

Dinámica de sistemas: una forma de optimizar la gestión del riesgo

Abel Aníbal del Río Cortina1
Universidad EAN
adelrioc2311@universidadean.edu.co

Beitmantt Giovanni Cárdenas Quintero2
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
bgcardenasq@udistrital.edu.co

Fecha de recepción: 01 de marzo de 2018

Fecha de aprobación: 22 de agosto de 2018

DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n0.2018.2021>



Cómo citar este artículo / *To reference this article* / *Comment citer cet article* / *Para citar este artigo*:

Del Río Cortina, A. A. y Cárdenas Quintero, B. G. (2018). Dinámica de sistemas: una forma de optimizar la gestión del riesgo. Revista EAN, Edición especial, pp 125-143. DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n0.2018.2021>

Resumen

Este documento presenta un modelo de gestión de riesgos de proyectos de investigación, estableciendo un acercamiento integral al manejo del riesgo en el marco de un sistema complejo, generando una aproximación a la gestión de riesgos mediante la aplicación de dinámica de Sistemas, con el objetivo de mitigar las limitaciones de las metodologías tradicionales como PMBOK, PRINCE2, e ISO31000, con respecto a una perspectiva de análisis estructural. La propuesta tiene como punto de partida las consideraciones de la gestión del riesgo plasmadas en las metodologías tradicionales, resaltando sus puntos fuertes y haciendo énfasis en las limitaciones de carácter estructural; posteriormente se desarrolla un análisis de la importancia del tratamiento de los riesgos en los proyectos de investigación y se cuestiona el distanciamiento que presentan este tipo de proyectos con respecto a metodologías de gestión validadas. Finalmente se aborda el contexto del Instituto de Gestión del Riesgo (IRM) y se procede a la propuesta de modelo.

Palabras Clave

Gestión de los riesgos, administración de proyectos, proyectos de investigación, investigación científica, dirección de proyectos.

¹ Administrador de Empresas - Universidad de Cartagena, Magister en Desarrollo Empresarial - Universidad del Magdalena, Estudiante Doctoral en Gerencia de Proyectos - Universidad EAN. Integrante del grupo de investigación Dirección & Gestión de Proyectos de la Universidad EAN. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9847-0769>

² Ingeniero de Sistemas - Universidad de Boyacá, Especialista en Ingeniería de Software - Universidad Antonio Nariño, Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones - Universidad Distrital, Estudiante Doctoral en Gerencia de Proyectos - Universidad EAN. Docente de planta en la especialización en Proyectos Informáticos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0293-0036>

Systems dynamics, a way to optimize risk management

Abstract. *This research paper describes a research risk management model, which establishes an integral approach to risk management in a complex system framework, generating a risk management approximation through the application of dynamic systems, whose objective is to mitigate traditional methodological limitations such as PMBOK, PRINCE2, and ISO31000, with regard to a structural analysis perspective. This proposed model considers traditional risk management methodologies as a starting point which results in strong issues and emphasizes limitations with structural characteristics. After that, an analysis is made to determine the importance of risk management in research projects and to challenge the disengagement existing in these projects regarding valuable management methodologies. Finally, a context given by the Risk Management Institute is revised, thus proposing this new model.*

key words: *Risk management, project management, research projects, scientific research.*

Dynamique des systèmes: un moyen d'optimiser la gestion des risques

Résumé. *Ce document présente un modèle de gestion des risques pour les projets d'investigation en établissant une approche intégrale de cette gestion particulière dans le cadre d'un système complexe créant une approximation de la gestion des risques via l'application de la dynamique des systèmes afin de repousser les limites des méthodologies traditionnelles PMBOK, PRINCE2 et ISO31000 dans une perspective d'analyse structurelle. La proposition repose sur des considérations de gestion des risques incorporées dans les méthodologies traditionnelles mettant en évidence leurs points forts et mettant l'accent sur les limitations structurelles. Une analyse de l'importance du traitement des risques dans les projets d'investigation est ensuite réalisée. Nous abordons finalement la problématique de l'Institut de Gestion des Risques (IGR) et réalisons une proposition de modèle.*

Mots clefs: *Gestion des risques, gestion de projets, projets de recherche, recherche scientifique.*

Dinâmica de sistemas, uma forma de otimizar o gerenciamento do risco

Resumo. *Este documento apresenta um modelo de gerenciamento de riscos de projetos de pesquisa, estabelecendo uma aproximação integral ao manejo do risco no marco de um sistema complexo, gerando uma aproximação ao gerenciamento de riscos mediante o aplicativo de dinâmica de sistemas, com o objetivo de mitigar as limitações das metodologias tradicionais como PMBOK, PRINCE2, e ISO31000, com relação a uma perspectiva de análise estrutural. A proposta tem como ponto de partida as considerações do gerenciamento do risco plasmadas nas metodologias tradicionais, realçando seus pontos fortes e fazendo ênfases nas limitações de caráter estrutural. Posteriormente desenvolve-se uma análise da importância do tratamento dos riscos nos projetos de pesquisa e questiona-se o distanciamento que apresenta este tipo de projetos com relação às metodologias de gerenciamento validadas. Finalmente aborda-se o contexto do Instituto de Gerenciamento do Risco (IRM) e procede-se à proposta de modelo.*

Palavras-chave: *Gerenciamento dos riscos, administração de projetos, projetos de pesquisa, pesquisa científica, direção de projetos.*

1. Introducción

El desarrollo de proyectos implica la aparición de una serie de riesgos que son abordados de manera integral por el Instituto de Gestión del Riesgo, que es un instituto multidisciplinario especializado en temas de riesgo creado en 1986 con sede principal en el Reino Unido (Institute of Risk Management [IRM], 2002), y que propone el manejo de los riesgos como parte de un sistema, evidenciándose un comportamiento de interconexión. El propósito del presente artículo es considerar el diseño de un modelo de gestión de riesgos bajo las anteriores premisas en el marco del modelamiento en dinámica de sistemas que sea aplicable a proyectos de investigación (Angulo, Olivara, Osorio, Escobar, Ferreira y Redondo, 2012); Serman, Oliva, Linderman y Bendoly, 2015; Taylor y Ford, 2006). El modelo permite la

identificación de aspectos comunes de la gestión de riesgos, en conjunto con aspectos particulares que se desprenden del hecho de la mirada de los riesgos desde un enfoque sistémico que trasciende los proyectos para tocar las fibras de la organización en la que se desarrollan (IRM, 2012).

De esta manera, se presenta un momento inicial de contextualización de la importancia del manejo sistémico de los riesgos de los proyectos, para luego enfocar el documento en una secuencia circular de siete fases que conforman el modelo de gestión de riesgos propuesto, continuando con un ejemplo en un proyecto de investigación con el acompañamiento de una institución de educación superior (IES) con aplicación de *e-commerce* desde el que se contrasta la propuesta.

2. Generalidades

Los proyectos de investigación, siendo estos de investigación científica, de desarrollo tecnológico y de innovación (Acuerdo 01/2011, de 1 de junio), se transforman en dispositivos estratégicos para las IES (Consejo Nacional de Acreditación [CNA], 2013; Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias], s. f.), con el aporte especial de los proyectos de investigación de aplicación empresarial, que, de ser manejados apropiadamente, permiten desarrollar intervenciones organizacionales de optimización de recursos y coordinación de esfuerzos apalancadas por los lineamientos de límite temporal y desarrollo de entregables claramente definidos (Project Management Institute [PMBOK], 2017).

Los proyectos de investigación, indistintamente de su tipología, se abordan mediante la interconexión entre el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, el sistema de investigación institucional, la dirección de investigación, las coordinaciones de investigación, las facultades, los programas, los grupos de investigación y los semilleros, en la búsqueda de dar respuesta a los requerimientos del entorno (CNA, 2013), dejando de lado muchas de las consideraciones para la gerencia de proyectos dispuestas por el PMI en cuanto a aplicación de mecanismos de gestión de integración, gestión de alcance, gestión de cronograma, gestión de calidad, gestión de recursos, gestión de comunicaciones,



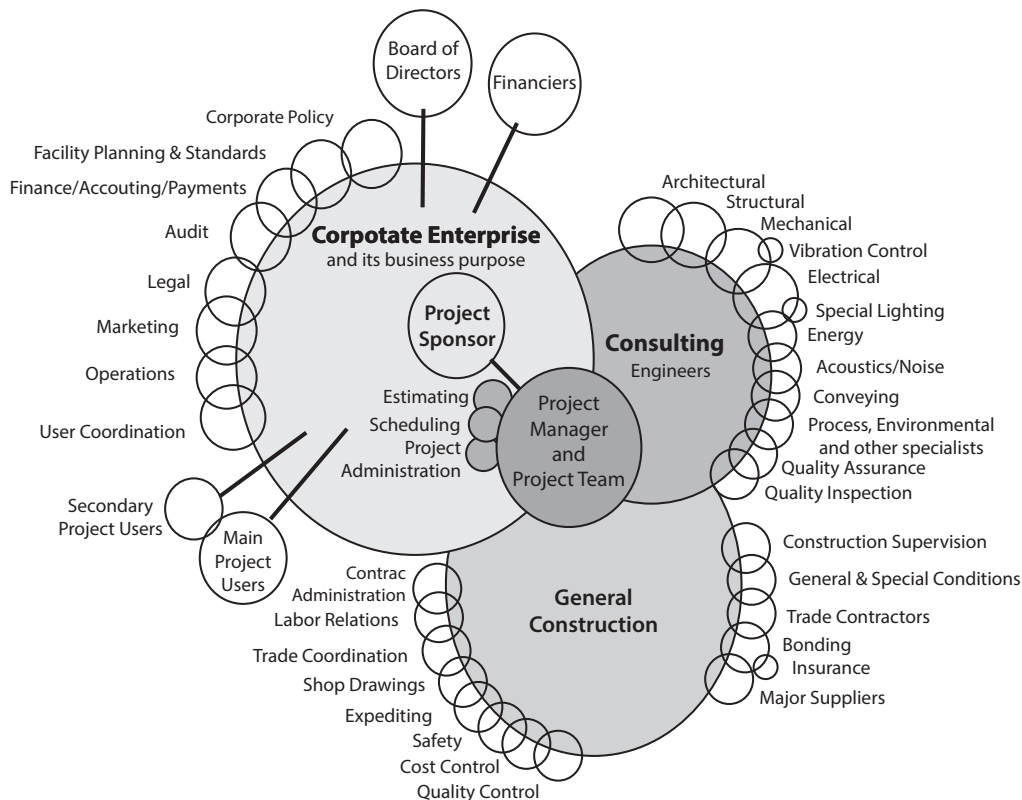
gestión de riesgos y gestión de interesados (PMBOK, 2017).

Por otra parte, en el caso de las metodologías tradicionales, como lo planteado en el PMBOK, PRINCE2 e ISO31000, el riesgo es analizado de forma particular desconociendo las interacciones existentes entre diferentes riesgos, con lo que se ve limitado el accionar y la toma de decisiones (Guerrero-Liquet, Sánchez-Lozano, García-Cascales, Lamata y Verdegay, 2016; Khoja, Dhirani, Chowdhary y Kalhor, 2010; Olechowski, Oehmen, Seering y Ben-Daya, 2016).

En este sentido, mientras que tradicionalmente la selección de las técnicas de análisis y tratamiento de los riesgos se enfoca en tres dimensiones, de modo que son estas la fase del proceso de gestión de riesgos, la fase del ciclo

de vida del proyecto y la madurez corporativa con respecto al riesgo (Cagliano, Grimaldi y Rafele, 2015), el IRM plantea una aproximación en la que se conjuga la identificación de una estructura soportada en el nivel estratégico en la que confluyen los diferentes *stakeholders* (Bourne y Walker, 2005) y desde la que se analizan las interacciones que dan lugar a diferentes riesgos asociados a los objetivos que subsisten en medio de la complejidad de los proyectos (Reschkeae y Schelle, 1990). Como se aprecia en la figura 1, al presentar interrelación de actividades de diversidad de *stakeholders*, requiere el desarrollo de un esquema de visualización que permita intervenir riesgos asociados a los grupos de interés de manera integral, con lo que se presenta una relación directa entre la identificación de los *stakeholders* y el análisis de los riesgos asociados a cada *stakeholder*.

Figura 1. Complejidad de los proyectos



Fuente. Reschkeae y Schelle, 1990.

Desde la perspectiva de confluencia de *stakeholders* en la que se consideran sus interacciones con riesgos asociados, y en concordancia con el IRM (2002), se plantea una aproximación determinista que permite evidenciar la forma en que la variación en el tratamiento de los diferentes aspectos que conforman la estructura de un proyecto de investigación incide en los cambios del comportamiento de los riesgos

asociados a la estructura y, por ende, va a requerir un tratamiento particular que se gestiona considerando una incidencia múltiple (IRM, 2012), a diferencia de los procesos tradicionales que plantean un tratamiento probabilístico de hechos históricos con el fin de identificar tendencias en cuanto a los diferentes factores que inciden en el riesgo de manera individual.

3. Modelo de gestión de riesgos

En esta propuesta, se plantea que, al manejar un proyecto de forma sistémica, se presenta un proceso circular de manejo de riesgos compuesto por siete fases: a) el establecimiento de los parámetros del proyecto y la consecuente planificación del riesgo, b) la identificación de los riesgos, c) el análisis de riesgos, de modo que es cualitativo y cuantitativo, d) la planificación de la respuesta al riesgo, e) el monitoreo, f) el control y g) la revitalización del sistema, que implican un proceso continuo de revisión de las fases señaladas.

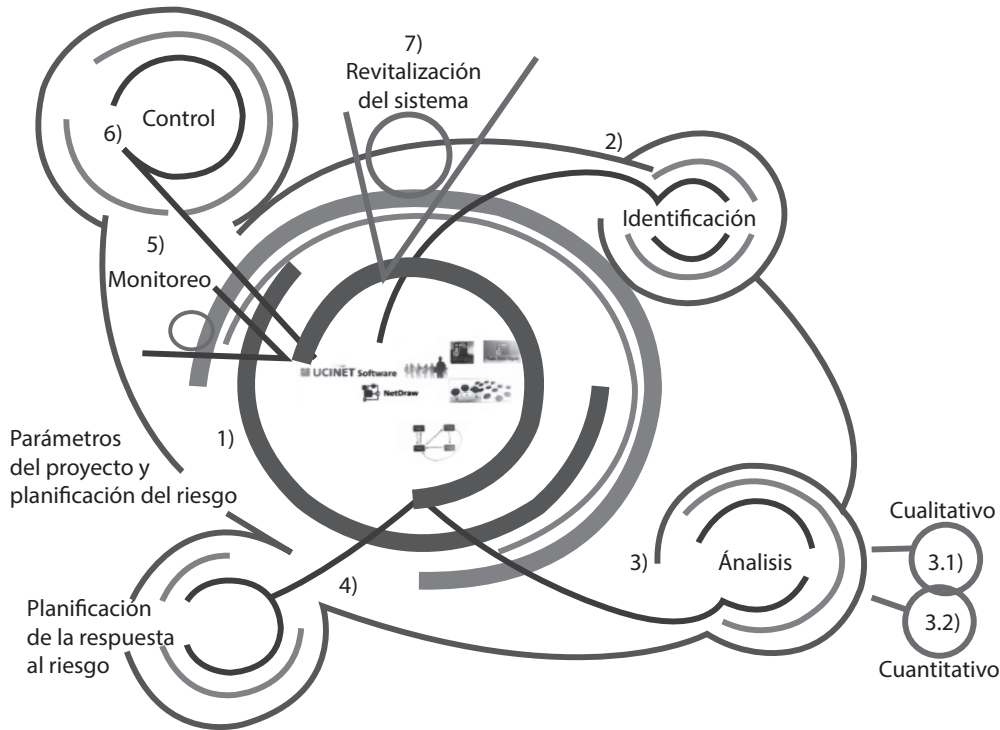
El anterior proceso se concibe en un modelo integral en el que se presenta un flujo constante de información que da lugar a la revitalización del sistema asociada al manejo del riesgo (figura 2), de modo que este es el corazón del desarrollo de los proyectos al permitir visualizar diferentes intervenciones relacionadas con decisiones relevantes en

cuanto a alcance, presupuesto, cronograma y parámetros de calidad de los entregables, entre otros aspectos (PMBOK, 2017). Si bien el tratamiento de los riesgos tradicional considera los aspectos mencionados, lo novedoso de la propuesta radica básicamente en el análisis de los riesgos de manera sistémica y estructural, lo que se desarrolla mediante la representación causal de los riesgos más importantes con su evaluación cruzada determinando las interacciones entre las diferentes variables para la generación de tratamientos conjuntos.

Al hacer énfasis en la identificación de los riesgos asociados a los *stakeholders*, se plantea la aplicación de softwares de análisis de redes sociales, con el fin de establecer el grado de incidencia de cada actor en el desarrollo de los proyectos, para lo que en el presente caso se aplica el software Ucinet (Borgatti, Everett y Freeman, 2002).



Figura 2. Modelo de gestión de riesgos



Fuente. Elaboración propia.

3.1 Parámetros del proyecto y planificación del riesgo

Una apropiada planificación del riesgo implica un repensar de la gestión estratégica de los proyectos de investigación encaminada hacia un diseño estructural con respecto a la visión de las organizaciones que intervienen en su desarrollo, las cuales son agentes de cambio y de integración, que requieren a su vez el establecimiento de mejores sistemas de información y de flujo constante de recursos coordinados, donde la comunicación asertiva desempeña un papel preponderante entre los diferentes stakeholders (IRM, 2012).

En esta primera fase, se disponen de tres asuntos estratégicos, de modo que estos son a) la contextualización detallada del modelo de negocio de la organización donde se va a implementar el proyecto, b) la contextualización

y configuración del proyecto y c) la planificación del riesgo, que son representados en las cuatro ondas que conforman la estructura central del modelo en cuestión, donde de manera adicional se ubican las personas, los recursos y las herramientas con las que se desarrollan las fases posteriores de identificación, análisis, planificación de respuesta, monitoreo, control y revitalización del sistema.

Para el modelo es importante contar con información detallada sobre el tipo de empresa u organización que será la base para la consecución del proyecto, en una aproximación al conocimiento de su realidad financiera y organizacional, a sus productos, servicios, entorno en la cual gira su actividad, a sus proveedores, clientes y normativa. Toda esta información, tanto actual como histórica, es insumo de vital importancia debido a que brinda un punto de

partida y de referencia para la planificación de las fases posteriores, ya que deben estar alineadas y cercanas a la situación actual del negocio y a su proyección amparada en la visión.

En una segunda instancia, esta fase se centra en parametrizar el proyecto, enfocándose en definir los requerimientos funcionales y no funcionales del producto o servicio por desarrollar dentro del proyecto, además de las actividades gerenciales y de administración que esto implica. Por tanto, es necesario establecer las actividades que se necesitan desarrollar para poder cumplir con las necesidades del negocio planteadas dentro del proyecto como determinar los tiempos, los presupuestos y demás parámetros de calidad e integración, lo que implica documentar de manera clara el qué, cómo, cuándo, con qué y quién de todas las actividades, para llegar a obtener así la configuración del proyecto mediante diferentes técnicas y herramientas planteadas por autores como Arquer (2004), David (2003), Osborn (1979) y Porter (1990). Los entregables finales de esta fase son el informe ejecutivo y la matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) (David, 2003), donde se condensa la información recopilada previamente validada por la organización. Posteriormente, se definen claramente aspectos puntuales del proyecto, tales como objetivos, justificación, alcance, requerimientos, *stakeholders*, aspectos de calidad, tiempo y costo (PMBOK, 2017).

En una tercera instancia de esta fase, las actividades se centran en definir la forma de realizar la gestión de riesgos para el proyecto teniendo en cuenta que una planificación cuidadosa y explícita mejora la probabilidad de éxito de los demás procesos, de modo que son los entregables esperados, el plan de gestión de riesgos y el plan de gestión del proyecto (PMBOK, 2017).

3.2 Identificación del riesgo

La identificación del riesgo es el proceso por el que se especifican los riesgos que pueden impactar el proyecto, y a la vez se documentan sus particularidades. Entre las personas que participan en la identificación del riesgo, se pueden incluir el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos –si está asignado–, clientes, expertos externos al equipo del proyecto, usuarios finales, otros directores de proyectos, interesados y expertos en gestión de riesgos (Hopkin, 2012). Este es un proceso iterativo que requiere valoración permanente, con necesidades de seguimiento a los diferentes grupos de interés, haciéndolos partícipes debido a que se pueden identificar nuevos riesgos o estos pueden evolucionar conforme avanza el ciclo de vida del proyecto.

3.3 Análisis del riesgo

Para la fase de análisis de riesgo, se toman los dos enfoques tradicionales: el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo. El primero de los enfoques consiste en una priorización de los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y cruzando la probabilidad de ocurrencia contra el impacto de dichos riesgos, principalmente basado en juicios de expertos. Los líderes del proyecto concentran sus esfuerzos, de manera general, en los riesgos de alta prioridad, para así asegurar en alto porcentaje un buen rendimiento en las acciones del proyecto. Este tipo de análisis evalúa la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad de ocurrencia y el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos se materializan, y si se llegase a este punto, también se estima el nivel de tolerancia del proyecto ante estos eventos, de tal forma que se salvaguarden las variables de alcance, tiempo y costo, principalmente (Cleand y Ireland, 2007).

En cuanto al enfoque de análisis cuantitativo, consiste en valorar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos específicos del proyecto. Este proceso se aplica a los riesgos priorizados mediante el enfoque del análisis cualitativo, utilizando técnicas de análisis de sensibilidad, análisis del valor monetario esperado, modelado y simulación, que tradicionalmente se enfocan en la obtención del escenario probabilístico de riesgos del proyecto, la probabilidad de alcanzar los objetivos de costo y tiempo, la lista priorizada de riesgos cuantificados y las tendencias de riesgos del proyecto siguiendo un enfoque de gestión de proyectos tradicional (Arboleda, 2013).

Los entregables de esta fase son el listado de variables, los parámetros de cálculo, la matriz de influencias directas (MID), el plano directo a partir de la MID, el plano indirecto a partir de la matriz de influencias indirectas (MII), la priorización-plano de desplazamiento con análisis, el registro de riesgos para análisis desde el software SMIC, la matriz de probabilidad simple de impacto, la tabla de probabilidades condicionales y el análisis de soluciones contrastadas con *histograma extremums*, entre otros.

Al adentrarnos en los planteamientos del IRM (2012) en cuanto a la gestión de proyectos desde una perspectiva integral, se considera la complejidad de los proyectos como un factor clave desde el que se analizan nuevas formas de gestión del riesgo bajo una aproximación estratégica en contraposición con las técnicas tradicionales que se limitan en su alcance, dejando de considerar la visión de los interesados en los que el proyecto se encuentra inmerso y las interacciones entre los diferentes riesgos.

En este punto, se aplica la dinámica de sistemas como una metodología que permite visualizar las interacciones desarrolladas por diferentes

variables que se hacen presentes en un proyecto en el marco de una estructura de causa-efecto que se configura matemáticamente, identificando retardos, que, en el caso de los proyectos, se asocian al cronograma con incidencia en el presupuesto, a realimentaciones que implican análisis de las interacciones que se derivan en toma de decisiones y a acumulaciones que se refieren desarrollo de las diferentes actividades a partir de los entregables del proyecto en sus diferentes etapas, que da como resultado inicial el diagrama causal (Redondo, 2011; Sterman et al., 2015; Taylor y Ford, 2006) y luego se transformará en el modelo de análisis de riesgo.

Algunos autores como Ford (2011), Repenning y Sterman (2002), Rumeser y Emsley (2016), Taylor y Ford (2006) y Wang, Kunc y Bai (2017) hacen hincapié en la aplicabilidad de los modelos basados en dinámica de sistemas para el análisis estratégico de la gestión de los proyectos independiente de su tipología.

En cuanto a la dinámica de sistemas como parte del análisis de la gestión de riesgos, Williams, Ackermann y Eden (2003) manifiestan que las interdependencias de los componentes de los proyectos generan situaciones en las que las pequeñas variaciones en las condiciones de implementación pueden tener alta incidencia en el desempeño y en los resultados finales. Größler (2007) sostiene que deben gestionarse procesos adecuados con respecto a los *stakeholders* y a la información que alimenta los modelos de dinámica de sistemas al detectar dos casos en los que se presentaron fallas en los modelos debido a deficiencias en la gestión de los interesados claves. Locatelli, Mancini y Romano (2014) plantean que en un ambiente dinámico los proyectos deben interactuar continuamente con las variables de su contexto de implementación, requiriéndose la adaptación y evolución de requisitos como forma de enfrentar la incertidumbre dentro del ciclo de vida. Meyer (2014) considera necesario enfocarse en el

análisis de la incidencia de los *stakeholders* en la materialización de riesgos, en la medida en que la actividad humana es dominante en los diferentes grupos de procesos de los proyectos. Por último, Wang, Kunc y Bai (2017) proponen un sistema de monitoreo y control que sirve para detectar y gestionar incertidumbres de carácter táctico y estratégico.

3.4 Planificación de la respuesta al riesgo

En esta fase del modelo, se desarrollan acciones para la intervención en oportunidades de mejora y reducción de las amenazas que puedan afectar los objetivos del proyecto. Se realiza después de los procesos de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, de modo que es importante definir un responsable que se encargue de ejecutar la respuesta al riesgo bajo los parámetros definidos, los que se deben encontrar alineados a la complejidad del riesgo, evidenciándose una secuencia programada en el momento de abordar esta planificación, con el consecuente enfoque en la realidad del proyecto, sin llegar a sobrevalorar esta gestión que puede incidir en un incremento sustancial de su presupuesto (Arboleda, 2013).

Existen seis medidas de tratamiento, de las que tres son de control del riesgo y las otras tres de financiación del riesgo. En las primeras tres, es posible manejar, evitar, prevenir o proteger, y en las segundas, se encuentran aceptar, retener o transferir. La técnica usada para el caso del modelo es el establecimiento de una estrategia que se ubique dentro de las medidas mencionadas. Dicha estrategia debe ir soportada por un objetivo y unas acciones que ejecutar, las que deben ser medidas en cuanto a su prioridad y gobernabilidad. La herramienta usada es una tabla que refleja la información recopilada, en conjunto con el diagrama causal con la intervención y el

modelado de este diagrama causal con planes y estrategias de tratamiento del riesgo.

Los entregables para esta fase son las tablas que recopilan de forma detallada el riesgo, la estrategia, el objetivo de la estrategia, las acciones que cubren la estrategia, la caracterización de cada acción en cuanto a importancia y gobernabilidad, el diagrama causal con la representación de los diferentes planes y estrategias y el modelado con la correspondiente comparación diferencial entre la estructura sin ninguna intervención y con la aplicación estratégica.

3.5 Monitoreo del riesgo

En esta fase del modelo, se rastrean los riesgos identificados, se actúa sobre los riesgos residuales y se identifican nuevos riesgos haciendo de esto un proceso iterativo durante el ciclo de vida del proyecto y realimentándolo de forma continua para detectar nuevos riesgos. Estos riesgos cambian o se vuelven obsoletos, con lo que se logra en cada una de estas iteraciones detectar si los supuestos del proyecto siguen siendo válidos, si los análisis muestran que un riesgo evaluado ha cambiado o puede descartarse, si se respetan las políticas y los procedimientos de gestión de riesgos y si las reservas para contingencias de costo o cronograma deben modificarse para alinearlas con la evaluación actual de los riesgos. Por tanto, es importante revisar el estado de los riesgos con el equipo de trabajo, con el cliente y, en general, con los diferentes grupos de interés en correspondencia con las necesidades de evolución y de acuerdo con el ciclo de vida del proyecto, verificando a su vez los hitos principales del proyecto e integrando todas estas acciones con el proceso de control de cambios de este (Arboleda, 2013), de modo que es una fase que toma información de las demás sirviendo de integradora.

Este escenario de complejidad ha llevado a algunos investigadores a proponer la aplicación de metodologías alternas que abordan las interacciones derivadas de los proyectos dando importancia a asuntos estratégicos, como la gestión de *stakeholders*, en conjunto con la gestión de riesgos desde un enfoque integral (IRM, 2012; Bourne, 2015).

3.6 Control del riesgo

Para esta fase, se implementan planes de respuesta a los riesgos y se evalúa la efectividad del proceso de gestión de los riesgos del proyecto en el desarrollo de su ciclo de vida. El control de riesgos normalmente implica elegir nuevas estrategias de respuesta, ejecutar planes de contingencia, tomar acciones correctivas o modificar planes del proyecto.

Debe documentarse cuándo y cómo se han llevado a cabo las acciones correspondientes a la evolución de los riesgos en el plan de gestión de riesgos. Es muy importante valorar el efecto que produce el plan de respuesta a los riesgos para realizar ajustes e incluso actualizar dicho plan para llevar a cabo una gestión de riesgos efectiva. Durante el control de riesgos se deben poder elegir estrategias alternas a la inicial, ejecutar un plan para contingencias o de reserva y adoptar acciones correctivas que puedan terminar en la modificación del plan para la dirección del proyecto.

El responsable de la respuesta a los riesgos debe informar periódicamente al director del proyecto acerca de la efectividad del plan, de cualquier efecto no anticipado y de cualquier

corrección sobre la marcha que sea necesaria para gestionar el riesgo correctamente (Arboleda, 2013). La técnica aplicada en este modelo empalma con la anterior fase, donde se identifica el riesgo y su disparador, y se define una serie de acciones que restablecerán el estado del proyecto una vez materializado el evento de este. Estas actividades deben ser medidas en cuanto a su prioridad y gobernabilidad, por tanto, la herramienta usada es una tabla que refleja la información recopilada. Para evaluar progresivamente el rendimiento de las acciones propuestas y poder establecer su nivel de eficiencia, eficacia y efectividad, se deben construir indicadores que permitan contrastar el objetivo de cada estrategia con las variables relacionadas con los riesgos y la meta establecida con dicho plan. Según el resultado obtenido de este contraste, se podrá determinar si las acciones de contingencia cumplen con los niveles mencionados y en qué proporción. El entregable en esta fase es una tabla que refleja:

- El aspecto por evaluar, eficiencia, eficacia y efectividad.
- El objetivo de la estrategia de gestión del riesgo.
- La variable que relaciona la acción con el riesgo tratado.
- La meta que se propone alcanzar con la acción de contingencia.
- El indicador y la notación que permite la medición del porcentaje de cumplimiento de las acciones analizadas.

4. Revitalización del sistema

Los flujos de información permanentes generados en las diferentes fases se perfilan dentro de un proceso de reconfiguración que se enfoca en la toma de decisiones en correspondencia con el avance de las actividades y con el cumplimiento presupuestal y de calidad, en el marco de la fase de revitalización del sistema que permea la fase de parámetros del proyecto y de la planificación del riesgo.

5. Aplicación del modelo

El modelo se aplica al desarrollo de una web de comercio electrónico por ser desarrollada en un lapso de doce meses con la participación de una IES como entidad acompañante. El sistema de *e-commerce* se proyectó para permitir a los usuarios realizar compras en línea, mejorando el contacto de la organización con los consumidores actuales y potenciales, ofreciendo una opción que permite escoger la sede de la empresa desde la que se realizará el envío y siendo el producto final una plataforma prototipo.

La empresa es una comercializadora de productos bioenergéticos y adelgazantes de origen natural que atraviesa una transformación que la ha llevado a mejorar los canales de comunicación y de contacto con el consumidor final, optando por la utilización de herramientas tecnológicas en el marco de un proceso de fortalecimiento de su posición en el mercado. Lo anterior soportado en el hecho de que la toma de decisiones implica una aproximación más ágil con el consumidor que consolide la posición estratégica en el mercado, desde la perspectiva del cumplimiento de la misión organizacional y de la mano de la consecución de la visión como soporte estratégico (David, 2003).

En el momento de considerar la incursión en el comercio electrónico, la empresa toma a consideración las siguientes premisas:

- 1) Asociadas al beneficio de la empresa:
 - a) Participación en un mercado interactivo.
 - b) Comunicación ágil con los consumidores actuales y potenciales con disponibilidad las 24 horas mediante diálogo asincrónico.
 - c) Reducción de errores, tiempos y costos.
 - d) Facilidad de contacto con los clientes actuales y aumento de recompra.
 - e) Aumento del rango de cobertura en el mercado.
- 2) Asociadas al beneficio del consumidor:
 - a) Comodidad en la búsqueda de productos sin desplazarse.
 - b) Comunicación ágil con disponibilidad las 24 horas mediante diálogo asincrónico.
 - c) Reducción de errores, tiempos y costos.
 - d) Facilidad de contacto con la información.

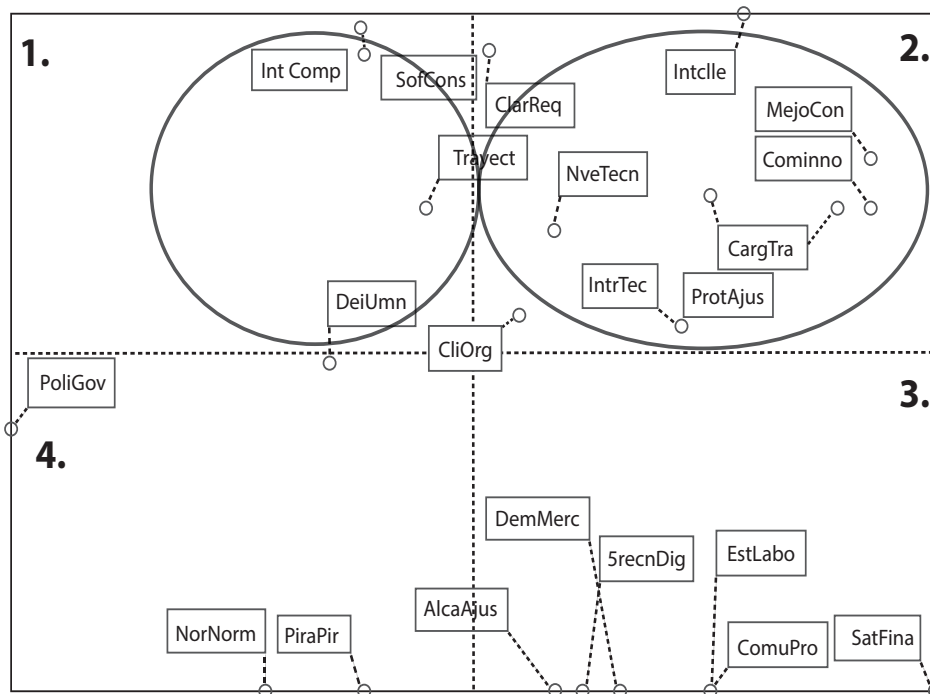
5.1 Gestión del riesgo

Mediante un proceso que inicia con la aplicación de las metodologías de lluvia de ideas (Osborn, 1979), análisis FODA (David, 2003) y Delphi (Landeta, 1999), se procede a desarrollar una identificación inicial de variables llegando al establecimiento de 22 variables con su respectiva descripción, que luego se someten a una depuración en el software de análisis estructural MICMAC (Godet, 2004). Las variables son sometidas a un proceso de puntuación con el fin de determinar su incidencia en el desarrollo del ciclo de vida del proyecto. Correspondiendo lo anterior a un análisis cualitativo, que se complementa con el análisis cuantitativo desarrollado mediante los softwares MICMAC, SMIC y VENSIM.

El software MICMAC arroja como variables determinantes la intensidad de la competencia (IntComp), la sofisticación del consumidor (SofCons) y la trayectoria de la organización a la que pertenece el equipo del proyecto (Trayect). Como variables claves, el interés del cliente (IntClie), el mejoramiento continuo (MejoCon), las competencias de innovación (ComInno), la carga de trabajo (CargTra), la disponibilidad de prototipos ajustados a los requerimientos (ProtAjus), la infraestructura tecnológica (InfrTec), las nuevas tecnologías (NueTecn), la claridad en los requerimientos (ClarReq) y el clima organizacional (CliOrg).

Y como las de resultados, en el tercer cuadrante, en orden de dependencia, la satisfacción del cliente final (SatFina), la comunicación con el usuario final (ComuPro), la estabilidad laboral (EstLabo), la brecha digital (BrechDig), la demanda del mercado (DemMerc) y la valoración del alcance del proyecto (AlcaAjus) (figura 3).

Figura 3. Plano directo a partir de MID

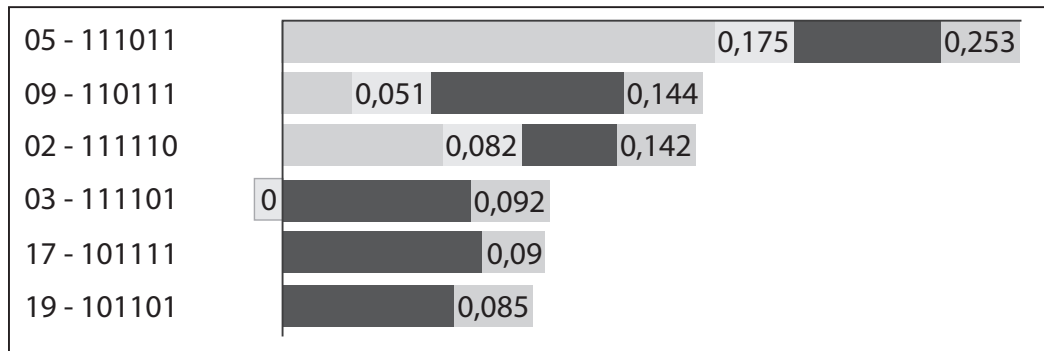


Fuente. Elaboración propia.

El software SMIC genera una evaluación cruzada de variables, ubicando para este caso las seis variables consideradas de mayor influencia, de modo que estas son a) la viabilidad, b) la imprecisión, c) las solicitudes por fuera del alcance, d) la obsolescencia, e) el diseño inapropiado y f) la pérdida de usabilidad del producto. Se determina la probabilidad de influencia, generando luego el análisis de soluciones contrastadas desde el que se evidencian los puntos más probables de

ocurrencia y, por ende, los puntos mayormente susceptibles de intervención, de modo que estos son los tres primeros escenarios en los que se plantea como escenario más desfavorable la existencia de riesgo de pérdida de viabilidad del proyecto, en conjunto con imprecisión de requerimientos por parte del cliente, solicitudes por fuera del alcance real, inapropiado diseño y desarrollo del producto y pérdida de usabilidad de este en la combinación 111011 del histograma de extremus (figura 4).

Figura 4. Histograma de los extremus

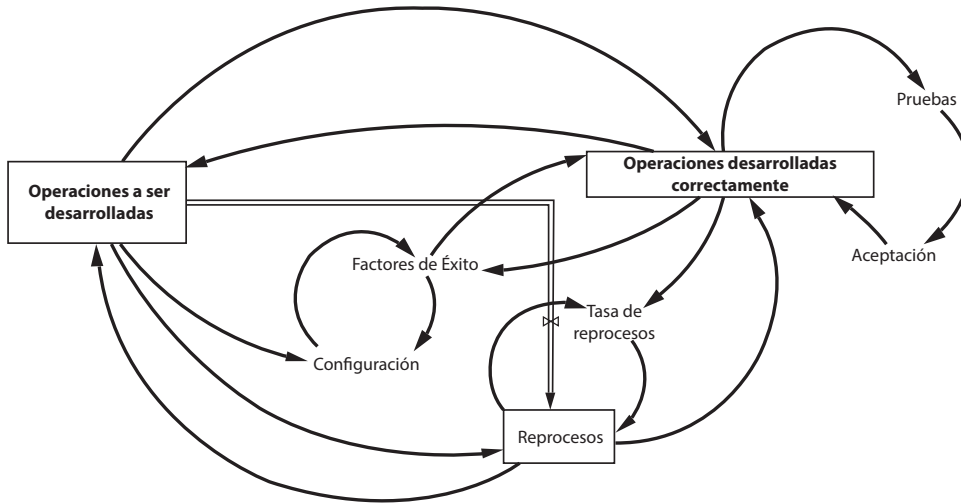


Fuente. Elaboración propia.

En la medida en que los diferentes análisis desarrollados apuntan hacia un alto riesgo con respecto a las variables de imprecisión de requerimientos, obsolescencia del producto y pérdida de usabilidad del producto, se establecen los parámetros para la construcción del diagrama causal bajo dinámica de sistemas (Redondo, 2011; Sterman et al., 2015; Taylor y Ford, 2006), considerando las anteriores variables y

teniendo en cuenta los diferentes componentes que requiere el éxito de un proyecto de las características estudiadas. De esta manera, se establecen los factores de éxito a partir de la configuración de procesos, de modo que estos factores son la precisión de requerimientos, la usabilidad del producto y la vigencia de este (figura 5).

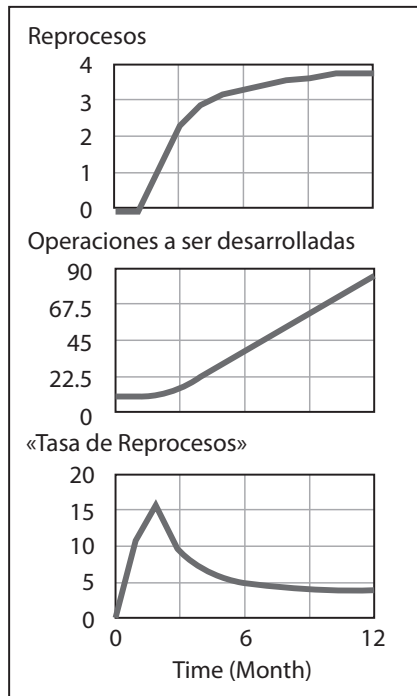
Figura 5. Diagrama causal sin intervención



Fuente. Elaboración propia.

Después de este momento, se procede a la configuración matemática del diagrama y al modelado de las variables en la estructura (figura 6).

Figura 6. Modelado en Vensim sin intervención



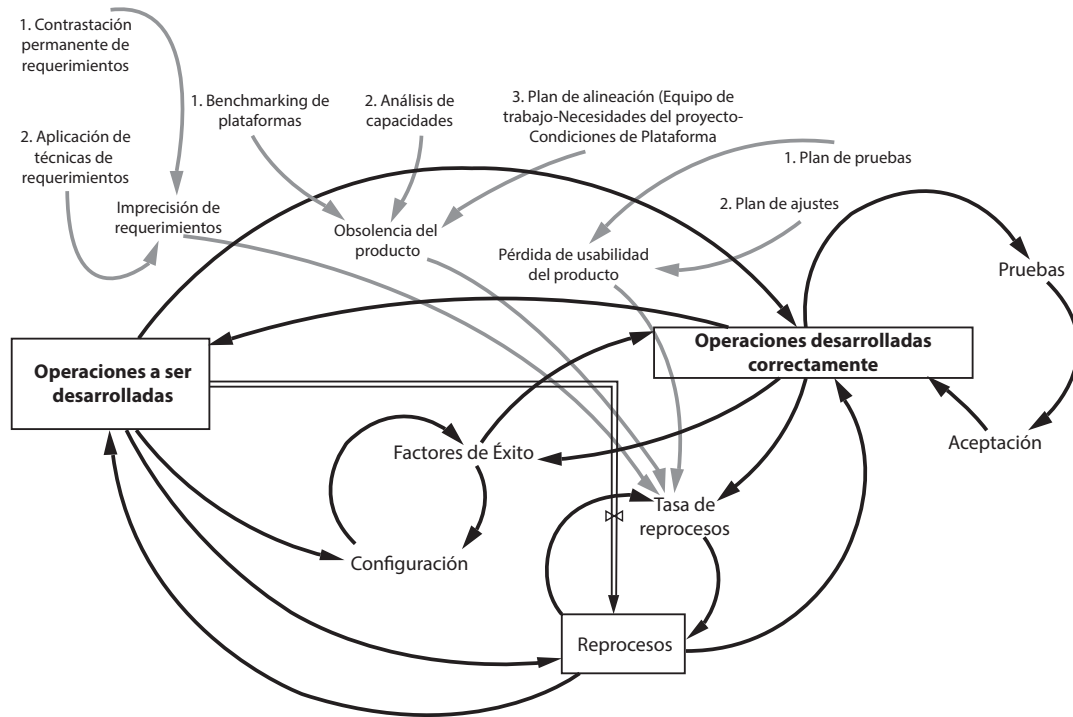
Fuente. Elaboración propia.

Del modelado anterior, se observa una tendencia de interrelaciones entre los reprocesos y las operaciones por ser desarrolladas, de modo que es el número de operaciones de acuerdo con la estructura del diagrama causal tendientes a 90 en el transcurso de los 12 meses con una tendencia máxima de 4 reprocesos en el último mes y un comportamiento de la tasa de reprocesos relacionando las dos variables anteriores, que oscila entre un máximo del 15 % en el primer trimestre y un mínimo por debajo del 5 % al finalizar el proyecto.

De esta forma, se procede a intervenir los diferentes riesgos críticos previamente

identificados, como imprecisión de requerimientos, obsolescencia del producto y pérdida de usabilidad del producto, lo que genera un nuevo diagrama causal enfocado en la intervención en la generación de una serie de planes para el tratamiento de cada riesgo. Este para la imprecisión de requerimientos se ubica en a) contrastación permanente de requerimientos y en b) aplicación de técnicas de requerimientos; para la obsolescencia del producto en a) *benchmarking* de plataformas, b) análisis de capacidades y c) plan de alineación; y en cuanto a la pérdida de usabilidad del producto, el proceso se centra en a) plan de pruebas y b) plan de ajustes (figura 7).

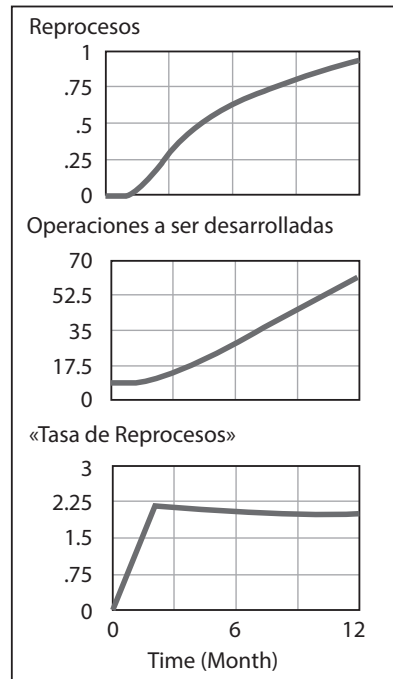
Figura 7. Diagrama causal con intervención



Fuente. Elaboración propia.

Se procede a la configuración matemática del diagrama y al modelado de las variables en la estructura (figura 8).

Figura 8. Modelado en Vensim con intervención



Fuente. Elaboración propia.

Se observa una tendencia de interrelaciones entre los reprocesos y las operaciones por ser desarrolladas, de modo que es el número de operaciones de acuerdo con la estructura del diagrama causal tendientes a menos de 70 ($Op < 70$) en el transcurso de los 12 meses, con una tendencia máxima de 1 reproceso en el último mes, y un comportamiento de la tasa de reprocesos relacionado con las dos variables anteriores que oscilan entre un máximo del

2,25 % en el primer trimestre y un mínimo por debajo de este porcentaje al finalizar el proyecto.

Todo lo anterior evidencia un mejoramiento del comportamiento de la estructura del proyecto derivado de la intervención, lo que genera una revitalización del sistema al modificar sus resultados a partir de los diferentes planes de gestión del riesgo.

6. Conclusiones

Un apropiado tratamiento de riesgos implica la revisión estructural de los proyectos y del análisis de la organización que solicita el desarrollo del proyecto, de la que lo ejecuta, así como de los diferentes grupos de interés relacionados. En el caso de los proyectos de investigación, se evidencia un manejo referido a la configuración de los sistemas de investigación desde los que son propuestos los proyectos, distanciándose de los planteamientos de gestión de proyectos generados por el PMI, lo que dificulta el desarrollo de intervenciones de mejoramiento.

En cuanto a los riesgos, se presenta una serie de aspectos en los que hacer énfasis, como la importancia de la identificación de puntos críticos por ser analizados de acuerdo con el sector y con las complejidades de cada proyecto; el análisis real de los beneficios operacionales de los proyectos, como punto de partida de asignación de recursos; la aplicación de técnicas y herramientas que permitan la valoración de la estructura y del comportamiento de las variables asociadas a los riesgos; y la alineación de los diferentes procesos asociados a los proyectos con la estrategia institucional.

De esta manera, la importancia de reconocer de forma detallada la estructura y las intenciones del proyecto por parte de la gerencia de este hace que las estrategias y técnicas asumidas para el desarrollo del proyecto tiendan a minimizar la probabilidad de ocurrencia del riesgo. Un sistema de monitoreo y alerta de riesgo que acompañe la consecución del desarrollo del proyecto permite retroalimentar de forma más asertiva el plan de gestión de riesgo.

La incorporación de herramientas informáticas en la gestión de riesgo es un soporte que permite la visualización de escenarios de riesgo a largo plazo, y así permite una gestión preventiva y de mitigación.

Las anteriores premisas son abordadas en la dinámica de sistemas, que es el soporte metodológico del modelo propuesto, sin dejar de lado los aspectos tradicionales en cuanto a herramientas de análisis tanto cualitativo como cuantitativo, en conjunto con procesos de simulación determinista que permite visualizar la forma en que el proyecto es afectado estructuralmente por la materialización de riesgos, y de esta manera requiere estrategias que consideren la afectación integral que den respuestas a la complejidad de los proyectos en la búsqueda de mejoramiento continuo.



Referencias

- Acuerdo 01/ 2011, de 1 de junio, por medio del cual se adoptan las tipologías de proyectos de carácter científico, tecnológico e innovación mediante las que se clasifican los proyectos calificados por el CNBT.
- Angulo, F., Olivar, G., Osorio, G. A., Escobar, C. M., Ferreira, J. D. y Redondo, J. M. (2012). Bifurcations of non-smooth systems. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 17(12), 4683-4689.
- Arboleda Vélez, G. (2013). *Proyectos: identificación, formulación, evaluación y gerencia* (2.^a ed.). Bogotá: Alfaomega.
- Arquer, M. I. (2004). *Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos*. Recuperado de https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/pt/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1031794
- Azarang Esfandiari, M. R. y García Dunna, E. (1996). *Simulación y análisis de modelos estocásticos*. México: McGraw-Hill.
- Borgatti, S. P. Everett, M. G. y Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for social network analysis*. Harvard: Analytic Technologies.
- Bourne, L. (2015). *Making Projects Work: effective stakeholder and communication management*. CRC Press.
- Cagliano, A. C. Grimaldi, S. y Rafele, C. (2015). Choosing project risk management techniques: A theoretical framework. *Journal of Risk Research*, 18(2), 232-248.
- Cleand, D. y Ireland, L. (2007). *Gerenciamiento de proyectos*. Río de Janeiro: LTC.
- Colenso, K. (2000). *Creating the work breakdown structure*. Recuperado de <http://exclusive-pm.ru/files/625/wbs.pdf>
- Consejo Nacional de Acreditación. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Bogotá: Consejo Nacional de Acreditación.
- David, F. R. (2003). *Conceptos de administración estratégica*. México: Pearson.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (s. f.). *¿Qué es un proyecto de investigación científica y tecnológica?* Recuperado <http://legadoweb.colciencias.gov.co/faq/qu-es-un-proyecto-de-investigacion-cientifica-y-tecnologica>
- Ford, D. N. (ed.) (2011). *A Bibliography of System Dynamics Project Management Work*. Recuperado de <https://ceprofs.civil.tamu.edu/dford/SDPMBibliography-110711a.pdf>
- Godet, M. (2004). *Manuel de prospective stratégique* (3.^a ed.). París: Dunod.
- Granollers, T. y Saltiveri, I. (2004). *Modelo de proceso de la ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad (MPIU+A)* (Tesis de doctorado, Universitat de Lleida, España).
- Größler, A. (2007). System dynamics projects that failed to make an impact. *System Dynamics Review*, 23(4), 437-452.
- Guerrero-Liquet, G. C. Sánchez-Lozano, J. M. García-Cascales, M. S. Lamata, M. T. y Verdegay, J. L. (2016). Decision-making for risk management in sustainable renewable energy facilities: A case study in the Dominican republic. *Sustainability*, 8(5).
- Hillson, D. (2002). *Use a risk breakdown structure (RBS) to understand your risks*. Ponencia presentada en Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium. San Antonio, Texas, Estados Unidos.
- Hopkin, P. (2012). *Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating and implementing effective risk management* (2.^a ed.). Kogan Page.
- Institute of Risk Management. (2002). *A risk management standard*. Recuperado de https://www.theirm.org/media/886059/ARMS_2002_IRM.pdf
- Institute of Risk Management. (2012). *Risk culture, resources for practitioners*. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjf_aWb2b3dAhWurVvKkHRgWDkY-QFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.iiia.org.uk%2Fmedia%2F329076%2Firm_risk_culture_-_resources_for_practitioners.pdf&usq=AOvVaw2Utst-8zeRQBrZ-Zg0pwdj
- Khoja, S. A. Dhirani, L. L. Chowdhary, B. S. y Kalhor, Q. (2010). *Quality control and risk mitigation: A comparison of project management methodologies in practice*. Ponencia presentada en 2010 International Conference on Education and Management Technology, Cairo, Egipto.
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi*. Barcelona: Ariel.
- LIPSOR. (2001). *Software MICMAC y MACTOR desarrollados por el Instituto de Innovación Informática para la Empresa 31 E*. Recuperado de http://www.3ie.fr/lipsor/lipsor_es/mactor_es.html
- Locatelli, G., Mancini, M. Y Romano, E. (2014). Systems engineering to improve the governance in complex project environments. *International Journal of Project Management*, 32(8), 1395-1410.

- Meyer, W. G. (2014). The effect of optimism bias on the decision to terminate failing projects. *Project Management Journal*, 45(4), 7-20.
- Olechowski, A., Oehmen, J., Seering, W. y Ben-Daya, M. (2016). The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play? *International Journal of Project Management*, 34(8), 1568-1578.
- Osborn, A. F. (1979 [1953]). *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem-solving* (3.ª ed.). Nueva York: Charles Scribner's.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. *Competitive Intelligence Review*, 1(1), 14-14.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge PMBOK® Guide* 6th Ed. Newtown Square: Project Management Institute.
- Repenning, N. P. y Sterman, J. D. (2002). Capability traps and self-confirming attribution errors in the dynamics of process improvement. *Administrative Science Quarterly*, 47(2), 265-295.
- Reschke, H. y Schelle, H. (eds.) (1990). *Dimensions of Project Management*. Berlín: Springer.
- Rumeser, D. y Emsley, M. (2016). Key challenges of system dynamics implementation in project management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 230, 22-30.
- Sterman, J., Oliva, R., Linderman, K. W. y Bendoly, E. (2015). System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management. *Journal of Operations Management*, 39-40, 1-5.
- Taylor, T. y Ford, D. N. (2006). Tipping point failure and robustness in single development projects. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 22(1), 51-71.
- Wang, L., Kunc, M. y Bai, S. J. (2017). Realizing value from project implementation under uncertainty: An exploratory study using system dynamics. *International Journal of Project Management*, 35(3), 341-352.
- Williams, T., Ackermann, F. y Eden, C. (2003). *Structuring a delay and disruption claim: An application of cause-mapping and system dynamics*. *European Journal of Operational Research*, 148(1), 192-204.
- Zuniga, C. y Abgar, N. (s. f.). *Breve aproximación a la técnica de árbol de decisiones*. Recuperado de <https://niefcz.files.wordpress.com/2011/07/breve-aproximacion-a-la-tecnica-de-arbol-de-decisiones.pdf>

