

14. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS: UN ENFOQUE DESDE LA PROGRAMACIÓN PERT_CPM¹⁵⁵

Freddy Lenin Villarreal Satama¹⁵⁶

RESUMEN

El propósito de este artículo es evaluar, con base en la programación de proyectos, cómo los responsables de proyectos planean, programan, ejecutan y evalúan esta compleja labor y sortean situaciones críticas, propias de factores externos, por lo que es importante suministrar un fundamento adecuado para llevar a cabo las diferentes fases en la administración y la gerencia de proyectos; no obstante, para efectos de este estudio, se expone el servicio que brinda las empresas de desarrollo tecnológico. Es importante tener en cuenta varios objetivos, como no exceder el presupuesto asignado, generar economía de recursos y, al mismo tiempo, llevar el control financiero para cumplir los requerimientos de usuarios. La metodología utilizada se basa en el PERT- CPM, que produce una revisión de las definiciones fundamentales de proyectos con la propuesta de una estructura de trabajo y actividades estándar en el análisis, documentación, realización y control de este proceso; con la asignación de tiempos se determina la ruta crítica. El resultado obtenido permite elaborar el diagrama Gantt y obtener las probabilidades de poder alcanzar lo planificado, a partir de lo cual se concluye que la distribución del tiempo de duración sigue una curva probabilística normal para la implementación.

¹⁵⁵ Derivado del proyecto de investigación: Proyectos tecnológicos para la estrategia y eficiencia empresarial

¹⁵⁶ Ingeniero en Procesos, Escuela Politécnica Nacional, MBA, Escuela Politécnica Nacional, Director de Investigación, Universidad Hemisferios, correo electrónico: leninv@uhemisferios.edu.ec



ABSTRACT

The purpose of this article is to evaluate, based on project programming, how project managers plan, program, execute and evaluate this complex work going through critical situations, typical of external factors, so it is important to provide an adequate basis for carry out the different phases in the administration and management of projects, however, for the purposes of this study, the service provided by technological development companies is exposed. It is important to take into account several objectives, such as not exceeding the assigned budget, generating resource savings, taking financial control to meet user requirements. The methodology used is based on the PERT-CPM, generating a review of the fundamental definitions of projects with the proposal of a work structure and standard activities in the analysis, documentation, execution and control of this process. With the allocation of times the critical path is determined. The result obtained allows to elaborate the Gantt diagram and obtain the probabilities of being able to achieve what was planned, with which it is concluded that the distribution of the duration time follows a normal probabilistic curve for the implementation.

PALABRAS CLAVE: Proyectos, Ruta crítica, PERT-CPM.

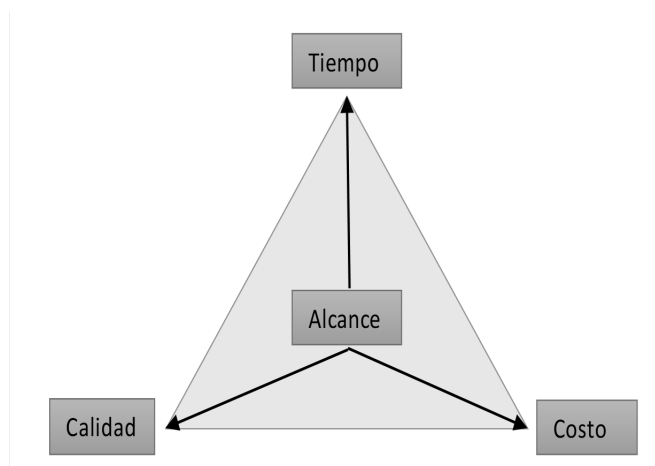
Keywords: Projects, Critical Path, PERT-CPM

INTRODUCCIÓN

A partir de la segunda mitad del siglo pasado surgió el interés por generar desarrollos tecnológicos en administración de proyectos, pues la tecnología de aquellos años se quedaba insuficiente para el manejo de proyectos complejos y costosos con tiempos excesivos de cumplimiento. Actualmente, el trabajo operativo y el trabajo del proyecto consumen una cantidad muy elevada de recursos, de modo que el proceso total mezcla actividades ajenas sin valor agregado al desarrollo del proyecto y, por ello, se han desarrollado técnicas, herramientas y procedimientos en constante evolución y mejora continua (Arboleda, 2013).

El enfoque de PERT- CPM, como técnica de revisión y evaluación de programas, puede ser útil para investigación y desarrollo de nuevos productos. En el caso del producto software, este es similar, puesto que puede presentarse desarrollos novedosos que minimicen tiempos de respuesta tanto para el usuario como para el cliente, con el uso de mecanismos de proyectos ágiles. Uno de los mecanismos que ha logrado acaparar la atención en el ambiente de desarrollo de sistemas son las metodologías ágiles como SCRUM, cuya única diferencia está en la temporalidad de desarrollo, es decir que se inicia con el análisis de requerimiento, sigue la viabilidad técnica y financiera, se definen las actividades, la fase de desarrollo, la integración, las pruebas del producto y, finalmente, el cierre del proyecto.

Figura 1. Metas del proyecto



Nota. Tomado de *Proyectos, identificación, formulación, evaluación y gerencia*, por G. Arboleda, 2013, Alfaomega.

El enfoque PMI (Project Management Institute / Instituto de Gerencia de Proyectos).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI

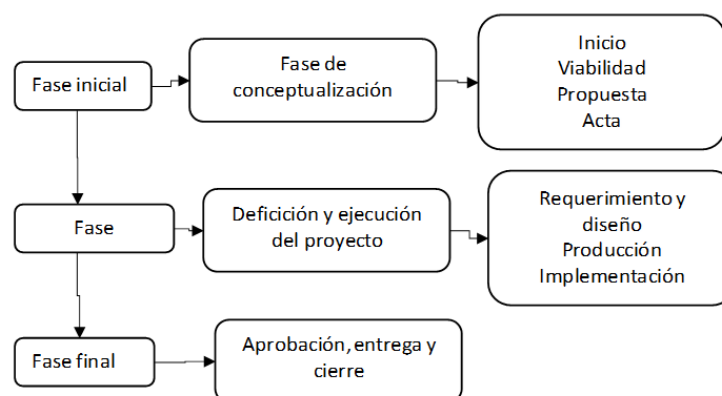
Es la institución que se encarga, frecuentemente, del trabajo de buscar las mejores prácticas en la gerencia de proyectos en su documento final PMBOOK, en la que engloba ciertos procesos. También destacan otras asociaciones de proyectos como IPMA (International Project Management de Suiza); APM de la Gran Bretaña, que ha desarrollado su propio PMBOOK. El proyecto, en su etapa inicial y sus fases, recomienda su revisión en cuanto a sus requerimientos, donde, si su resultado es satisfactorio, pasa a la etapa de viabilidad; de lo contrario, es probable el cierre y archivo del proyecto. Si el proyecto es viable en sus aspectos técnicos y económicos pasa a una fase intermedia de análisis para su desarrollo (Arboleda, 2013).

FASES DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO


Con respecto a las fases del proyecto, Arboleda (2013) manifestó lo que se expone a continuación:

El ciclo de vida de un proyecto define las fases que van desde la iniciación hasta su terminación. En general se habla de tres etapas: inicial, intermedia y final. Lo ideal es caracterizar cada etapa de una fase con la finalización o aceptación de productos entregables parciales, lo que implica generar documentación de respaldo que especifique la viabilidad, preparación de la propuesta, requerimientos del usuario y del sistema (Hardware y Software, Base de datos). (p. 453)

Figura 2. Modelo de secuencias de fases típicas de un ciclo de vida de proyecto



Nota. Tomado de *Proyectos, identificación, formulación, evaluación y gerencia*, por G. Arboleda, 2013, Alfaomega.




Por lo tanto, un proyecto tecnológico, cuya base es la planificación de un macroproceso, es la suma de actividades que se sustentan de manera ordenada y que tienen un orden lógico en el desarrollo de un producto intangible. Cabe recalcar que es importante realizar el proceso de caracterización y diagramación del proyecto como arquitectura y diseño del requerimiento, actividad que ha sido muchas veces olvidada, que genera continuos desaciertos en el producto final y que, en muchos casos, se evidencia en la no aceptación del sistema por parte del usuario final, dado que no se contemplan muchos escenarios importantes que pueden ser la clave del negocio.

Como puede verse en la Figura 2, el proyecto tecnológico involucra la aplicación de habilidades y conocimiento técnico en la solución, ya sea para un desarrollo innovador o una modificación que mejore los tiempos de respuesta de una necesidad latente, la cual se manifiesta en propuestas de la gestión del trabajo, en el que no puede dejar de lado el control óptimo del ciclo de vida y el costo presupuestado (Pérez y Merino, 2022).

De acuerdo con lo expresado anteriormente, la ejecución de un proyecto implica una tarea sistemática y organizada en la que es primordial considerar el debido análisis de los posibles obstáculos, a fin de superarlos y cumplir los objetivos planteados, pues todos los proyectos tienen riesgos y eventualidades con las que se debe maniobrar, si no, no serían proyectos. El análisis de riesgos permite identificar, analizar y cuantificar los riesgos propios de un proyecto y anticipa mecanismos de corrección de los potenciales efectos negativos, asociados a estos (Domingo, 2000). Adicionalmente, en razón de que la presente investigación se relaciona con la ayuda de esta herramienta PERT-CTM se podrá intervenir de manera oportuna ante posibles cuellos de botella que están directamente relacionados con los riesgos identificados.

TRABAJOS PREVIOS


En primer lugar, para Arboleda (2013), la gerencia de proyectos es la aplicación de técnicas, herramientas y procedimientos en la planificación, la dirección, la coordinación y el control de metas preestablecidas de alcance, costo, tiempo y calidad del proyecto en cuestión. En la práctica involucra más aspectos como la integración del proyecto, los recursos humanos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y los interesados de este.



En el enfoque clásico de la gestión de proyectos, a partir de lo descrito por Chmielars y Zborowski (2018), se entiende como proyecto aquello realizado para crear un producto o servicio específico, definido cuantitativa y cualitativamente, con el uso de los recursos humanos, físicos y de capacidad asignados, recursos limitados en el tiempo con la fecha de inicio y finalización definida, que están vinculados por etapas particulares de implementación.

Igualmente, es importante resaltar el trabajo de Chmielars y Zborowski (2018), quienes, desde septiembre de 2016 hasta febrero de 2017, realizaron una encuesta de opinión sobre la posibilidad de utilizar técnicas de gestión de proyectos y procesos en la implementación de empresas informáticas, en la que involucraron a 146 encuestados (89 participantes de la encuesta completaron el cuestionario correctamente, lo que constituye el 61 % de la tasa de respuesta). La investigación tomó en cuenta a estudiantes de estudios de posgrado en gestión de proyectos, proyectos de TI gestión, gestión de TI en la educación superior, etc., (TI: Tecnologías de Información). El objetivo de este trabajo fue conocer la importancia de la gestión de procesos para las organizaciones y sus sistemas de TI, así como la importancia de la gestión de proyectos para las organizaciones y sus sistemas informáticos. De ese modo, el resultado más importante de la informatización fue el soporte de todos los procesos de información en toda la empresa (25 %); mientras tanto, el papel menos significativo (22 %) desempeñado por la informatización se atribuyó a los nuevos desarrollos oportunidades de participación en la actividad de la empresa.

La actividad o su entorno empresarial y lo relacionado con el soporte operativo para los procesos de información alcanzaron un nivel similar del 21 %. El factor menos significativo en esta distribución de respuestas, más bien uniforme, fue la percepción de la informatización como una importante iniciativa estratégica promovida por el equipo de gestión de proyectos, y se le atribuyó menos importancia (13,23 %) a las buenas prácticas de gestión de proyectos, con la utilización del conocimiento práctico o empírico, lo que, a su vez, se asocia con una popularidad cada vez mayor de los sistemas de Business Intelligence. Finalmente, debido a la minimización del riesgo, las acciones no estandarizadas en los proyectos no se valoraron altamente (Chmielars y Zborowski, 2018).




Por otra parte, en el trabajo realizado por Radujković y Sjecavica (2017), este autor formularon la siguiente pregunta: ¿Cómo medir si la gestión de proyectos tiene éxito? Con respecto a ello, el éxito de la gestión del proyecto puede evaluarse no solo a través de criterios de tiempo, costo, calidad, alcance, recursos y actividad, sino también de cuestiones como las competencias que debe tener el jefe de proyecto, la aplicación de los conocimientos y las habilidades de gestión de proyectos del director de proyectos, la cultura organizacional, la estructura organizativa, las herramientas y normas de gestión de proyectos.

Asimismo, San Cristóbal (2017), en su investigación, concluyó que cuando los problemas fundamentalmente dinámicos se tratan de forma estática, los retrasos y los sobrecostos son comunes. La experiencia sugiere que las interrelaciones entre los componentes del proyecto son más complejas, como lo establecen las técnicas tradicionales. Por lo tanto, los enfoques tradicionales que hacen uso de un enfoque estático, posiblemente, proporcionan a los administradores de proyectos estimaciones poco realistas, las cuales pueden ignorar múltiples procesos de retroalimentación y relaciones no lineales de un proyecto, tomando en cuenta los nuevos desafíos que enfrenta hoy en día el entorno dinámico de proyectos.

Es de señalar que el PERT/CPM son dos técnicas de análisis cuantitativo que ayudan a los responsables de proyectos a planear, programar, supervisar y controlar proyectos de cualquier índole: pequeños, grandes o complejos. PERT es una técnica probabilística y CPM un método determinístico, dado que se supone que conoce con certidumbre los tiempos. Estas dos técnicas se complementan para hacer una herramienta combinada de trabajo (Render et al., 2012).

La administración de proyectos, generalmente, se lleva con herramientas informáticas disponibles para el soporte de la gestión de proyectos, que ofrecen una gama insuficiente de métodos compatibles, como lo manifestaron Kostalova et al. (2015). Estas herramientas solo se pueden utilizar para proyectos simples con presupuestos pequeños, períodos de implementación cortos o procesos de implementación sin complicaciones; en el caso de proyectos más complejos y extensos, es necesario hacer uso de aplicaciones de software más sofisticadas, como MS Project o Primavera. Sin embargo, sus desventajas incluyen altas



demandas financieras, demandas de amplio conocimiento de los directores de proyecto y del equipo de proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

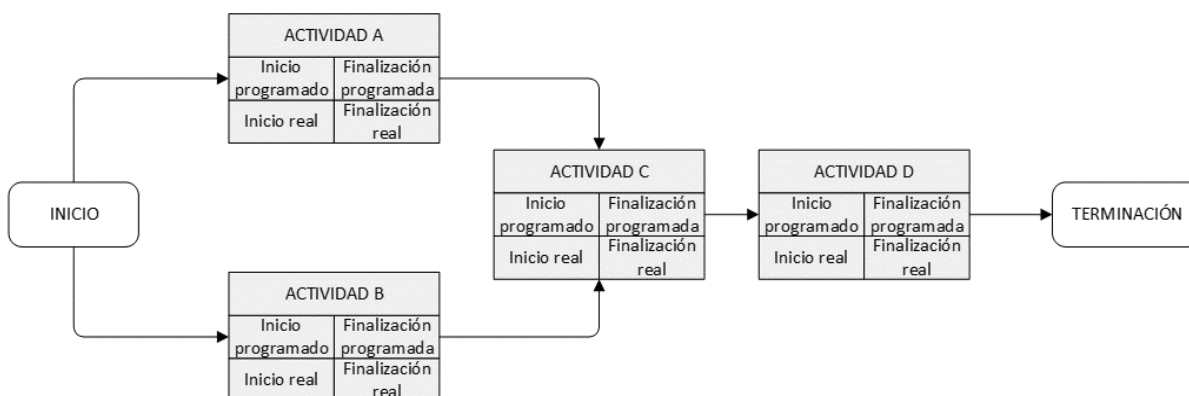
Esta propuesta está compuesta por el diagrama de red, con la actividad en el nodo PERT_CPM. Las interrogantes que inmediatamente se presentan son las de analizar el tiempo que se requiere para completar el proyecto, tomando en cuenta las fechas de inicio y fin de las actividades, identificando las actividades críticas y los tiempos de holgura para las actividades no críticas (Anderson et al., 2011). A partir de ello, se lleva a cabo la programación de actividades de un proyecto con tiempos conocidos que, en primera instancia, aplica el PERT/CPM, con la elaboración de una lista de actividades con su respectiva referencia, la cual puede ser asignada por letras.

A medida que se registran las actividades se deben incorporar las actividades predecesoras inmediatas y su tiempo de duración. Ello puede ser descrito en una matriz que indique el número de días de la terminación del proyecto; no obstante, esta totalidad no es el tiempo de duración del proyecto, puesto que hay actividades que se realizan en paralelo y su programación se registra en el mismo tiempo. De lo anterior se desprende la construcción de la gráfica del proyecto, cuyas actividades son los nodos y las relaciones de precedencia, las cuales están identificadas por flechas llamadas arcos, a fin de tener un panorama del proyecto para realizar los cálculos PERT/CPM.

En concordancia con Anderson et al. (2011), es una secuencia de nodos conectados que conduce del nodo de inicio hacia el nodo de terminación, conectado a una actividad que, según Render et al. (2012), involucra un trabajo por las tareas, en el que pueden existir varios niveles de detalle y cada actividad debe desglosarse en sus componentes básicos. Para cada actividad se identifica los recursos requeridos y predecesoras, lo que lleva a identificar el Diagrama Gantt. El PERT/Costo, como técnica de proyectos, permite al tomador de decisiones planear, programar, supervisar y controlar el costo de un proyecto, al igual que el tiempo (Render et al., 2012) y que van asociados a los tiempos de holgura que puede demorar una actividad, sin retrasar al proyecto. La holgura es igual al tiempo de inicio más lejano, menos el tiempo de inicio más lejano (Render et al., 2012).

Ahora bien, el tiempo de inicio más temprano viene dado por la agilidad que una actividad puede iniciarse (Anderson et al., 2011); al contrario del tiempo de inicio más tardío, donde una actividad puede iniciarse sin que se incremente el tiempo de culminación del proyecto y el tiempo de terminación más temprano en el que una actividad puede ser.

Figura 3. Representación gráfica de la red de proyectos

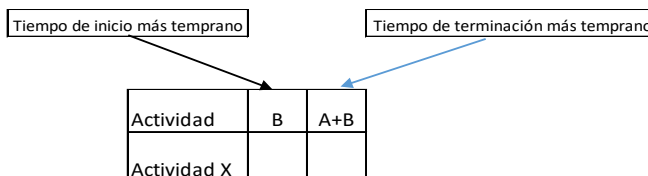


Nota. Tomado de *Métodos Cuantitativos para los Negocios*, por D. R. Anderson et al., 2011, Cengage.

DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA

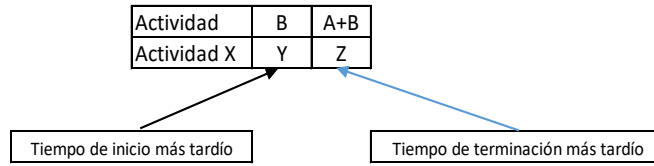
Muestra el tiempo de inicio más temprano y tiempo de inicio más tardío:

$$EF = ES + t \quad (\text{Ecuación 1.1})$$



Cabe señalar que es la técnica llamada paso hacia adelante, que determina la ruta crítica con la realización de un paso hacia atrás, por medio de la red, iniciando con el tiempo de terminación más tardío.

$$LS = LF - t \quad (\text{Ecuación 1.2})$$



Luego de aplicar las ecuaciones 1.1 y 1.2, para determinar la cantidad de tiempo de holgura asociada a cada actividad, sin incrementar el tiempo de proyecto, y esta se calcula así: $H = LF - EF$ (Ecuación 1.3)

PROGRAMACIÓN DE UN PROYECTO CON TIEMPO DE ACTIVIDAD INCIERTO

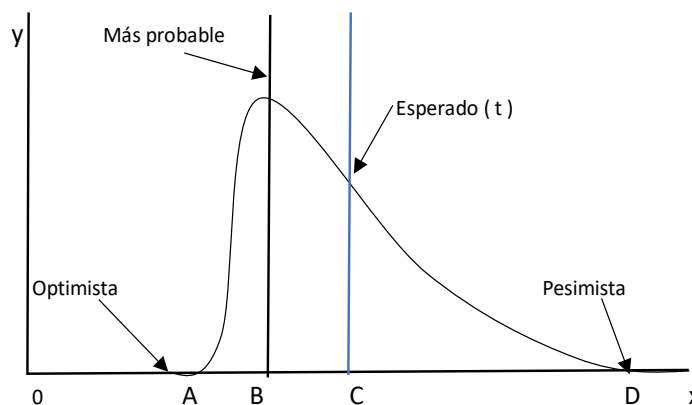
En estos casos, los tiempos de actividad inciertos se tratan como variables aleatorias con distribuciones de probabilidad asociadas; en este caso, deben obtenerse tres estimaciones de tiempos para cada actividad (Anderson et al., 2011). El tiempo promedio o tiempo esperado (t) es:

$$t = \frac{a+4m+b}{6} \quad \text{(Ecuación 1.4)}$$

Con los tiempos de actividad inciertos, se utiliza la varianza para describir la dispersión de los valores del tiempo de la actividad, dado de la siguiente forma:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad \text{(Ecuación 1.5)}$$

Figura 4. Distribución de tiempo de actividad



Nota. Tomado de *Métodos Cuantitativos para los Negocios*, por D. R. Anderson et al., 2011, Cengage.

En relación con ello, Anderson et al. (2011) relacionaron las actividades críticas, pues tienen la capacidad de generar variabilidad en la terminación del proyecto, como consecuencia de los tiempos de holgura asociados; empero, si una actividad no crítica tarda lo suficiente, se vuelve parte de una nueva ruta crítica, afecta el tiempo de terminación del proyecto y de determinación de la varianza:

$$E(T) = t_A + t_B + t_C + \dots t_n \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

Donde T es el tiempo total requerido para terminar el proyecto, E(T) es el valor esperado de T y t = Tiempo de la actividad. La varianza del tiempo de terminación del proyecto es la suma de las varianzas:

$$\sigma^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2 + \dots \sigma_n^2 \quad (\text{Ecuación 1.7})$$

Suponiendo que σ^2 es independiente para calcular la desviación estándar, siguiendo una distribución normal:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (\text{Ecuación 1.8})$$

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (\text{Ecuación 1.9})$$

Los proyectos, en algún momento, requieren de una terminación temprana, de incrementar los recursos de “Compresión”, con el uso de las siguientes ecuaciones:

τ = tiempo esperado de la actividad i.

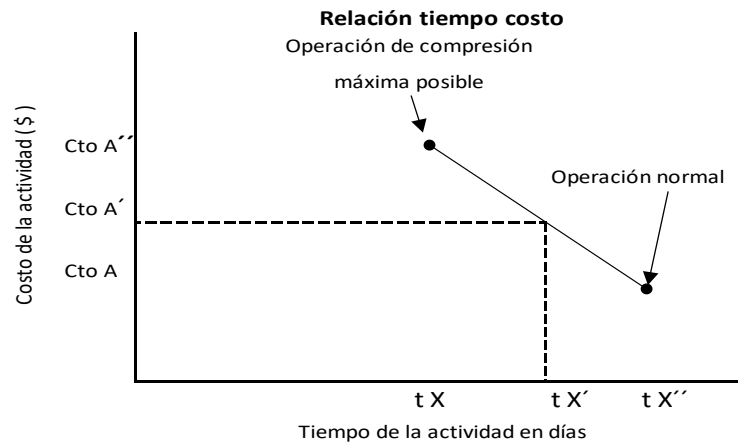
τ^i = tiempo de la actividad i con abatieminto máximo.

M_i = reducción máxima posible del tiempo de la actividad i debido a la compresión.

$$M_i = \tau_i - \tau'_i \quad (\text{Ecuación 1.10})$$

Si C_i es el costo de la actividad i en el tiempo normal, el costo de compresión K_i de cada actividad es: $K_i = \frac{C'_i - C_i}{M_i}$ (Ecuación 1.11)

Figura 5. Relación tiempo costo de la actividad



Nota. Tomado de *Métodos Cuantitativos para los Negocios*, por D. R. Anderson et al., 2011, Cengage.

RESULTADOS

Tabla 1. Datos de actividades del proyecto

Actividades para el desarrollo de productos			
Actividades	Tiempo	Predecesoras	
Inicio	medio/días		
1 A Envío de requerimiento (por parte del usuario-cliente)	1		
2 B Iniciar registro documento de preproyecto	1	A	
3 C Analizar requerimiento	2	A	
4 D Verificar si existe total o parcialmente	2	C	

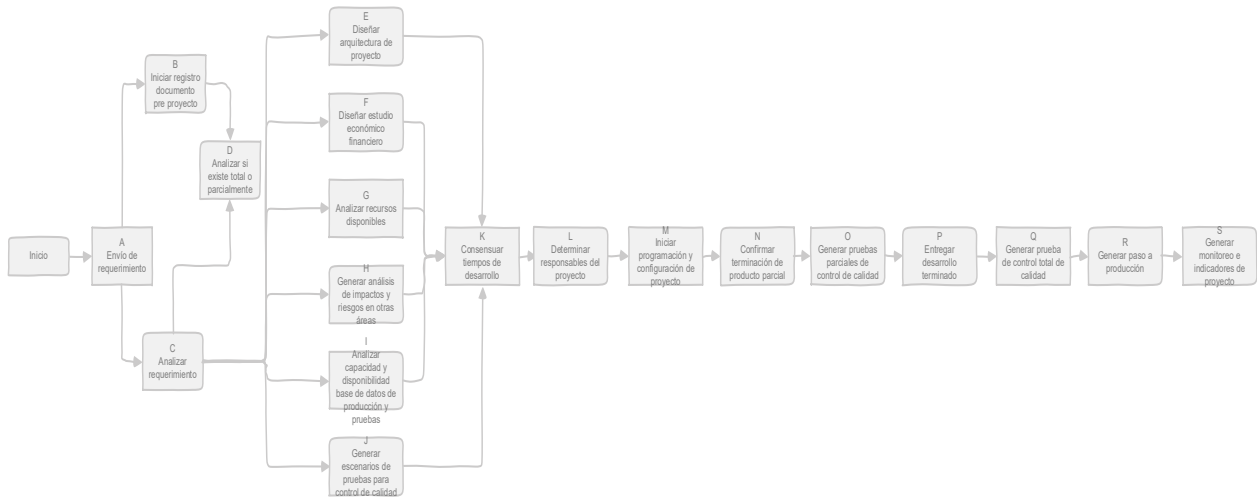
5	E	Diseñar arquitectura del proyecto	4	A-C
6	F	Generar estudio económico-financiero	3	C
7	G	Analizar recursos disponibles	0,5	C
8	H	Generar análisis de impactos y riesgos en otras áreas	2	C
9	I	Analizar capacidad y disponibilidad base de datos de ambiente de producción y pruebas	0,5	C
10	J	Generar escenarios de pruebas para control de calidad	3	C
11	K	Conservar tiempos de desarrollo	1	E-F-G-H-I-J
12	L	Determinar responsables de proyectos (configuración, control de calidad, líder de proyectos)	0,3	K
13	M	Iniciar programación y configuración de producto	15	L
14	N	Confirmar terminación productos parciales	1	M
15	O	Generar pruebas parciales de control de calidad	4	N
16	P	Entregar desarrollo terminado	5	O
17	Q	Generar prueba de control de calidad total	3	P
18	R	Generar paso a producción de proyecto	2	Q
19	S	Generar monitoreo e indicadores de proyecto	7	R
Terminación			57,3	

Nota. Tomado de media de tiempos en actividades de desarrollo de empresas de desarrollo de software

Es preciso anotar que el proyecto de desarrollo de un producto informático tiene una duración total de 57,3 días, de acuerdo con las actividades programadas; luego, como se evidencia en la Figura 6, existen actividades que se realizan en tiempos paralelos del nodo E,

F, G, H, I y J. A continuación, se muestran los tiempos en horas de la red de actividades del proyecto.

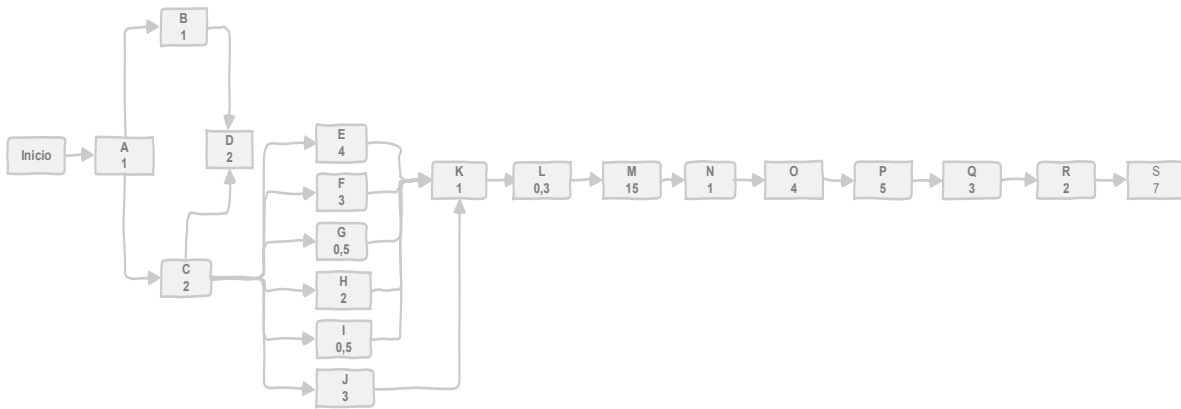
Figura 6. Red del proyecto



Nota. Elaboración propia, Tabla 1.

En la Figura 6 se observa la red del proyecto software extraída de las actividades de la Tabla 1. Inicia con el envío del requerimiento en la actividad A; posteriormente, en paralelo, se documenta y analiza el proyecto, con la verificación de la factibilidad, y, de ser así, se da paso al diseño, la arquitectura y la capacidad del software que soportará el desarrollo. La disponibilidad de recursos debe ser programado determinando los responsables en función de los requerimientos y necesidades del usuario. Una vez terminado el desarrollo, se establece el banco de pruebas basado en escenarios reales y carga de la base de datos. Si las pruebas de control de calidad son satisfactorias se envía al ambiente de producción para posterior operación.

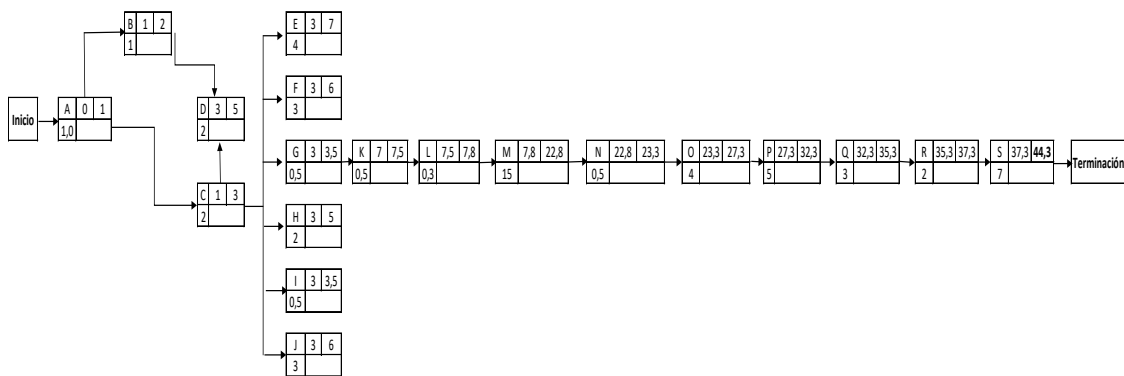
Figura 7. Red del proyecto con tiempos



Nota. Elaboración propia, Tabla 1.

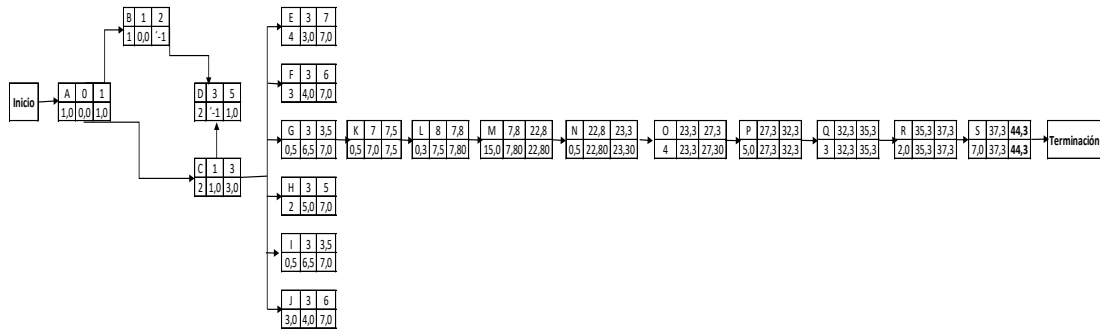
La Figura 7 representa la red del proyecto para las actividades de desarrollo mencionados en la Figura 6 y la Tabla 1 de datos. Así pues, se establece la red mediante la nomenclatura en letras que representan a cada una de las actividades, la actividad A representa al envío del requerimiento y uno es el tiempo en días que tarda la actividad, B representa al inicio documental del requerimiento del usuario con un tiempo de duración de un día de la actividad y, en sucesivo, S es el tiempo de duración de siete días, que facilita al gerente de proyecto tener una visión amplia del proyecto con los tiempos de respuesta, para una toma de decisiones adecuadas.

Figura 8. Red del proyecto con tiempos de inicio y terminación más tempranos



Nota. Elaboración propia, Tabla 1

Figura 9. Red del proyecto con tiempos de inicio y terminación más tempranos



Nota. Elaboración propia, Tabla 1.

Como se puede apreciar en las Figuras 8 y 9, también como complemento en la Tabla 2, la aplicación del cálculo del Pert CPM global se da en consonancia con los datos proporcionados para el desarrollo del requerimiento de software específico. Las actividades, el tiempo de la actividad, las actividades predecesoras son llevadas a cabo con la técnica del tiempo de inicio más temprano, tiempos de inicio más tardía, tiempos de terminación más temprana y tiempo de terminación más tardías, de acuerdo con la metodología propuesta.

El proceso toma en cuenta las holguras del desarrollo para llegar a la actividad 27, que corresponde a la actividad S, con un tiempo de inicio más tardío y tiempo más temprano de 37,3, que en este caso deben coincidir para asegurar que el cálculo se encuentra realizado de manera correcta; de igual forma, en los tiempos de terminación más temprana y más tardía en la actividad 27 tienen un tiempo de respuesta global del proyecto de 44,3 días que, en contraste, la propuesta presentada al inicio tenía un tiempo de terminación de 57,3 días, lo cual representa un ahorro en tiempo para la empresa. En términos de costo, es apropiado indicar que optimiza el proceso a partir de la asignación gradual y correcta de la técnica Pert-CPM.

Tabla 2. Datos para el producto software del proyect

Actividades para el desarrollo de producto software									
N° .	Actividad	Tiempo de actividad	Predecesora	Inicio más temprano	Inicio más tardío	Terminación más temprana	Terminación más tardía	Holgura	Ruta crítica
				ES	LS	EF	LF	(LS-ES)	
1	A	1		0	0	1	1	0	SÍ
2	B	1	A	1	0	2	-1	-1	NO
3	C	2	A	1	1	3	3	0	SÍ
4	D	2	C	3	-1	5	1	-4	NO
5	E	4	A-C	3	3	7	7	0	SÍ
6	F	3	C	3	4	6	7	1	NO
7	G	0,5	C	3	6,5	3,5	7	3,5	NO
8	H	2	C	3	5	5	7	2	NO
9	I	0,5	C	3	6,5	3,5	7	3,5	NO
10	J	3	C	3	4	6	7	1	NO
12	K	1	E-F-G-H-I-J	7	7	7,5	7,5	0	SÍ
15	L	0,3	K	7,5	7,5	7,8	7,8	0	SÍ
17	M	15	L	7,8	7,8	22,8	22,8	0	SÍ
18	N	1	M	22,8	22,8	23,3	23,3	0	SÍ
19	O	4	N	23,3	23,3	27,3	27,3	0	SÍ
21	P	5	O	27,3	27,3	32,3	32,3	0	SÍ
22	Q	3	P	32,3	32,3	35,3	35,3	0	SÍ
26	R	2	Q	35,3	35,3	37,3	37,3	0	SÍ
27	S	7	R	37,3	37,3	44,3	44,3	0	SÍ


Nota. Elaboración propia, Tabla 1, Medición de tiempos de respuesta del proyecto.

CONCLUSIONES

Los proyectos de sistemas y, en especial, de desarrollo de software involucran una serie de recursos que son administrados por el líder o el gerente de proyectos. Tales recursos, que deben ser gestionados, van desde el talento humano, las inversiones tecnológicas, la asignación de tiempos a las actividades del ciclo del proyecto, las capacidades de las bases de datos, el software y hardware e involucra conocer la técnica para saber administrar, de manera eficiente, los riesgos sistémicos del proceso. Dentro de esta gestión, con seguridad, habrá elementos externos, como son los cambios de precios, la oferta de los competidores y sustitutos, la mano de obra barata, que no necesariamente está asociada a la calidad del desarrollo del producto y, por el contrario, puede significar altos costos en capacitación, lo que impacta en la ralentización de la curva de aprendizaje de los ingenieros de desarrollo.


Resulta necesario mencionar que las metodologías ágiles de proyectos, como Scrum, constituyen una herramienta de gran ayuda de uso de las TIC, puesto que permiten conocer el estado actual, en función en la caracterización del proyecto y, de esta forma, reducir los tiempos de respuesta del desarrollo, enmarcado en una evaluación periódica de las fases de cumplimiento de las actividades planificadas en la parte inicial. El compromiso de los recursos humanos es fundamental, puesto que la aplicación de la metodología Pert-CPM que, complementado con las metodologías ágiles de proyectos, proporcionan un estado de conocimiento tal que genere ventajas competitivas de las empresas que se encuentran en el mercado de desarrollo de software. La economía del conocimiento crea valor en la explotación adecuada del rendimiento de los recursos, debido a que posibilita la identificación de oportunidades de mejoramiento de los procesos internos del negocio y facilita los servicios de los clientes, al establecer menores puntos del contacto.

Un proyecto tecnológico determina la identificación en un problema latente que debe ser solventado de manera metodológica y científica, para satisfacer la demanda para el mejoramiento de los servicios, y permite a las empresas interactuar con un sistema efectivo, que sea capaz de mantener el nivel de servicio con información oportuna. Conocer un método previo a la generación de la arquitectura y desarrollo, de modo que es clave para tener una idea robusta de qué es lo que se necesita y cómo se puede llevar adelante el requerimiento de forma ordenada y prevenir riesgos, además de la oportunidad, el diseño, la



organización, la ejecución y la evaluación. La gestión de calidad en la gestión de proyectos tecnológicos va de la mano con el cumplimiento de requisitos de la planificación, a fin de evitar reprocesos y el costo de la mala calidad, es decir que este debe apoyar a la estrategia empresarial y minimizar las causas de los fracasos por la falta de habilidades, destrezas, mala gestión o desconocimiento de los roles de cada uno de los actores involucrados. El Pert-CPM que se encuentra dentro de la disciplina de la planeación está estrechamente relacionado con la gestión administrativa, considerando los recursos necesarios como herramienta estratégica para empresas pública o privadas.

Para concluir, la metodología Pert-CPM permite la aplicación correcta de los tiempos y recursos en la asignación a lo largo del proyecto, pues, en términos generales, ayuda al gerente o líder de proyectos en la toma de decisiones estratégicas en el desarrollo de software. Hay que aclarar que un proceso eficiente requiere de talento humano comprometido y honesto en el cumplimiento efectivo de los tiempos, con el propósito de evitar el cobro posterior de márgenes de 10 % de tiempo adicional en proyectos que suelen aplicar al proceso, pues la gestión adecuada permite mantener los costos sin modificaciones y evitar futuras penalizaciones económicas. La técnica es aplicable a otros tipos de proyectos como inmobiliarios y de obra civil, de tipo social, de innovación de productos, agrícolas, de ingeniería, aeronáuticos, de mejoramiento de plantas y equipo, puesto que se basan en actividades que tienen un orden y un costo específico que puede ser administrado.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J., & Martin, K. (2011). *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (Onceava ed.). Cengage.
- Arboleda, G. (2013). *Proyectos, identificación, formulación, evaluación y gerencia* (Segunda ed.). Alfaomega.
- Chmielars, W., & Zborowski, M. (2018). Determinants of Using Project Management in the Implementation of Information System. *Procedia Computer Science*, 126, 1224-1236. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.064>
- David, R., Dennis, J., Thomas, A., & Jeffrey, D. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Cengage.
- Domingo, A. (2000). *Dirección y gestión de proyectos. Un enfoque práctico*. RA-MA.
- Hillier, F. S. (2012). *Introducción a las nuevas operaciones*. McGraw Hill.
- Hillier, F., & Liberman, G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw Hill.
- Kostalova, J., Tetrevova, L., & Svedik, J. (2015). Support of Project Management Methods by Project Management Information System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.333>
- La Nación. (2010). *Por qué nos pone nerviosos hacer la fila en McDonald's*. <https://www.lanacion.com.ar/1270443-por-que-nos-pone-nerviosos-hacer-la-fila-en-mcdonalds>
- Larson, R. (2004). *Sociotechnical Systems Research Center*. <http://ssrc.mit.edu/people/larson>
- Lichtenberg, A. L. (23 de Abril de 2012). *A Historical Review of Five of the Top Fast Food Restaurant Chains to Determine the Secrets of Their Success*. [CMC Senior Theses]. Claremont McKenna College. https://scholarship.claremont.edu/cmc_theses/361/
- Maister, D. (1985). *The Psychology of Waiting Lines*. <http://davidmaister.com/articles/the-psychology-of-waiting-lines/>

Pérez, J., & Merino, M. (2022). *Definición de proyecto tecnológico*.
<https://definicion.de/proyecto-tecnologico/>

Radujković, M., & Sjecavica, M. (22 de Junio de 2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196, 608-613.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.048>

Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios* (Undécima ed.). Pearson.

Ricou, J. (2017). *Pasamos 4 años de nuestra vida haciendo cola*.
<http://www.lavanguardia.com/vida/20170429/422128764435/psicologia-de-la-espera-4-anos-haciendo-cola.html>

Rodríguez, J. A., & Steegmann, C. (2013). *Modelos matemáticos*. Universidad de Guadalajara.

Rodríguez, M., & Lamas, Á. (Agosto de 2011). *El Consumo de Comida Rápida*. Línea Perspectivas - EAE Business School.

San Cristóbal, J. R. (2017). Complexity in Project Management. *Procedia Computer Science*, 121, 762-766. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.098>

Santiago, H. (2017). *¿Qué es la teoría de colas o de líneas de espera?*
<https://www.emprendices.co/teoria-colas-lineas-espera/>

Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones*. Pearson.