

# Un resumen de la planificación de proyectos de innovación tecnológica

Ocotlán Díaz-Parra, Jorge A. Ruiz-Vanoye, Alejandro Fuentes-Penna, José C. Zavala-Díaz, Mario A. Zurita-Barrón, Beatriz Bernabe-Loranca, Daniel Velez-Díaz.  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Méjico).

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7849>

El problema de optimización de recursos financieros de proyectos de innovación tecnológica [5] se puede clasificar como una variante del problema PSP (*Project Scheduling Problem*) [1] que llamaremos problema de planificación de proyectos de innovación tecnológica (PSP-TI). Hasta ahora no se ha encontrado un problema definido con las restricciones que caracterizan a la problemática de asignación de recursos a proyectos de innovación tecnológica. Existen otros problemas de calendarización propuestos por autores que tratan de la calendarización de proyectos y recursos pero no específicamente de problemas de innovación tecnológica.

Una estrategia de solución a problemas de asignación de recursos y planificación de tareas es mediante algoritmos y herramientas computacionales como CPLEX. Heimerl y Kolisch (2010) [2] proponen resolver mediante el *software CPLEX* la gestión de RRHH en el proyecto de tecnología de información. Otros investigadores han propuesto resolver problemas relacionados con la planificación de tareas, tal es el caso de Colvin y Maravelias

(2011) que proponen resolver y planificar las tareas de programación estocástica del problema de gestión de investigación y desarrollo [3]. Yang y Fu (2014) proponen resolver el problema de planificación de recursos y proyectos de investigación y desarrollo en automóviles chinos [4].

Este trabajo plantea un modelo matemático del problema de planificación de proyectos de innovación tecnológica. El objetivo es optimizar el recurso solicitado por cada empresa proponente. La estrategia de solución se construyó a través del uso de la herramienta CPLEX (*C Programming language of the simplex method*). Como consecuencia de la experimentación, se encontró un ahorro considerable en el recurso solicitado que permitirá ampliar el apoyo económico y mejora competitiva de la empresa.

El IBM ILOG CPLEX resuelve problemas de programación entera muy grandes y de programación lineal utilizando cualquiera de las variantes primitivas, método simplex o método de punto interior de barrera, problemas de programación cuadrática convexa y no convexa.

Los elementos utilizados son: el modelo matemático, las instancias del proble-

ma y la herramienta computacional. Las instancias fueron diseñadas a partir de datos reales, cambiando los nombres de las empresas para conservar la confidencialidad de la información.

La herramienta computacional utilizada AIMMS-CPLEX es un sistema de desarrollo para aplicaciones basadas en optimización. Cuenta con estructuras de datos indexados, un interfaz gráfico (GUI, "*Graphical User Interface*"), conexión a solvers para una gran variedad de tipos de problemas matemáticos (LP, MIP, QP, NLP, etc.), que permiten trabajar de una manera cómoda con solvers avanzados como XA, CONOPT, GUROBI, y CPLEX.

La Tabla 1 muestra un resumen de resultados obtenidos con 25 instancias probadas en el Modelo en AIMMS-CPLEX, presentando una comparación entre datos propuestos por investigadores y resultados del modelo.

En la columna final se muestra la optimización obtenida en cantidad y porcentaje de cada instancia. Se observa una reducción promedio del 11% en todos los costos, con variaciones particulares que van desde el 3% hasta el 21% recuperado. Por los resultados obtenidos se puede visualizar que la metodología de solución propuesta genera un ahorro en promedio del 11% el cual podría ser utilizado para apoyar a más proyectos.

## REFERENCIAS

- [1] Ruiz-Vanoye, J.A., Díaz-Parra, O., Zavala-Díaz, J.C., Fuentes-Penna, A., Olivares-Rojas, J.C. (2010). A survey of Project Scheduling Problems (PSP). Proceedings of the 15th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, pp. 460-472, Mexico City, Mexico October 17-20.
- [2] Heimerl, C., Kolisch, R. (2010). Scheduling and staffing multiple projects with a multi-skilled workforce, *OR Spectrum*, Vol. 32, No. 2, 343-368. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00291-009-0169-4>.
- [3] Colvin, M., Maravelias, C.T. (2011). R&D pipeline management: Task interdependencies and risk management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 215, No. 3, 616-628. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.06.023>.
- [4] Yang, S., Fu, L. (2014). Critical chain and evidence reasoning applied to multi-project resource schedule in automobile R&D process. *International Journal of Project Management*, Vol. 32, No. 1, 166-177. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.01.010>.
- [5] Ruiz-Vanoye, J., Díaz-Parra, O., Fuentes-Penna, A., Zurita-Barrón, M., Bernabe-Loranca, M., Olaco-García, E. (2015). Project Scheduling Problem of Technological Innovation (PSP-TI). *DYNA Management*, 3(1), 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7663>.

Proyectos de Innovación presentados al CONACYT Período 2014	Propuesto por los Investigadores		Propuesto por el Algoritmo		Optimización en costo	
	Costo Total	Trabajadores	Costo Total	Trabajadores		
1 Grupo Moresa, S. A. de C.V.	\$ 2,991,372.00	10	\$ 2,369,352.00	9	\$ 622,020.00	21%
2 Sistemas del Sureste, S. A. de C.V.	\$ 3,200,201.00	8	\$ 2,720,222.00	8	\$ 479,979.00	15%
3 Centro de Estudios Universitarios de la Península	\$ 1,870,980.00	5	\$ 1,606,379.00	5	\$ 264,601.00	14%
4 Electrónica del Sur, S. A. de C.V.	\$ 2,526,032.00	8	\$ 2,330,047.00	8	\$ 195,985.00	8%
5 Editorial ABC	\$ 3,983,154.00	10	\$ 3,584,127.00	10	\$ 399,027.00	10%
6 Librería Cristóbal Colón	\$ 2,046,574.00	5	\$ 1,843,707.00	5	\$ 202,867.00	10%
7 Universidad Tecnológica del Norte	\$ 2,536,594.50	8	\$ 2,449,983.00	8	\$ 86,611.50	3%
8 Centro de Estudios Universitarios Latinoamericano	\$ 3,060,750.00	9	\$ 2,857,567.00	9	\$ 203,183.00	7%
9 Computación del Istmo, S. A. de C.V.	\$ 1,627,835.00	5	\$ 1,399,088.00	5	\$ 228,747.00	14%
10 Universidad Rey Juan Carlos I	\$ 2,471,530.00	8	\$ 2,002,958.00	8	\$ 468,572.00	19%
11 Robótica y Sistemas Inteligentes, S. A. de C.V.	\$ 1,868,839.00	5	\$ 1,663,902.00	5	\$ 204,937.00	11%
12 Dispositivos Médicos de Precisión, S. A. de C.V.	\$ 1,457,361.00	4	\$ 1,276,877.00	4	\$ 180,484.00	12%
13 Exploración Marítima LNK, S. A. de C.V.	\$ 2,452,103.00	7	\$ 2,170,378.00	7	\$ 281,725.00	11%
14 Grupo Industrial San Marcos, S. A. de C.V.	\$ 2,520,397.00	8	\$ 2,340,315.00	8	\$ 180,082.00	7%
15 Sistemas de Facturación Electrónica del Centro, S. A. de C.V.	\$ 1,452,896.00	3	\$ 1,354,833.00	3	\$ 98,063.00	7%
16 Servicio Express en Sistemas, S.A. de C.V.	\$ 2,031,360.00	6	\$ 1,875,375.00	6	\$ 155,985.00	8%
17 Universidad Autónoma de Calakmul	\$ 1,374,169.00	4	\$ 1,235,648.00	4	\$ 138,521.00	10%
18 Ferrería "El Martillo", S.A. de C.V.	\$ 1,825,459.00	5	\$ 1,683,191.00	5	\$ 142,268.00	8%
19 Corrugados del Norte, S.A. de C.V.	\$ 2,237,584.00	6	\$ 1,912,631.00	6	\$ 324,953.00	15%
20 Sistemas Inteligentes Azteca, S.A. de C.V.	\$ 893,809.00	3	\$ 848,947.00	3	\$ 44,862.00	5%
21 Hospital Regional de Alta Especialidad de San Luis	\$ 3,427,003.00	9	\$ 3,090,920.00	9	\$ 336,083.00	10%
22 Universidad Tecnológica de Occidente	\$ 3,163,327.00	10	\$ 2,812,441.00	10	\$ 350,886.00	11%
23 Centro de Idiomas Omega	\$ 1,804,648.00	5	\$ 1,726,160.00	5	\$ 78,488.00	4%
24 Metalistería Durango, S.A. de C.V.	\$ 2,050,390.00	7	\$ 1,901,827.00	7	\$ 148,563.00	7%
25 Grupo Ferrero del Centro, S.A. de C.V.	\$ 1,394,860.00	4	\$ 1,221,252.00	4	\$ 173,608.00	12%
Estadísticas finales de la Propuesta de Investigadores						
Total de proyectos evaluados		25				
Monto total de financiamiento	\$ 56,269,227.50					
Promedio de financiamiento por proyecto	\$ 2,250,769.10					
Número de trabajadores solicitados		162				
Promedio de trabajadores por proyecto		6				

Tabla 1: Comparativo de presupuestos