



PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS CON INCERTIDUMBRES

El Margen de Duración: Cálculo y Análisis

Autor: Javier Reátegui Villanueva

© Derechos de autor registrados:

Empresa Editora Macro EIRL

© Derechos de edición, arte gráfico y diagramación reservados:

Empresa Editora Macro EIRL

Jefe de edición:

Cynthia Arestegui Baca

Coordinación de edición:

Magaly Ramon Quiroz

Diseño de portada:

Alessandra Bonilla Zapata

Corrección de estilo:

José Vásquez Espíritu

Diagramación:

Lucero Monzón Morán

Edición a cargo de:

© Empresa Editora Macro EIRL

Av. Paseo de la República N.° 5613, Miraflores, Lima, Perú

☎ Teléfono: (511) 748 0560

✉ E-mail: proyectoeditorial@editorialmacro.com

🌐 Página web: www.editorialmacro.com

Primera edición: octubre 2015

Tiraje: 1000 ejemplares

Impresión

Talleres gráficos de la Empresa Editora Macro EIRL

Jr. San Agustín N.° 612-624, Surquillo, Lima, Perú

ISBN N.° 978-612-304-308-7

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 2015-13184

Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio o método, de este libro sin previa autorización de la Empresa Editora Macro EIRL.

Introducción	9
CAPÍTULO 1: Riesgos e incertidumbre	15
CAPÍTULO 2: La estructura del Margen de Duración.....	19
CAPÍTULO 3: El control del Margen de Duración.....	23
CAPÍTULO 4: La programación con variabilidad de duraciones.....	27
4.1 El modelo triangular de probabilidades	29
4.2 El algoritmo Monte Carlo de variabilidad.....	31
4.3 La implementación de la variabilidad en MS Project.....	34
4.3.1. Interfaz para el usuario	34
4.3.2. El módulo de Visual Basic.....	38
4.4 Ejemplo de variabilidad	39
4.5 Repetitividad y sesgo.....	44
4.6 Modelos matemáticos de variabilidad.....	48
4.7 Limitación del modelo triangular.....	51
4.8 ¿Cuánta variabilidad aplicar al cronograma?.....	51
4.9 Ejemplos sobre variabilidad.....	52
4.10 Un caso de variabilidad más verosímil.....	63
CAPÍTULO 5: La programación estocástica	69
5.1 Estructuras estocásticas.....	70
5.2 El modelo estocástico de probabilidades.....	74
5.3 La implementación de estructuras estocásticas en MS Project.....	75
5.3.1 Interfaz para usuario.....	76
5.3.2 Resumen de implementación de elementos estocásticos.....	79
5.4 El algoritmo Monte Carlo estocástico.....	79
5.5 Ejemplos estocásticos	87
5.6 Modelos matemáticos de estructuras estocásticas.....	101
5.7 ¿Cuánta probabilidad aplicar al cronograma?	104
5.8 Un caso estocástico más verosímil.....	105
5.9 Un programa en conflicto con un tren.....	116
5.10 Una decisión complicada.....	121

CAPÍTULO 6: Análisis del margen	127
CAPÍTULO 7: Resumen.....	135
CAPÍTULO 8: Epílogo	137
CAPÍTULO 9: Anexos.....	139
9.1 CÓDIGO DE VISUAL BASIC.....	139
9.1.1. Código del algoritmo de Monte Carlo para variabilidad de duraciones	139
9.1.2 Código del algoritmo de Monte Carlo estocástico.....	144
9.2 MODELOS DE VARIABILIDAD DE DURACIONES.....	154
9.2.1 Ecuaciones PERT.....	154
9.2.2 Caso actividades en serie	155
9.2.3 Caso actividades en Paralelo Tardío (caso usual).....	155
9.2.4 Caso actividades en Paralelo Temprano (la más corta)	159
9.2.5 Simplificación de series y grupos paralelos.....	163
9.2.6 Estimación de duraciones optimista, esperada y pesimista de grupos	165
9.2.7 Identidades matemáticas usadas 1.....	167
9.3 EL INTERCAMBIADOR DE CALOR AES-1.2 × 6 m.....	168
9.3.1 Red de trabajo de mantenimiento	168
9.3.2 Descripción del intercambiador de calor tipo AES-1.2 × 6 m	169
9.3.3 Red de trabajos estocásticos - inspecciones de casco, canal, bonete y de tapa de cabezal flotante	170
9.3.4 Red de trabajos estocásticos - inspecciones al haz de tubos	171
9.3.5 Red de trabajos estocásticos - pruebas hidrostáticas.....	172
9.3.6. Red de trabajos completa	173
9.3.7. Red de trabajos completa - Ciclos de Repetición sustituidos	174
9.3.8 Cronograma de mantenimiento de un intercambiador de calor.....	175
9.3.9 Cronograma soporte para Ciclos de Repetición.....	177
9.3.10 Cronograma de sustitución de Ciclos de Repetición	178
9.3.11 Curvas de frecuencia acumulada - actividades en Ciclos de Repetición	181
9.3.12 Parámetros de sustitución de Ciclo de Repetición con un modelo de doble rampa cóncava	184
9.3.13 Curvas de frecuencia acumulada - actividades resultantes de inspecciones	185
9.3.14 Red de trabajos - agrupación por Frecuencia Crítica	187
9.3.15 Curvas de frecuencia acumulada - duraciones totales: casos de grupos estocásticos colapsados	189
9.3.16 Red de trabajos completa - Criticidad.....	191
9.3.17 Diagrama de precedencias simplificado.....	192

9.4. MODELOS DE GRUPOS ESTOCÁSTICOS	193
9.4.1 Actividades estocásticas independientes.....	193
9.4.2 Grupos estocásticos colapsables	210
9.4.3 Hitos de decisión.....	214
9.4.4. Ciclos de Repetición	217
9.4.5 Grupos dobles estocásticos.....	256
9.4.6 Actividad en conflicto con un tren.....	264
9.4.7 Identidades matemáticas usadas 2.....	265
9.5 LISTA DE VERIFICACIÓN	266

Bibliografía	269
---------------------------	------------

Es usual encontrar en las discusiones sobre los riesgos de los proyectos, referencias a los peligros potenciales y elementos desconocidos, también sobre las evaluaciones de ocurrencia de dichos eventos y de cómo el proyecto puede quedar afectado. Por ejemplo, se puede regresar a la lista de preguntas mostradas en la introducción para acercarse al tipo de cuestionamientos que surgen cuando se trata de evaluar qué posibilidades tiene un proyecto para ser afectado negativamente por situaciones o elementos que pudieran estar fuera o salirse del control de la organización ejecutora.

Como se verá existen dos tipos de situaciones que deben separarse: los riesgos y las incertidumbres. El *PMBOK*⁴ en su desarrollo del concepto de riesgo de proyecto no separa claramente estos conceptos y parece sugerir que a las incertidumbres se les debe dar el mismo tratamiento que a los riesgos (eliminación, mitigación, transferencia, aceptación), aunque confirma que a las oportunidades se les debe explotar, ampliar, compartir o aceptar, considerándolas como una especie de riesgos de valor positivo.

En línea con lo anterior, la estrategia general frente a los riesgos se enfoca en proteger el plan de ejecución contra cualquier desviación, bajo el supuesto de que el plan es la situación óptima de ejecución del proyecto y que cualquier desviación nos alejará de ese marco óptimo. Esto propone una mentalidad proactiva pero defensiva, una mentalidad atenta al cuidado y conservación de las líneas base de alcance, de tiempo y, usualmente, de costo.

Avanzando en el esclarecimiento de la incertidumbre en los proyectos, se han propuesto las siguientes definiciones⁵ que se pueden usar como base de discusión:

- 1. Riesgos en proyectos.** También conocidos como los *desconocidos-conocidos*, son básicamente eventos, circunstancias, situaciones, o condiciones que podrían ocurrir con una probabilidad dada, y que tienen un efecto negativo potencial en la consecución de los objetivos prefijados para el proyecto.
- 2. Incertidumbres en proyectos.** Referidos también como *desconocidos-desconocidos*, son las situaciones desconocidas, o inesperadas, o imprevistas con impacto potencial significativo en el valor del proyecto.

⁴ Véase Project Management Institute (2013a), capítulo 11 «Project Risk Management».

⁵ Véase *Idem* (2013b), capítulo 1 «Conceptual Foundation for the Case Study Approach».

Asimismo, se encuentran las siguientes definiciones relacionadas:

3. **Oportunidad en proyectos**⁶. Incertidumbre de proyecto que provee el potencial de exceder el valor predeterminado del proyecto para los involucrados, durante la implementación de ese proyecto.
4. **Valor de un proyecto**. El valor que un proyecto crea para sus involucrados. El valor de un proyecto puede ser representado por uno o una combinación de criterios de desempeño, tales como eficiencia, efectividad técnica, y la satisfacción de un involucrado, con énfasis sobre los propietarios y sus asociados.

De manera que los riesgos siempre representan una amenaza al proyecto y, además, pueden preverse y estimarse en su probabilidad de ocurrencia. En cambio, las incertidumbres tienen un efecto potencial no definido (puede ser positivo o negativo) para el valor del proyecto y no se les puede asignar una probabilidad de ocurrencia; estos eventos literalmente sorprenden a la dirección del proyecto.

Nótese la dicotomía conocido/desconocido que revela la naturaleza peculiar de la incertidumbre: no puede ser tratada para prevenirla, los proyectos solo pueden aceptarlas y prepararse para sus efectos.

En el estudio mencionado se encontró que las fuentes más frecuentes de incertidumbre en los proyectos son:

Categorías de incertidumbre	Fuentes de la incertidumbre (ejemplos)
De involucrados del proyecto	Relacionado a las capacidades de los diferentes grupos involucrados, comportamientos de involucrados, o cambios inesperados de los involucrados clave.
Organizacional	Un contexto organizacional dinámico y complejo que conduce a cambiar los planes iniciales, falta del conocimiento en los sistemas recibidos/heredados.
Tecnológica	Incertidumbre técnica no anticipada al inicio o especificaciones demasiado exigentes con dificultades de cumplirse.
Turbulencia en el contexto	Un contexto exterior complejo y cambiante que conduce cambios en los planes iniciales.
Características del proyecto	Subestimación significativa o desconocida de la complejidad al inicio.
Mala dirección	Mala práctica o falta de estándares de dirección de proyectos.

⁶ Una definición enfocada a proyectos. Una definición más general es «situaciones en las que nuevos bienes, servicios, materiales, mercados y métodos de organización pueden ser introducidos por la formación de nuevos medios, fines o relaciones medio-fin».