fotovoltaicos en Colombia requiere un enfoque técnico diferenciado, adaptado a las condiciones territoriales y a la naturaleza de los materiales involucrados. La implementación rigurosa de estas medidas constituye un requisito indispensable para garantizar la integridad de los equipos, la seguridad del personal y la protección del medio ambiente, y representa un componente crítico para la sostenibilidad del programa Colombia Solar en el largo plazo.