

Análisis de riesgo en el proyecto de un sistema de información para la red empresarial Ecocacao

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 3. p. 115-130 Medellín, enero 2009

Gerardo Alberto Chadid Botero* y Gustavo Adolfo Fernández López**

* Ingeniero de Sistemas, Universidad Eafit; Especialista en Gerencia de Proyectos, EIA. Director de Ingeniería, Aleriant S. A. gchadid@gmail.com.co

** Ingeniero de Sistemas, Universidad Eafit; Especialista en Gerencia de Proyectos, EIA. Analista de Arquitectura Técnica de TI, Bancolombia. gufernan@bancolombia.com.co

ANÁLISIS DE RIESGO EN EL PROYECTO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA RED EMPRESARIAL ECOCAO

Gerardo Alberto Chadid Botero y Gustavo Adolfo Fernández López

Resumen

Se presenta el análisis de riesgo en la ejecución de un proyecto de creación de un sistema de información para la red Ecocacao. Dicho análisis de riesgo se construye basado en los principios del método descrito por el Instituto de Administración de Proyectos (PMI por su sigla en inglés) y aplicando el método de simulación de Monte Carlo con el software @RISK, para llegar a la interpretación de resultados. El objetivo es lograr determinar el impacto de la materialización de los riesgos identificados en las tareas del proyecto y su impacto en los presupuestos iniciales.

Palabras clave: análisis de riesgos, simulación de Monte Carlo, Ecocacao, PMI.

Abstract

This paper presents an analysis of risks on implementing a plan to create an information system for the network Ecocacao. This risk analysis is conducted on the basis of the method described by the Project Management Institute (PMI) and the use of the Monte Carlo technique through simulation using the @RISK software, finally the analysis arrives at the interpretation of results. The goal is to determine the impact of the materialization of risks identified in the project tasks and how they might affect the budgets established.

Key words: risk analysis, Monte Carlo simulation, Ecocacao, PMI.

Análisis de riesgo en el proyecto de un sistema de información para la red empresarial Ecocacao

Gerardo Alberto Chadid Botero y Gustavo Adolfo Fernández López

Revista Soluciones de Postgrados EIA, Número 3. p. 115-130. Medellín, enero 2009

1. Introducción

El Proyecto Regional de Cacao surgió en el año 2000, a partir de la propuesta de los pobladores de la serranía de los Yariquíes en el departamento de Santander, Colombia. Con dicho proyecto se impulsó la estrategia de cultivos de cacao en sistemas agroforestales de producción orgánica como producto líder del mercado en fincas integrales campesinas. Sus beneficiarios son familias campesinas catalogadas como pequeños productores que encuentran en el cacao una opción productiva para aumentar su calidad de vida y ocupar lícitamente el territorio. En el año 2002 nació la Cooperativa de Cacaocultores Ecocacao Ltda., como alternativa empresarial asociativa y en el año 2004

expandió sus acciones a los departamentos de Antioquia, Bolívar y Cesar. A finales del 2004, la Cooperativa instaló puntos de compra de cacao en grano en las zonas santandereanas de Landázuri, Cimitarra, San Vicente de Chucurí, El Carmen y Santo Domingo del Ramo; de esta manera garantizan a las familias la absorción total de su cosecha de cacao en unos términos comerciales justos.

Gracias al apoyo tanto de entes gubernamentales nacionales e internacionales así como entidades del sector privado, la cooperativa Ecocacao ha logrado su objetivo inicial y está implementando un proceso de sistematización para gestión de los proyectos de siembra de cacao que será desarrollado por la empresa Aleriant. Esta es una compañía

internacional de servicios tecnológicos que provee soluciones personalizadas de *software*, *outsourcing* tecnológico y servicios de consultoría. Con sedes en la Florida, Sao Paulo y Medellín, Aleriant es una empresa con un reconocimiento importante y una experiencia relevante en el campo del desarrollo de *software* y servicios tercerizados en la modalidad de *outsourcing*.

Con la realización del análisis de riesgos en la ejecución del proyecto de creación de un sistema de información para la red Ecocacao, se busca evaluar el impacto de los elementos de riesgo, con el fin de conocer las diferencias en tiempo y costo respecto a los valores estimados de las actividades importantes de dicho proyecto.

El objetivo principal del artículo es exponer el método utilizada para la realización del análisis de riesgos en la ejecución del proyecto de creación de un sistema de información para la red Ecocacao, mostrar los principales resultados obtenidos y plantear las conclusiones y recomendaciones más relevantes del trabajo realizado.

2. Metodología

Según el PMI (Project Management Institute, 2004), el paso previo para realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de riesgos es su identificación. En este proceso se determinan los factores que constituyen un riesgo para el proyecto y se documentan sus características. Se

cuenta con varias herramientas y técnicas para identificar riesgos, proceso que comienza revisando la documentación y la información reciente e histórica relacionada con la compañía y los supuestos que pueden afectar el proyecto; adicionalmente, se utilizan experiencias de proyectos anteriores con características similares.

Después de reconocer los riesgos potenciales, es posible utilizar diferentes técnicas para identificar los riesgos más significativos. Las cinco técnicas más utilizadas son: la tormenta de ideas, el método Delphi, las entrevistas, el análisis causa-efecto y el análisis FODA (fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas) (Del Carpio Gallegos, 2006).

El siguiente paso en la metodología del PMI es el análisis cualitativo de riesgos, en el cual se clasifican los riesgos asociados al proyecto de acuerdo con la probabilidad de que ocurran y su impacto en el cronograma. El análisis cualitativo es una forma útil y rápida de establecer prioridades a la hora de mitigar los riesgos del proyecto. Según el PMBOK (PMI, 2004), una herramienta que apoya el proceso de análisis cualitativo es la evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos, lo cual puede realizarse utilizando como referencia los datos históricos de otros proyectos con características similares, así como el método de consulta con expertos.

Posteriormente, se realiza el análisis cuantitativo, en el cual, entre otras cosas

y en función de las características del problema, se debe determinar la distribución de probabilidad más apropiada que se ajuste a los datos de la muestra tomada, donde la prueba de bondad del ajuste es una de las herramientas que apoyan este proceso.

3. Modelos y simulaciones

Como herramienta de importante aplicación en el análisis cuantitativo se

utilizan la construcción de modelos y la simulación. Los modelos son abstracciones de la vida real, los cuales pueden reducir los problemas complejos a otros más sencillos y fáciles de manejar; además proporcionan medios para predecir los resultados de una decisión. Se resaltan los modelos matemáticos, que a su vez pueden ser determinísticos y probabilísticos o estocásticos, distinción que la figura 1 ilustra.

1.- MODELO DETERMINISTICO:

Dado un valor de Entrada se obtiene un unico valor de salida cada vez que se corre el modelo.



2.- MODELO ESTOCASTICO:

Dado un valor de Entrada se obtiene una respuesta diferente cada vez que se corre el Modelo.

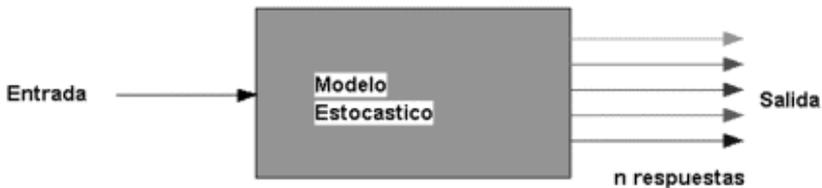


Figura 1. Modelos determinísticos y estocásticos (Sotille Bordallo, 2002)

Por otro lado, la simulación es una técnica numérica que facilita la manipulación de una o más variables asociadas a un problema. Se puede definir simulación como el proceso de construir un modelo lógico-matemático de un sistema o proceso de decisión y experimentar con el modelo para comprender el comportamiento del sistema o ayudar en la toma de decisiones (Evans y Olson, 1998).

3.1 Simulación de Monte Carlo

Según Makridakis (1993), la simulación de Monte Carlo es una técnica matemática que trata de representar los rasgos, características y relaciones de situaciones reales de negocio. Introduce también el factor del azar, experimentando con diversos valores (datos de entrada) y observando su influencia en el resultado. La simulación de Monte Carlo puede usarse para una amplia gama de aplicaciones y es una de las herramientas de planteamiento analítico más difundidas en las empresas. La ventaja de la simulación de Monte Carlo en comparación con otras técnicas analíticas es su simplicidad. Este método, una vez desarrollado, puede aplicarse en casos de rutina para estudiar la variabilidad, la incertidumbre y los riesgos.

El método se caracteriza por:

- Tomar en cuenta de manera simultánea las diferentes distribuciones de probabilidad y los diferentes

rangos de los valores para las variables clave del proyecto.

- Facilitar el mejoramiento del modelo.
- Permitir evaluar información requerida para disminuir la incertidumbre.
- Facilitar la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre.

4. Análisis de riesgo

Para el trabajo de análisis de riesgo en la ejecución del proyecto de creación de un sistema de información para la red Ecocacao, se siguieron las etapas que se exponen a continuación para el estudio sobre el cronograma en condiciones de incertidumbre:

1. *Identificación de riesgos.* Se utilizó como base la información histórica de proyectos con características similares, así como consultas a algunos expertos de la empresa ejecutora del proyecto, Aleriant S. A.
2. *Cuantificación de los riesgos.* En función de las características del problema se cuantificaron los factores de riesgo y se seleccionaron las distribuciones de probabilidad apropiadas para cada una de las variables de incertidumbre, por medio de una prueba de bondad del ajuste, la cual no arrojó resultados contundentes, por lo que fue necesario recurrir nuevamente a la

valoración de expertos de la cual surgió como recomendación el uso de una distribución triangular.

3. *Análisis de riesgo.* Se utilizaron herramientas informáticas, específicamente el *software* @RISK de Palisade, con el fin de aplicar la técnica de simulación de Monte Carlo para evaluar el comportamiento del modelo en el tiempo.
4. *Presentación de los resultados.* Se consolidó la información estadística resultante de la simulación para reflejar el comportamiento del modelo.
5. *Análisis de resultados.* Se evaluaron las salidas del modelo para ayudar en el proceso de toma de decisiones del proyecto.

Se tomaron como insumos el calendario de ejecución del proyecto, muestras de datos que reflejaban la duración de proyectos anteriores con características similares y las fechas establecidas de inicio y fin del proyecto.

Específicamente para la realización del análisis de riesgos sobre el calendario de ejecución por medio de simulación de Montecarlo, se desarrollaron las siguientes etapas:

1. *Desarrollo de un modelo.* Utilizando las herramientas de análisis de riesgo y manejo de cronogramas, se diseñó un modelo sobre el cronograma de ejecución en función del objetivo de estudio.

2. *Identificación de la incertidumbre.* Se especificaron las variables sobre las cuales se presenta el mayor grado de incertidumbre y se determinaron los posibles valores que puede tomar, con su respectiva distribución de probabilidad. Además, se identificaron las variables de salida que serán analizadas.
3. *Identificación y definición variables correlacionadas.* Se definió la interacción existente entre las variables, cuya modificación genera un cambio en la variable correlacionada.
4. *Diseño y ejecución del experimento de simulación.*

5. Desarrollo del análisis

5.1 Identificación y análisis cuantitativo de riesgos

Para las actividades de identificación del riesgo, se tomó como base una lista de control de los riesgos identificados en proyectos de carácter similar, información que se obtuvo de la base de datos de proyectos de Aleriant S. A. Utilizando esta información histórica, se empleó la técnica Delphi para llegar a un consenso entre los participantes en la identificación del riesgo. El resultado fue una lista de riesgos del proyecto agrupados por sus principales causas.

Se adoptó la exposición al riesgo como criterio para clasificar su importancia, debido a que es considerada como la

medida más representativa en el momento de clasificar los riesgos y se determinó que los riesgos que presentarían una exposición superior a 16 horas serían considerados como de Alto Impacto y, por lo tanto, serían los seleccionados para incluirlos en los análisis posteriores, esto de acuerdo con los procedimientos internos de control de cambios de la empresa ejecutora del proyecto de creación del sistema de información para Ecocacao, Aleriant S. A.

5.2 Cuantificación de los riesgos

Para cuantificar la incertidumbre de los riesgos seleccionados, se utilizó la construcción de modelos y simulación sobre las tareas del cronograma como herramienta válida para su análisis. El objetivo es determinar el impacto de cada uno de los riesgos sobre la fecha de terminación de las fases de proyecto, al igual que su fecha final.

La distribución de probabilidad de las variables de duración en cada una de las tareas del cronograma se determinó con una muestra de 987 duraciones de tareas estimadas en proyectos con características similares. En la tabla 1 se observan los estadísticos principales que definen la muestra. Los datos fueron seleccionados de manera aleatoria del conjunto de proyectos desarrollados durante 7 años por Aleriant S. A.

Tabla 1. Estadísticos de la muestra de referencia

Estadístico	Duración
Mínimo	2,00 h
Máxima	120,00 h
Media	22,60 h
Moda	8,00 h
Mediana	16,00 h
Desviación estándar	18,67 h
Varianza	348,03 h ²

Posteriormente, como se expuso, se aplicó una prueba de bondad del ajuste mediante el método chi cuadrado y el valor P. Al observar los resultados en la tabla 2 se comprueba que la distribución triangular obtiene una puntuación más acertada que las otras distribuciones de probabilidad, con un nivel de confiabilidad de 95%. Sin embargo, al mirar el valor P se determina que no existe la suficiente evidencia para afirmar que las variables sigan esta distribución de probabilidad; por esta razón, se utilizan otros criterios, los cuales llevan a establecer que los datos analizados de la variable duración de tareas pueden ser descritos por la distribución triangular. Después, se definen los parámetros de “Valor Optimista en horas”, “Valor más Probable en horas” y “Valor Pesimista en horas” para cada una de las tareas involucradas en el análisis.

Tabla 2. Resultado de la prueba de bondad del ajuste

Estadístico de Prueba	Distribución de Probabilidad						
	Triangular	Exponencial	Gamma	Log normal	Normal	Chi-cuadrado	Uniforme
Valor prueba -Chi-cuadrado	3735	3749	3767	3789	3811	3820	3856
Valor - P	0	0	0	0	0	0	0

5.3 Análisis de sensibilidad y riesgo

Para identificar las variables de entrada que afectan en un mayor grado el modelo, se realizó un análisis de sensibilidad mediante la utilización de los coeficientes de correlación de Spearman. De acuerdo con los resultados obtenidos y expuestos

en la tabla 3, se identifican las variables que afectan en un mayor grado la fecha de terminación del proyecto. También se puede verificar, por los coeficiente de correlación, que sólo dos de las duraciones de las tareas podrían generar una fecha de terminación de proyecto anticipada en todos los casos de la simulación.

Tabla 3. Análisis de sensibilidad para la finalización del proyecto

Análisis de sensibilidad para la fecha de terminación del proyecto		
Nivel	Variable de entrada	Correlación
1	Obtener comentarios de los usuarios/Duración (Dist.24)	0,49
2	Integrar módulos/Duración (Dist.16)	0,438
3	Revisar especificaciones de funcionamiento/Duración (Dist.10)	0,32
4	Probar la integración de los módulos/Duración (Dist.21)	0,25
5	Revisar el código modular/Duración (Dist.17)	0,24
6	Modificar código/Duración (Dist.19)	0,229
7	Desarrollar especificaciones preliminares del software/Duración (Dist.4)	0,211
8	Modificar código/Duración (Dist.22)	0,197
9	Distribuir el software/Duración (Dist.27)	0,186
10	Desarrollar prototipo basado en las especificaciones de funcionamiento/ Duración (Dist.6)	0,183
11	Volver a probar el código modificado/Duración (Dist.23)	0,18
12	Probar si los módulos de los componentes se ajustan a las especificaciones del producto/Duración (Dist.18)	0,152

Análisis de sensibilidad para la fecha de terminación del proyecto		
Nivel	Variable de entrada	Correlación
13	Identificar criterios de diseño modular y de componentes separados/Duración (Dist.11)	0,151
14	Desarrollar especificaciones de funcionamiento/Duración (Dist.5)	0,145
15	DFR002 – Crear ficha de seguimiento social/Duración (Dist.13)	0,131
16	Revisar especificaciones de funcionamiento/Duración (Dist.7)	0,128
17	Afianzar recursos de implantación/Duración (Dist.26)	0,097
18	Volver a probar el código modificado/Duración (Dist.20)	0,095
19	DFR004 – Crear caracterización social zona/Duración (Dist.15)	0,081
20	Obtener aprobación para continuar/Duración (Dist.9)	0,076
21	DFR001 – Crear ficha de seguimiento técnico/Duración (Dist.12)	0,075
22	Desarrollar la metodología de distribución/Duración (Dist.25)	0,07
23	DFR003 – Crear caracterización social familia/Duración (Dist.14)	0,06
24	Realizar análisis de necesidades/Duración (Dist.2)	0,045
25	Borrador de las especificaciones preliminares del software/Duración (Dist.3)	0,009
26	Determinar el ámbito del proyecto/Duración (Dist.1)	-0,011
27	Incorporar comentarios a las especificaciones de funcionamiento/Duración (Dist.8)	-0,003

El siguiente paso es realizar el análisis de riesgo por simulación utilizando para este propósito el método Montecarlo. La simulación se genera dentro de un rango preestablecido por cada variable de duración o fecha de finalización. En este caso se ejecutan 1000 repeticiones

de una simulación, lo que permite obtener una distribución de riesgo y saber qué factores son más críticos para evitar un determinado resultado en el proyecto. En la tabla 4 se ilustra la estructura del modelo resultante.

Tabla 4. Modelo de simulación (cont.)

Tarea	Variable	Distribución de Probabilidad
Determinar el ámbito del proyecto	Duración	TRIANG(2; 4; 6)
Ámbito completado	Fecha Fin	Salida del Modelo
Realizar análisis de necesidades	Duración	TRIANG(24; 40; 54)
Borrador de las especificaciones preliminares del software	Duración	TRIANG(24; 32; 48)
Análisis completado	Fecha Fin	Salida del Modelo
Especificaciones preliminares del software	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Desarrollar especificaciones de funcionamiento	Duración	TRIANG(40; 48; 56)
Desarrollar prototipo basado en las especificaciones de funcionamiento	Duración	TRIANG(16; 32; 48)
Revisar especificaciones de funcionamiento	Duración	TRIANG(16; 24; 32)
Incorporar comentarios a las especificaciones de funcionamiento	Duración	TRIANG(4; 8; 12)
Obtener aprobación para continuar	Duración	TRIANG(4; 8; 12)
Diseño completado	Fecha Fin	Salida del Modelo
Revisar especificaciones de funcionamiento	Duración	TRIANG(54; 80; 104)
Identificar criterios de diseño modular y de componentes separados	Duración	TRIANG(32; 48; 56)
DFR001 – Crear ficha de seguimiento técnico	Duración	TRIANG(8; 16; 24)
DFR002 – Crear ficha de seguimiento social	Duración	TRIANG(8; 16; 24)
DFR003 – Crear caracterización social familia	Duración	TRIANG(8; 16; 24)
DFR004 – Crear caracterización social zona	Duración	TRIANG(8; 16; 24)
Integración de módulos	Duración	TRIANG(80; 120; 160)
Desarrollo completado	Fecha Fin	Salida del Modelo
Revisar el código modular	Duración	TRIANG(64; 80; 72)
Probar si los módulos de los componentes se ajustan a las especificaciones del producto	Duración	TRIANG(64; 80; 72)
Modificar código	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Volver a probar el código modificado	Duración	TRIANG(8; 16; 24)
Probar la integración de los módulos	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Modificar código	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Volver a probar el código modificado	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Pruebas completadas	Fecha Fin	Salida del Modelo
Obtener comentarios de los usuarios	Duración	TRIANG(200; 240; 280)
Fase piloto completada	Fecha Fin	Salida del Modelo
Desarrollar la metodología de distribución	Duración	TRIANG(4; 8; 16)
Añanzar recursos de implantación	Duración	TRIANG(4; 8; 16)
Distribuir el software	Duración	TRIANG(24; 40; 56)
Implantación completada	Fecha Fin	Salida del Modelo
Proyecto finalizado	Fecha Fin	Salida del Modelo

El resultado de la simulación es el rango de valores que puede tomar la fecha de terminación del proyecto (tarea "Proyecto Finalizado"). De acuerdo con los resultados plasmados en la tabla 5, se puede establecer que con respecto a la fecha estimada de terminación de proyecto del 11/2/2009 (d/m/aaaa), ésta puede adelantarse hasta en 21 días acabando el 22/1/2009 o puede llegar a retrasarse hasta 23 días, acabando el 5/3/2009. La fecha media de conclusión del proyecto sería 14/2/2009, la cual representaría

una demora de 3 días más en la fecha estimada de terminación. Se pudo mostrar con un 90% de probabilidad que la fecha de terminación del proyecto estará entre 4/2/2009 y 24/2/2009. Según los resultados, también es posible concluir que solo existe un 35% de probabilidad de acabar el proyecto en la fecha inicialmente establecida del 11/2/2009 y que el proyecto tiene una probabilidad de entregarse en una fecha superior a la inicialmente establecida de hasta 65%, lo cual es muy alto.

Tabla 5. Resultado de la simulación

Nombre de las variables de salida	Valor mínimo	Media	Valor máximo	Fecha(x1) con 5% de probabilidad	Fecha (x2) con 95% probabilidad	x2-x1
Ámbito completado / Fecha Fin	17/1/2008	17/1/2008	17/1/2008	17/1/2008	17/1/2008	0d
Análisis completado / Fecha Fin	25/1/2008	25/1/2008	25/1/2008	25/1/2008	25/1/2008	0d
Diseño completado / Fecha Fin	18/2/2008	23/2/2008	28/2/2008	20/2/2008	26/2/2008	6d
Desarrollo completado / Fecha Fin	19/9/2008	5/10/2008	16/10/2008	29/9/2008	10/10/2008	11d
Pruebas completadas / Fecha Fin	1/12/2008	14/12/2008	29/12/2008	5/12/2008	23/12/2008	18d
Fase piloto completada / Fecha Fin	7/1/2009	28/1/2009	12/2/2009	16/1/2009	6/2/2009	21d
Implantación completada / Fecha Fin	19/1/2009	10/2/2009	2/3/2009	30/1/2009	19/2/2009	20d
Proyecto Finalizado / Fecha Fin	22/1/2009	14/2/2009	5/3/2009	4/2/2009	24/2/2009	20d

Mediante la generación del análisis de los índices de criticidad, es posible determinar en qué porcentaje una tarea se incluye en la ruta crítica durante la ejecución de la simulación. Según los resultados expuestos en la tabla 6, se

observa que todas las tareas de la ruta crítica se mantuvieron dentro de ella y que solo una de las tareas que se encontraba fuera de la ruta crítica ingresó con un porcentaje del 62% de las 1000 iteraciones de la simulación.

Tabla 6. Índices de criticidad

Tarea del cronograma	En la ruta Crítica	Índice de Criticidad
SER016 – Llamar formulario Finagro	No	62%
Aplicación de escritorio	Sí	100%
DFR001 – Crear ficha de seguimiento técnico	Sí	100%
DFR002 – Crear ficha de seguimiento social	Sí	100%
DFR003 – Crear caracterización social familia	Sí	100%
DFR004 – Crear caracterización social zona	Sí	100%
Seguridad	Sí	100%
DSE001 – “Logueo” aplicación de escritorio	Sí	100%
Integración de módulos	Sí	100%
Desarrollo completado	Sí	100%
Pruebas de unidades	Sí	100%
Revisar el código modular	Sí	100%
Probar si los módulos de los componentes se ajustan a las especificaciones del producto	Sí	100%
Identificar anomalías y anotarlas en las especificaciones del producto	Sí	100%
Modificar código	Sí	100%
Volver a probar el código modificado	Sí	100%
Pruebas de unidades completadas	Sí	100%
Pruebas de integración	Sí	100%
Probar la integración de los módulos	Sí	100%
Identificar anomalías y anotarlas en las especificaciones	Sí	100%
Modificar código	Sí	100%
Volver a probar el código modificado	Sí	100%
Pruebas de integración completadas	Sí	100%
Fase piloto	Sí	100%
Instalar y distribuir el software	Sí	100%
Obtener comentarios de los usuarios	Sí	100%

Tarea del cronograma	En la ruta Crítica	Índice de Criticidad
Evaluar la información de las pruebas	Sí	100%
Fase piloto completada	Sí	100%
Implantación	Sí	100%
Determinar la estrategia final de distribución	Sí	100%
Desarrollar la metodología de distribución	Sí	100%
Añanzar recursos de implantación	Sí	100%
Dar cursos al personal de soporte	Sí	100%
Distribuir el software	Sí	100%
Implantación completada	Sí	100%
Revisión posterior a la implantación	Sí	100%
Documentar la experiencia adquirida	Sí	100%
Distribuir los integrantes del equipo	Sí	100%
Crear equipo de mantenimiento del software	Sí	100%
Revisión posterior a la implantación completada	Sí	100%
Proyecto finalizado	Sí	100%

6. Conclusiones

- Las fuentes de información y los métodos para su recolección deben ser analizados a fondo, debido a que para tareas similares en proyectos del mismo tiempo se presentan una gran dispersión y variación en los datos de la muestra. Esto genera que la muestra seleccionada no sea útil al momento de caracterizar las tareas de un proyecto en un análisis como el realizado.
- Las fases iniciales del proyecto reflejan mayores variaciones en sus fechas de terminación, sin embargo, las fases de proyecto más cercanas al final muestran mayor va-

riación causada por los diferentes factores de riesgo del proyecto. Es importante, entonces, resaltar que los riesgos identificados acumulan su impacto en las fases finales del proyecto, generando diferencias entre las fechas de terminación de las fases de incluso 21 días, con una probabilidad del 90%.

- Las tareas del proyecto que más impactan en las fechas de terminación de cada fase del proyecto, según el análisis de sensibilidad, son aquellas en las que participan los miembros del proyecto vinculados al cliente final (Ecocacao). Este conjunto de tareas se pueden clasificar como aquellas que requieren comunicación y trabajo conjunto

entre el equipo de ejecución del proyecto y el equipo designado por el cliente para apoyar la ejecución.

- Según los resultados obtenidos en el análisis de simulación, se puede observar que, si no se implementan políticas para la evaluación y gestión del riesgo del proyecto, la fecha de finalización tiene una probabilidad de llegar a ser superior a la esperada hasta en un 65% y sólo en un 35%, de ser igual o menor. Esta información es de suma importancia en el momento de tomar decisiones al comienzo de la ejecución del proyecto y durante ella.
- Teniendo en cuenta que el costo del proyecto es de 159.040.000 pesos y que el costo estimado diario es de \$563.971, al tener un incremento de 9 días en la fecha de finalización representaría un sobre costo de \$5.075.739 con una probabilidad del 95%. Este valor debe ser tenido en cuenta en los análisis financieros del proyecto.
- Es importante resaltar que las tareas que inicialmente pertenecían a la ruta crítica siguieron dentro de ella durante todas las iteraciones de la simulación. Esto indica que los esfuerzos para mitigar el riesgo deben ser enfocados en

mayor medida a este conjunto de actividades.

- Al implementar las medidas necesarias de evaluación y gestión del riesgo sobre las tareas de la ruta crítica se podrá eliminar en gran parte la incertidumbre en la fecha de terminación del proyecto.

7. Recomendaciones

- Según los resultados obtenidos, se considera adecuado “ampliar” el campo de aplicación del estudio a otro tipo de variables del cronograma, como el costo real y el trabajo efectivo durante la ejecución, con el fin realizar análisis más amplios.
- Con el objeto de cumplir las obligaciones contraídas entre las partes para la ejecución del proyecto, se debe realizar una evaluación constante durante cada una de las fases y determinar el efecto de las decisiones tomadas en la mitigación de los riesgos identificados.
- Para alcanzar los objetivos del proyecto es fundamental realizar la evaluación y el seguimiento exhaustivo durante la ejecución de las tareas del cronograma que pertenecen a la ruta crítica, para así mitigar los efectos negativos generados por los riesgos del proyecto.

Bibliografía

- DEL CARPIO GALLEGOS, Daniel. Análisis del riesgo en la administración de proyectos de tecnología de información. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2006. 4 p.
- EVANS James y Olson David. Introduction to simulation and risk analysis. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998. 392 p.
- MAKRIDAKIS, Spyros. Pronósticos: estrategia y planificación para el siglo XXI. Madrid: Díaz de Santos, 1993. 336 p.
- PMI. Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Filadelfia: Instituto de Gerencia de Proyectos, 2004. 409 p.
- SOTTILE BORDALLO, Antonio. Decisiones bajo condiciones de incertidumbre, análisis de riesgo y simulación de Monte Carlo. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), 2002. 22 p