

Bases conceptuales para el desarrollo curricular de un programa graduado de ingeniería en riesgo

María P. León, Jesús Villalba, Alfonso Ramos, Nelson Obregón

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

El actual trabajo corresponde a una de las actividades de reflexión curricular y de planificación que adelanta hace varios años la unidad académica Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). También da continuidad a los hallazgos reportados vía ponencia oral en la pasada reunión anual ACOFI 2024 titulada “Propuesta metodológica de análisis integrado de funciones sustantivas a escala de unidades académicas de ingeniería. Caso de estudio Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana”. De este y otros ejercicios de reflexión y autoevaluación se reafirmó la necesidad de intensificar las actividades académicas desde varios enfoques interdisciplinarios y nuevas tecnologías digitales como el Riesgo, y la inteligencia artificial. Bajo este contexto, y habiendo promulgado institucionalmente la necesidad de avanzar hacia la concepción, promoción y oferta de un nuevo programa de posgrado moderno en ingeniería sobre las temáticas de Riesgo. Se reporta así, un componente de bases conceptuales desarrollado a la fecha, fundamental para el diseño curricular de dicho programa. Se mencionan a continuación las siguientes preguntas direccionadoras que motivaron algunas de las consideraciones claves y de los resultados encontrados: (1) Cuáles son los cuerpos de conocimientos que soportan el Riesgo, la gestión del riesgo y la gestión del riesgo de desastres? (2) Desde un enfoque metodológico CDIO como se soporta la didáctica y el desarrollo de un programa de formación graduado en riesgo? (2) Cómo diseñar un currículo de postgrado que tenga en cuenta los avances tecnológicos para la formación en riesgo, pertinente para las necesidades del país desde un modelo metodológico CDIO? (3) La existencia de varios tipos de amenazas y vulnerabilidades limita una base conceptual común para la valoración y evaluación del riesgo? (4) ¿Predominan los cuerpos de alguna disciplina profesionalizante en particular, por ejemplo, la ingeniería civil para soportar el desarrollo curricular y procurar un mayor impacto del programa en Colombia o éstos dependen de la tipología del evento amenazante? Estas y otras preguntas son

desarrolladas en el documento, animando a los autores a proponer un primer plan de estudios para el programa considerado.

Palabras clave: riesgo; ingeniería de riesgo; desastre

Abstract

This work corresponds to one of the planning activities that the Department of Civil Engineering at the Pontifical Universidad Javeriana (Bogotá) has been carrying out for several years. It also follows up on the findings reported via oral presentation at the recent ACOFI 2024 annual meeting entitled "Methodological proposal for integrated analysis of substantive functions at the scale of engineering academic units. Case study of the Department of Civil Engineering at the Pontifical Universidad Javeriana." This and other analysis and self-assessment exercises reaffirm the need to intensify academic activities from various interdisciplinary approaches and new digital technologies such as Risk and artificial intelligence. In this context, having institutionally promulgated the need to advance toward the conception, promotion, and offering of a new, modern graduate program in engineering on Risk topics. The following guiding questions motivated some of the key considerations and results found: (1) What are the bodies of knowledge that support Risk, risk management and disaster risk management? (2) From a CDIO methodological approach, how is the didactics and development of a graduate training program in risk supported? (2) How to design a postgraduate curriculum that takes into account technological advances for risk training, relevant to the needs of the country from a CDIO methodological model? (3) Does the existence of several types of threats and vulnerabilities limit a common conceptual basis for risk assessment and evaluation? (4) ¿Do the bodies of knowledge of a particular professionalizing discipline predominate, for example, civil engineering, to support curriculum development and ensure a greater impact of the program in Colombia or do they depend on the typology of the threatening event? These questions are studied in the document, encouraging the authors to propose a first curriculum for the program to be considered.

Keywords: risk; risk engineering; disaster

1. Introducción

En el contexto colombiano, el documento del Banco Mundial (2012) destaca sobre el Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia que "...Colombia ha sido pionera en América Latina en el desarrollo de una visión más integral frente al tratamiento de los riesgos y desastres, permitiendo una disminución de las pérdidas de vidas; sin embargo, los daños en la propiedad, la infraestructura y los medios de subsistencia siguen en aumento y evidencian que los desastres no son eventos de la naturaleza per se, sino el resultado de la aplicación de modelos inapropiados de desarrollo que no consideran la relación sociedad-naturaleza. Pese a los esfuerzos por contribuir a la seguridad territorial, al bienestar social y a la sostenibilidad ambiental, es necesario concluir que éstos no han sido suficientemente

efectivos debido a las manifestaciones de condiciones de vulnerabilidad creciente...". Estas manifestaciones según Cardona (2001), obedecen a que la lectura acerca de la vulnerabilidad y el riesgo desde diferentes disciplinas pueden llegar a ser muy heterogéneas y que la representación que tienen las personas y comunidades expuestas, así como las autoridades gubernamentales encargadas de la gestión y de la toma de decisiones para la reducción o mitigación del riesgo de igual modo, por lo que existe una alta fragmentación que no ha permitido concluir una teoría consistente y coherente de la gestión del riesgo. Además, señala que parte de las dificultades para lograr una gestión efectiva del riesgo ha sido la falta de una concepción integral del riesgo que facilite su estimación e intervención desde una perspectiva multidisciplinar.

La ejecución del proyecto de Fortalecimiento de Políticas e Instrumentos Financieros del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), a cargo de la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y de Justicia, facilitó la elaboración de la Ley 1523 de 2012. En paralelo, se creó la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) en 2011, adscrita a la Presidencia de la República, con el propósito de dirigir la implementación de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) y coordinar el Sistema Nacional de GRD. La UNGRD, conforme al Decreto 4147 de 2011, asumió la función clave de formular y coordinar la ejecución del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, así como realizar su seguimiento y evaluación. La promulgación de la Ley 1523 de 2012 introdujo aspectos vinculados con la disminución, anticipación y control de riesgos en el territorio nacional. En Colombia, la gestión de riesgos de desastres se concibe como un proceso social dirigido a la formulación, implementación, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones continuas para entender y reducir el riesgo, así como para gestionar desastres. Este enfoque tiene como objetivo explícito contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. Estos elementos conforman la gestión del riesgo y el desarrollo del país, abordando enfoques correctivos, prospectivos y reactivos, que, desde una perspectiva interdisciplinaria y holística, permiten considerar el riesgo como un asunto colectivo y parte integral de la planificación del desarrollo (Carrión, 2020).

El plan de gestión de riesgos y desastres 2015-2030 incorpora el Marco Sendai, adoptado durante la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre reducción del riesgo de desastres, llevada a cabo en Sendai, Japón, en marzo de 2015. Este Marco establece cuatro prioridades y siete metas globales para desarrollar la capacidad de las comunidades para afrontar los riesgos de su entorno, aumentar su resiliencia y reducir los daños frente a las amenazas a las que se enfrentan. Las cuatro prioridades delinean un horizonte de acción que abarca: 1) comprender el riesgo de desastre, 2) fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres, 3) invertir en la reducción del riesgo de desastres para fomentar la resiliencia, y 4) reforzar la preparación en manejo de desastres para proporcionar respuestas efectivas y facilitar una reconstrucción mejorada en términos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción. Bajo la coordinación dada por la UNGRD, Colombia reporta anualmente los progresos en los indicadores de gestión del riesgo en la plataforma de monitoreo del Marco Sendai. Desde esta óptica el país debe disponer de herramientas e instrumentos que le permitan modificar los factores de riesgo que potencialmente afectan de modo significativo



sectores productivos como a la sociedad, y es desde allí en donde un programa en maestría de gestión de riesgos adquiere relevancia toda vez que mejora estructuralmente las limitaciones en capacidades para la evaluación del riesgo, aumenta la eficacia y eficiencia para dimensionar el verdadero impacto de los desastres y permitiría articular políticas/estrategias específicas para la incorporación de variables relacionadas con el riesgo y el cambio climático en la toma de decisiones a nivel sectorial y territorial.

Bajo este marco institucional se desarrolla el actual trabajo del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana que lidera la concepción de un nuevo programa de formación posgraduada en Riesgo. En particular, se trata de mostrar las primeras reflexiones y los primeros avances en este proyecto académico desde una mirada amplia, integral e integradora tal y como lo demanda la misma concepción del riesgo. Algunas de las preguntas que han motivado esta reflexión y que son tratadas en este trabajo son las siguientes: (1) Cuáles son los cuerpos de conocimientos que soportan el Riesgo, la gestión del riesgo y la gestión del riesgo de desastres? (2) Desde un enfoque metodológico CDIO como se soporta la didáctica y el desarrollo de un programa de formación graduado en riesgo? (2) Cómo diseñar un currículo de postgrado que tenga en cuenta los avances tecnológicos para la formación en riesgo, pertinente para las necesidades del país desde un modelo metodológico CDIO? (3) ¿La existencia de varios tipos de amenazas y vulnerabilidades limita una base conceptual común para la valoración y evaluación del riesgo? (4) ¿Predominan los cuerpos de alguna disciplina en particular, por ejemplo, la ingeniería civil para soportar el desarrollo curricular y procurar un mayor impacto del programa en Colombia o éstos dependen de la tipología del evento amenazante?

2. Sobre la oferta de programas de formación académica en riesgo

La revisión consistió en encontrar programas en inglés de universidades reconocidas cuyo nombre incluía las palabras "Risk"; "Management"; "Disaster" o similares, o que tuvieran una concentración o relación con las temáticas. En Estados Unidos y Canadá, se identificaron 8 programas clasificados según el ranking de universidades de US News and World Report. Las asignaturas se organizaron de forma similar según el porcentaje de cursos y/o asignaturas relacionadas con las líneas temáticas de profundización (Conocimiento, Reducción y/o Manejo de desastres), así que existe la categoría de "aspectos generales", referido a todas aquellas asignaturas relacionadas con aspectos normativos, introductorios o de conocimiento general relacionados con la gestión de riesgos de desastres (Figura 1). Este análisis revela que las asignaturas de los programas tienen una mayor fundamentación en el proceso de comprensión del riesgo, seguido por la reducción del mismo. Además, se destaca que las asignaturas dentro de la categoría de "aspectos generales" mayormente están orientadas a los procesos normativos de cada lugar, así como a los instrumentos de muestreo y análisis de los procesos. Cabe señalar que esto depende de los énfasis específicos de cada programa; algunos programas se centran en la gobernanza, la gestión de recursos públicos, la respuesta a desastres naturales y crisis, infraestructura u otros aspectos afines.

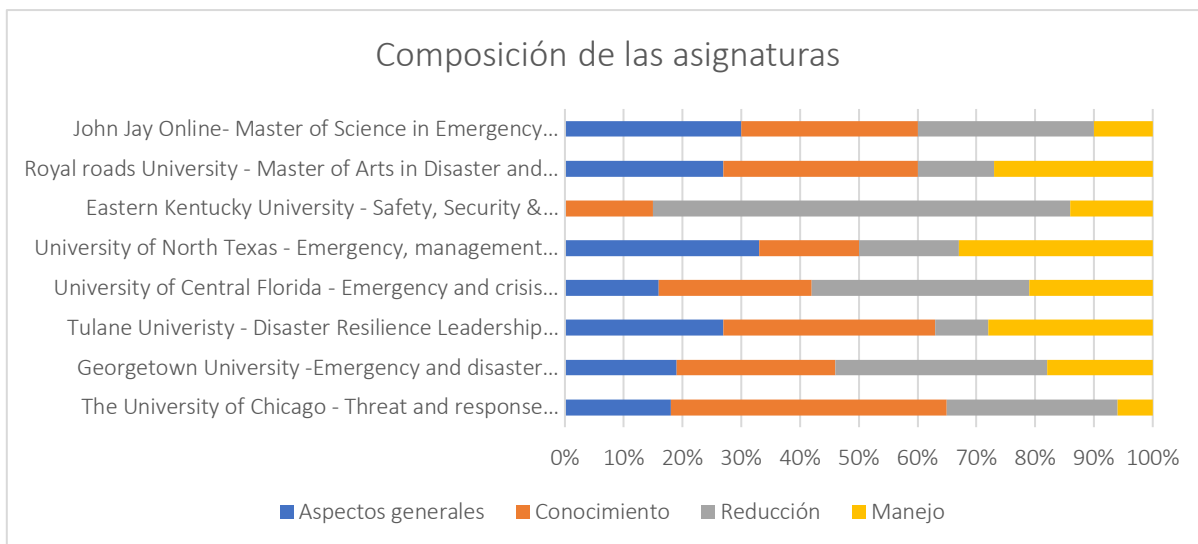


Figura 1. Enfoque en los contenidos de los programas de maestría en las universidades de Estados Unidos y Canadá. Fuente: Documento de trabajo para registro calificado (Gonzalez y Ramos, 2024)

De otra parte, la Figura 2 muestra el comportamiento en las universidades en América del Sur y América Central, tanto en términos de fundamentación como de profundización y electivas. Los países donde se encontraron programas son: Ecuador, Costa Rica, Chile, Guatemala, Honduras, Perú y México. Del gráfico se puede observar un comportamiento diferencial con respecto a América del Norte, donde el proceso de "manejo de desastres" tiene poca o nula representación dentro de las mallas curriculares. Asimismo, se evidencia una mayor presencia de asignaturas relacionadas con el proceso de "conocimiento del riesgo", especialmente en lo concerniente al análisis y evaluación del riesgo de diversos orígenes.

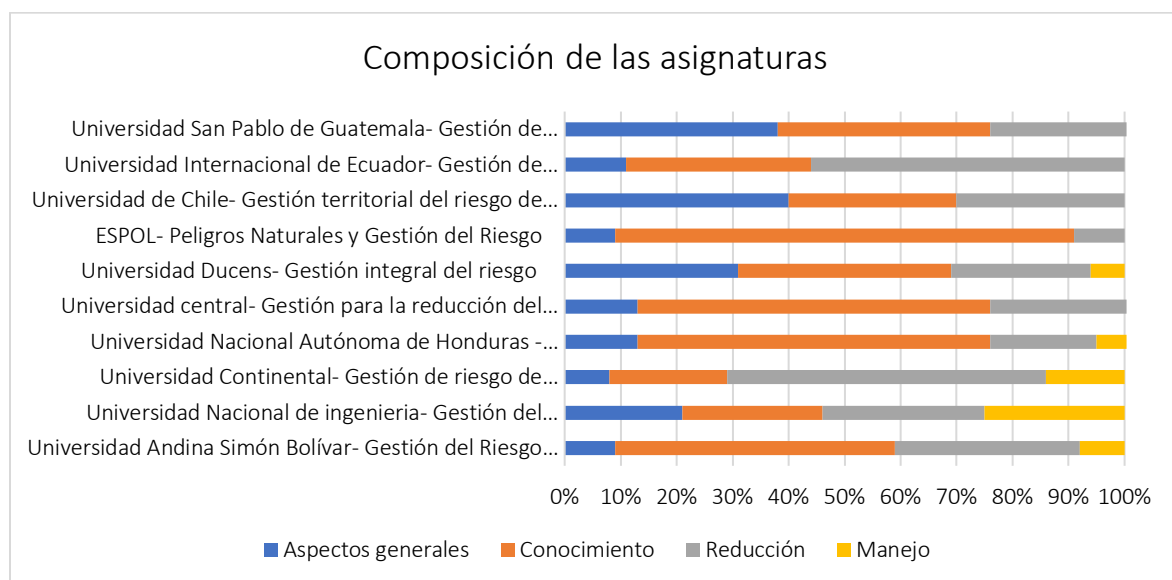


Figura 2. Enfoque en los contenidos de los programas de maestría en las universidades de América Central y América del sur. Fuente: Documento de trabajo para registro calificado (Gonzalez y Ramos, 2024)



Análisis similares para otras regiones del mundo también fueron llevadas a cabo, persistiendo tendencia de que el proceso de "conocimiento del riesgo" sea el de mayor visibilidad en las mallas curriculares estudiadas. Para Colombia, en el sistema de información sobre educación superior del Ministerio de Educación, aparecen registrados y activos los siguientes programas de maestría (todos en modalidad presencial): (1) Maestría en estudios de riesgos de desastres y ordenamiento territorial, Universidad del Cauca; (2) Maestría en gestión del riesgo de desastres, Universidad Tecnológica de Pereira; (3) Maestría en gestión del riesgo de desastres, Universidad del Quindío; (4) Maestría en gestión integral del riesgo, Universidad Externado de Colombia; (5) Maestría en cambios globales y riesgo de desastres, Universidad Católica de Manizales; (6) Maestría en desarrollo sustentable /Primer énfasis: Prevención y Atención de Desastres, Universidad del Valle; y (7) Maestría en Gestión de Riesgos Naturales, Prevención y Atención de Desastres, Universidad del Norte. Siguiendo la Figura 3, la mayoría de los programas mencionados anteriormente, enfatizan su componente de fundamentación en aspectos relacionados con la normativa de la gestión de riesgos y los enfoques conceptuales en estudios ambientales y sociales. En los componentes de profundización, ponen un mayor énfasis en la adquisición de conocimiento, especialmente en las líneas de profundización de Conocimiento y Reducción del riesgo. Esto se debe a que algunos programas en Colombia se centran en la gestión de riesgos financieros o en cambios globales, donde la incidencia del conocimiento es más pronunciada.

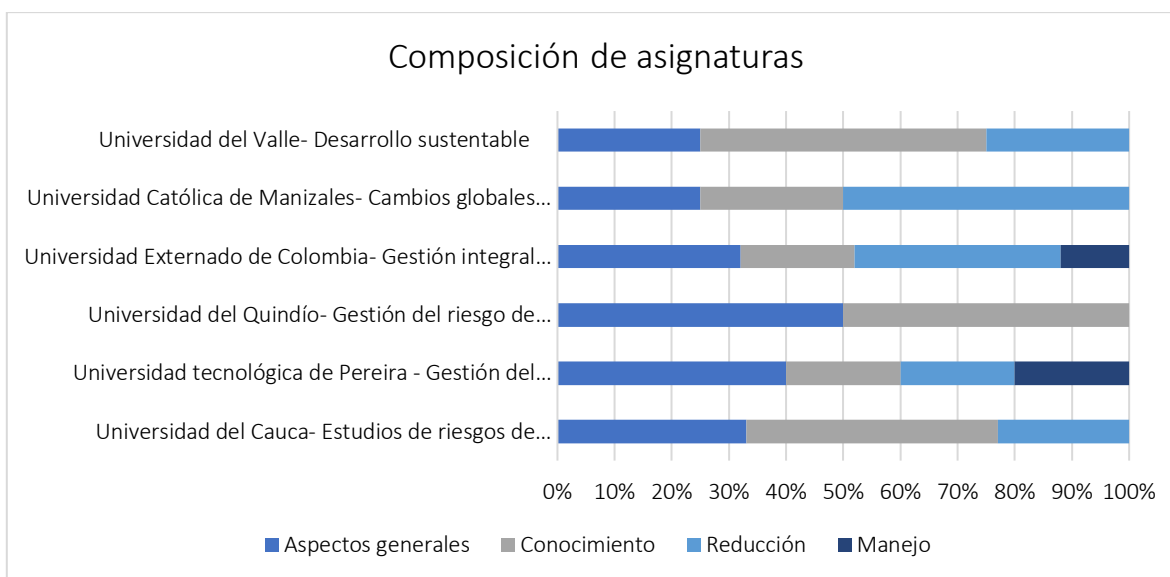


Figura 3. Enfoque en los contenidos de los programas de maestría en las universidades de Colombia. Documento de trabajo para registro calificado (Gonzalez y Ramos, 2024)

3. Formación para soportar el proceso de toma de decisiones en riesgo: Una mirada desde la mitigación y la adaptación

El concepto de la gestión de riesgos se origina en la década de los 60, cuando los eventos naturales o socio naturales eran comúnmente asociados como desastres. Incluso desde un enfoque académico, las ciencias físicas abordaban los desastres, que incorporaban estudios

de disciplinas como sismología, vulcanología, geología, hidrología, climatología y meteorología. Durante esta década, los esfuerzos se centraban exclusivamente en responder a las consecuencias de los eventos naturales. La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó medidas en respuesta a desastres severos, destacando la resolución 2034 de 1965 que instaba a los Estados miembros a proporcionar asistencia en caso de emergencia. Estos esfuerzos, aunque representaban un primer paso en la atención a desastres, aún carecían de una consideración integral de los componentes sociales involucrados (Gellert, 2012). En el período de 1970-1980, se produjo un avance significativo desde la ingeniería en el enfoque de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD). Se empezó a reconocer que el riesgo no era exclusivamente sinónimo de eventos naturales, sino que los desastres estaban vinculados a impactos físicos extremos. Surgió la discusión sobre la prevención de desastres, con la Asamblea General de las Naciones Unidas emitiendo resoluciones que abogaban por la planificación anticipada y el uso de tecnología para enfrentar los desastres. En la década de los 80, la ONU mantuvo la misma política del riesgo de los 70, pero académicamente surge el modelo conceptual prototipo del riesgo, donde las ciencias sociales comenzaron a desempeñar un papel en el estudio de la gestión de riesgo y desastres. Se centraron especialmente en los análisis de vulnerabilidad como un factor determinante en la causa de los desastres, reconociendo a la sociedad como un factor activo en la formación del riesgo.

Hoy por hoy se reconoce que el enfoque basado en vulnerabilidad no resulta suficiente y el concepto de cadenas de impacto sugeridos por el IPCC en su AR5 enfatizan tal necesidad de avanzar hacia otras composiciones del riesgo. Según GIZ y EURAC 2017 una cadena de impacto es una herramienta analítica que ayuda a comprender, sistematizar y priorizar mejor los factores que llevan al riesgo en el sistema de interés. La estructura de la cadena de impacto desarrollada según el enfoque del IE5 del IPCC se basa en la comprensión del riesgo y sus componentes (Figura 4).

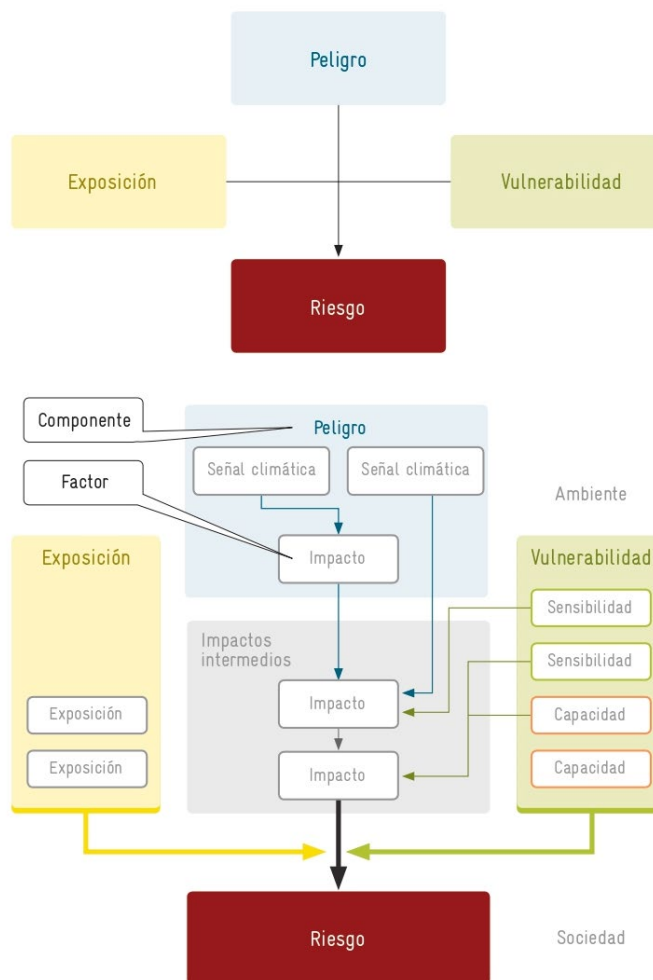


Figura 4. Estructura de una cadena de impacto conforme al enfoque del IE5 del IPCC. Visión general del concepto (arriba) y estructura detallada (abajo). Fuente: GIZ y EURAC 2017.

De acuerdo con las definiciones del IE5 del IPCC, se entienden los “impactos” como los “bloques básicos para la elaboración de cadenas de causa-efecto desde el peligro hasta el riesgo. Una señal climática, por ejemplo, un evento de lluvia intensa puede llevar a un impacto físico directo, por ejemplo, una inundación, causando una secuencia de impactos intermedios, que finalmente conducen al riesgo. Una cadena está compuesta por componentes de riesgo (peligro, vulnerabilidad, exposición) y sus factores subyacentes. El componente de peligro incluye factores relacionados con la señal climática y el impacto físico directo. El componente de vulnerabilidad consiste en factores de sensibilidad y capacidad. El componente de exposición está compuesto por uno o más factores de exposición. Para simplificar las relaciones de todos los factores que conducen directamente al riesgo sin relacionarse con otros factores se resumen con flechas en negrita en la parte inferior de los componentes respectivos. A diferencia de estos tres componentes, los impactos intermedios no son un componente de riesgo por sí mismos, sino simplemente una herramienta auxiliar para captar completamente la cadena de causa-efecto que conduce al riesgo. Por definición, es una función tanto de factores de peligro como de vulnerabilidad lo que significa que todos

los impactos identificados no solo dependen de la señal climática, sino también se deben considerar uno o varios factores de vulnerabilidad. Hay una serie de principios a considerar cuando se recolectan los diversos factores para generar una cadena de impacto: (i) Para evitar la doble contabilización, un factor debe asignarse solamente a un componente de riesgo; (ii) Los factores asignados a un componente (sea peligro, vulnerabilidad o exposición) deberían –por lo menos predominantemente – ser independientes de los factores de otros componentes. Los factores que están influenciados por otros factores de al menos dos componentes diferentes deben tratarse como impactos intermedios. Las cadenas de impacto no solo proporcionan una comprensión del riesgo que puede ser operacionalizada, sino también pueden impulsar la lluvia de ideas inicial sobre posibles medidas de adaptación. Se recomienda particularmente este ejercicio si la evaluación de riesgo es diseñada para apoyar el desarrollo y el monitoreo y evaluación (M&E) de intervenciones de adaptación. Los factores de vulnerabilidad que se identificaron pueden servir como punto inicial para la lluvia de ideas, facilitado por preguntas como: ¿Cuál es la mejor manera de abordar los factores de sensibilidad y mejorar las capacidades para moderar el impacto?”.

4. Disciplinas y cuerpos de conocimiento relacionados con el enfoque de riesgo

Tal y como se evidenció en el capítulo 2 la mayoría de los programas de formación académica conforman la estructura curricular para cubrir principalmente el componente de conocimiento del riesgo, el cual puede concebirse como base para soportar el proceso de toma de decisiones centrado en la identificación, diseño e implementación de estrategias de mitigación y adaptación. Para tal efecto se podría pensar en las siguientes consideraciones con el propósito de ser tenidas en cuenta para la concepción de un nuevo programa académico:

- 1) En el diseño curricular dar mayor preponderancia y enfoque al análisis sistemático por encima de la tipología o naturaleza del evento. Por ejemplo, a través de las cadenas de impacto que pueden generalizar y sistematizar la evaluación y valoración del riesgo.
- 2) Enfatizar el conocimiento en el diseño curricular como elemento fundamental que soporta el proceso de toma de decisiones para la gestión del riesgo.
- 3) El proceso de toma de decisiones en el contexto de la gestión del riesgo puede tener como propósito fundamental identificar, diseñar, implementar, evaluar y hacer seguimiento a las estrategias de mitigación y adaptación tendientes a reducir el riesgo considerado.
- 4) Las cadenas de impacto se convierten en la herramienta sistemática que permite incorporar no sólo los peligros relevantes, sino también los otros componentes claves y presentes en la evaluación y valoración del riesgo tales como la exposición, la vulnerabilidad, los trenes de impacto, los árboles de eventos, árboles de falla.
- 5) Los análisis de cadena de impacto, al incorporar componentes y factores de la exposición y la vulnerabilidad inspiran y facilitan el proceso para la identificación, diseño e implementación de medidas de mitigación y exposición.

- 6) Que a los elementos expuestos se asocian principalmente la medidas o estrategias de mitigación y a los de vulnerabilidad la adaptación.
- 7) Que los árboles de falla corresponden a sistemas, elementos o dispositivos asociados a mecanismos de mitigación y pueden ser incorporados con componentes de los árboles de eventos que son la base de los impactos generados y estudiados vía cadenas de riesgo (impacto).
- 8) Que los eventos amenazantes requieren no sólo cuerpos de conocimiento asociados a la naturaleza del peligro, sino también a las ciencias naturales (Física, Química, Biología) y a la matemática, principalmente la estadística y la probabilidad para estimar su frecuencia de ocurrencia.
- 9) Que la definición más simple y robusta a la vez que se puede encontrar en la literatura para riesgo es la que entiende éste como la ocurrencia de un evento indeseado. Tal ocurrencia puede ser considerada como las consecuencias indeseadas de dichos eventos los cuales suelen tener baja frecuencia de ocurrencia. No sólo en la ocurrencia misma del evento, sino también en la cadena de eventos que se generan y afectan unos elementos expuestos.
- 10) Esta noción de secuencialidad de eventos sugiere repensar la definición de escenarios que en el contexto de riesgo pudiese concebirse como aquel que contiene los siguientes tres elementos: (i) *Driver* generador del peligro el cual puede tener fuentes “naturales” o antrópicas, entre ellos se encuentra principalmente aquellos asociados a dinámicas de uso y cobertura de suelo o cambios globales derivados del clima o la tecnología. (ii) Configuración del sistema o el territorio el cual permite identificar los elementos expuestos directos e indirectos y las capacidades y resiliencias. (iii) Las acciones previstas de tipo estructural y no estructural.
- 11) Por lo anterior cuando se inicia un estudio de riesgo no sólo se debe enfatizar en las dos preguntas fundamentales del riesgo: tipo de evento amenazante o peligro y los elementos expuestos (o el sistema al cual se hará el análisis de riesgo). Lo anterior permite en una segunda instancia establecer cuando el sistema falla o colapsa. De igual forma, permite también establecer desde el evento la cadena de impacto y las vulnerabilidades existentes.
- 12) En todos los componentes de la cadena de impactos se pueden identificar incertidumbres de tipo epistémica y aleatoria, las cuales pueden ser abordadas desde la probabilidad o la posibilidad. Cuando dichas incertidumbres se aproximan desde la probabilidad surge el concepto de Análisis probabilista del riesgo (PRA por sus siglas en inglés), el cual viene siendo adaptado e implementado no sólo en problemas de ingeniería, sino en situaciones donde predominan los peligros de naturaleza geofísica e hidroclimatológica.

5. Formación en riesgo y perspectiva CDIO

El enfoque CDIO surge como una necesidad de modernizar la enseñanza de la ingeniería, de manera que se reduzca la brecha entre lo que se enseña en las aulas y lo que se requiere en el ejercicio profesional. Para esto CDIO, propone una pedagogía activa y basada en proyectos favoreciendo la formación integral del ingeniero. Algunas consideraciones



importantes del marco Concebir, Diseñar, Implementar y Operar en el contexto del riesgo son las siguientes:

- (1) La ingeniería como disciplina profesionalizante enfatiza en sus diferentes currículos el enfoque interdisciplinar basado en problemas el cual a su vez admite para sus dos grandes acciones de análisis (modelación) y síntesis (diseño), el enfoque de riesgo. Es decir, se puede modelar y diseñar sistemas, productos, procesos e infraestructuras con enfoque de riesgo.
- (2) Un hecho interesante que se desprende del capítulo 2 de revisión del presente trabajo es la participación mayoritaria de unidades y profesionales asociados a la ingeniería tal vez asociado al enfoque de problemas y a las herramientas, resultados y productos que genera la ingeniería para soportar el proceso de toma de decisiones.
- (3) Teniendo en cuenta lo anterior, resulta interesante en la actual reflexión que adelanta el Departamento de Ingeniería Civil tendiente a concebir y ofrecer un nuevo programa en riesgo, realizar algunas consideraciones asociadas al marco de trabajo CDIO. No sólo porque robustece y fortalece el diseño del programa, sino también porque toma ventaja de las experiencias y curvas de aprendizaje desde los programas de pregrado de la Facultad que decidieron acoger tal marco de trabajo hace más de una década.
- (4) Según la organización CDIO (2025), CDIO es *“una educación que enfatiza los fundamentos, en el contexto de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas y productos a través de: (i) Un currículo organizado en torno a cursos que se complementan entre sí, pero con actividades CDIO altamente interrelacionadas. (ii) Abundante en proyectos de diseño, construcción y prueba para estudiantes. (iii) Integra el aprendizaje de habilidades profesionales como el trabajo en equipo y la comunicación. (iv) Con aprendizaje activo y experiencial. (v) Mejora constante mediante un proceso de garantía de calidad con objetivos más ambiciosos que la acreditación. Los estándares CDIO son un conjunto de principios (o buenas prácticas) que fundamentan la implementación de CDIO en un programa de ingeniería. Definen las características distintivas de un programa CDIO, sirven como directrices para la reforma educativa, permiten la comparación con otros programas y proporcionan una herramienta de autoevaluación para impulsar la mejora continua”*. Esta organización CDIO establece doce (12) estándares: Estándar 1: El Contexto; 2: Resultados de Aprendizaje; 3: Currículo Integrado; 4: Introducción a la Ingeniería; 5: Experiencias de Diseño e Implementación; 6: Espacios de Aprendizaje de Ingeniería; 7: Experiencias de Aprendizaje Integradas; 8: Aprendizaje Activo; 9: Fortalecimiento de la Competencia Docente; 10: Fortalecimiento de la Competencia Docente; 11: Evaluación del Aprendizaje; y 12: Evaluación del Programa.
- (5) Según la organización CDIO *“Un currículo integrado se basa en experiencias de aprendizaje que conducen a la adquisición de habilidades personales e interpersonales, así como de habilidades para la construcción de productos, procesos, sistemas y servicios, incluyendo conceptos y competencias relacionados con el desarrollo sostenible (Estándar 2), entrelazadas con el aprendizaje del conocimiento disciplinario y su aplicación en la ingeniería profesional. Los cursos disciplinarios se complementan entre sí cuando establecen conexiones explícitas entre el contenido relacionado y complementario y los resultados de aprendizaje. Un plan explícito identifica las maneras*



en que se deben integrar las habilidades y las conexiones multidisciplinarias, por ejemplo, mediante la asignación de los resultados de aprendizaje especificados a los cursos y actividades co-curriculares que conforman el currículo". Añade que "La enseñanza de habilidades personales, interpersonales y profesionales, así como de habilidades para la construcción de productos, procesos, sistemas y servicios, incluyendo conceptos y competencias relacionados con el desarrollo sostenible, no debe considerarse una adición a un currículo ya completo, sino una parte integral del mismo. Para alcanzar los resultados de aprendizaje previstos en conocimientos y habilidades disciplinarias, el currículo y las experiencias de aprendizaje deben aprovechar al máximo el tiempo disponible. El personal docente desempeña un papel activo en el diseño del currículo integrado al sugerir vínculos disciplinarios apropiados, así como oportunidades para abordar habilidades específicas en sus respectivas áreas de enseñanza".

- (6) Por lo anteriormente expuesto, es importante en el diseño del programa la vinculación con la industria en dos perspectivas: (i) para la definición del enfoque del programa y las competencias del ingeniero que requiere el contexto particular de riesgo, y (ii) en el diseño de los cursos del programa que además de ser cursos integrados deben tener un alto componente de proyectos contextualizados con las problemáticas del país. Por lo tanto, el programa debe buscar aliados estratégicos del sector externo que permitan generar los escenarios para que los estudiantes se involucren con proyectos reales.
- (7) La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana reporta varias experiencias de diseño e implementación académica en sus programas de pregrado bajo el marco de trabajo CDIO. Para el propósito del actual trabajo resulta interesante presentar a continuación algunas reflexiones y consideraciones del nuevo programa de riesgo desde el estándar 3 CDIO Currículo integrado. Así:

- El currículo integrado del nuevo programa de riesgo debe procurar las buenas prácticas del estándar CDIO 3; en particular en su noción de gestión integrada e integral del riesgo. Refiriéndose la primera (integrada) en el sentido estricto del estándar CDIO 3 y la segunda de gestión integral que ésta sea preferiblemente bajo un enfoque sistémico integral. Es decir que los elementos expuestos orienten la identificación del sistema al cual se hará el análisis del riesgo, y que sobre este prevalezca un primer análisis holístico que permite después avanzar hacia un enfoque sistémico integral el cual se concentra en los eventos, los elementos, recursos, capacidades y resiliencias más importantes involucradas en el sistema bajo consideración. En otras palabras, el profesional del riesgo debe partir de un análisis integral que considere fenómenos, subsistemas, flujos y almacenamientos de lo biótico, abiótico y sus interrelaciones socioeconómicas y sociológicas, para garantiza así un análisis inicial de naturaleza holística.
- El plan de estudios dentro de la estructura curricular debe contemplar asignaturas que promuevan no sólo los análisis sistémicos integrales, sino también la integración de varios cuerpos de conocimiento que cubren las ciencias naturales, las ciencias sociales y económicas, la matemática y las disciplinas específicas asociadas al contexto tipo de evento amenazante. En otras palabras, los contenidos de asignatura y las estrategias didácticas deben promover la integralidad y la integración de conceptos, herramientas, protocolos, criterios transversales con enfoque multi e



interdisciplinar. Por ejemplo, resulta más pertinente una asignatura de Análisis de incertidumbre y de confiabilidad que una de análisis estadístico o probabilístico. Otro ejemplo que pudiera concebirse desde una asignatura de evaluación y valoración del riesgo, más que una de aspectos económicos, y resulta conveniente la inclusión de proyectos en donde el estudiante pueda integrar diferentes conceptos y competencias requeridas en el contexto de riesgo.

- Las dos consideraciones anteriores sugieren e imponen para el cuerpo de profesores que soportarían el nuevo programa de riesgo experiencias, formaciones y habilidades particulares. Por ejemplo, algunos países europeos identifican al denominado “profesor integrador” como aquel que va más allá de la disciplina. Es experto en su cuerpo de conocimiento en su especialidad, pero tiene la habilidad, la disposición y voluntad de integrar disciplinas, profesionales, métodos, herramientas que van más allá de su campo de acción. Lo hace de forma respetuosa y bajo una ética de la multi e interdisciplinaria. En otras palabras, un docente que cultiva un estado mental interdisciplinario que integra personas, perfiles, herramientas, conceptos, métodos tal y como lo demanda el análisis y diseño bajo el enfoque de riesgo. Esto implica también que el rol de este docente es de guía del proceso de los estudiantes, quienes se convierte en actores de su propia experiencia educativa.

6. Referencias

- Banco Mundial, (2012). Gestión del riesgo de desastres en Colombia.
- Cardona, O. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando Sistemas dinámicos complejos.
- Carrión, A (2020). Programa de Preparación para la Adaptación Nacional al Cambio Climático con apoyo del Fondo Verde del Clima. Fondo acción. <http://fondoaccion.org/wp-content/uploads/2020/12/Brief-1-GRD-ACC-Articulando-conceptos.pdf>.
- Gellert, G (2012). El cambio de paradigma de la atención de desastres a la gestión del riesgo. Boletín Científico Sapiens Research, ISSN-e 2215-9312, Vol. 2, N°. 1, 2012, págs. 13-17.
- GIZ y EURAC 2017: Suplemento de Riesgo del Libro de la Vulnerabilidad. Guía sobre cómo aplicar el enfoque del Libro de la Vulnerabilidad con el nuevo concepto de riesgo climático del IE5 del IPCC. Bonn: GIZ
- Gonzalez A., Ramos, A. (2024) Documento de trabajo para el registro calificado de un programa postgradual relacionado con Riesgo. Trabajo colaborativo entre la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales con la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Sobre los autores

- **María P. León:** Ingeniera Civil, Magíster en Ingeniería Civil, Candidata a PhD Universidad de Los Andes. mpleon@javeriana.edu.co
- **Jesús Villalba:** Ingeniero Civil (Universidad Industrial de Santander), Doctor en Ingeniería Estructural (Universidad de Sao Paulo). Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Civil – Pontificia Universidad Javeriana. jesus.villalba@javeriana.edu.co



- **Alfonso Ramos:** Ingeniero Civil, Magíster en geotecnia, Doctor en Ingeniería. Líder del grupo de investigación Riesgo en Sistemas Naturales y Antrópicos. Profesor Titular. Director del Departamento de Ingeniería Civil. a-ramos@javeriana.edu.co
- **Nelson Obregón:** Ingeniero Civil, Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en ingeniería de Recursos Hídricos y Ambiental, Doctor en Filosofía (PhD en Ciencias Hidrológicas) de Universidad de California (Davis, USA). Profesor titular. nobregon@javeriana.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

