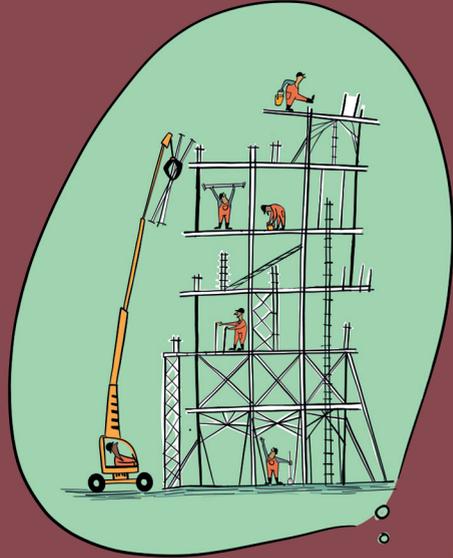


CUARTA EDICIÓN

Jorge Olmedo Montoya Vallecilla

Planeación, programación y control de obras de construcción

Incluye programación y control con MS Project



æ
alphaeditorial

 Universidad
de Ibagué

JORGE OLMEDO MONTOYA VALLECILLA

Ingeniero civil de la Universidad del Quindío, magíster en Estructuras y Cimentaciones de la Universidad Politécnica de Madrid; actualmente cursa la maestría en Enseñanza de las Ciencias, en la Universidad Autónoma de Manizales. Ha sido profesor de cátedra en cursos de Resistencia de Materiales en la Universidad del Quindío, profesor del Tompkins Cortland Community College de la Universidad Estatal de Nueva York e investigador del área de Educación de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Purdue. En la actualidad es profesor asociado e investigador del programa de Ingeniería Civil en la Universidad de Ibagué.

JORGE OLMEDO
MONTOYA VALLECILLA

PLANEACIÓN,
PROGRAMACIÓN
Y CONTROL
DE OBRAS
DE CONSTRUCCIÓN

Incluye programación
y control con Ms Project

CUARTA EDICIÓN

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil

ALPHA EDITORIAL
Bogotá

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN – BIBLIOTECA NACIONAL DE COLOMBIA

Montoya Vallecilla, Jorge Olmedo, autor

Planeación, programación y control de obras de construcción : incluye programación y control con MS Project / Jorge Olmedo Montoya Vallecilla. -- Cuarta edición. -- Bogotá : Alpha Editorial ; Ibagué : Universidad de Ibagué, 2022.
380 páginas.

Incluye glosario -- Incluye referencias bibliográficas y bibliografía.

ISBN 978-958-778-868-6 -- 978-958-778-869-3 (digital)

1. Administración de proyectos de construcción 2. Proyectos de construcción - Planificación 3. Proyectos de construcción - Control de costos 4. Administración de proyectos de construcción - Procesamiento de datos 5. Microsoft Project (Programas para computador) - Enseñanza

CDD: 690.068 ed. 23

CO-BoBN- a1100362

ALPHA EDITORIAL S.A.

Calle 62 20-46 /esquina, Bogotá
Teléfono (601) 746 0102
cliente@alpha-editorial.com
www.alpha-editorial.com

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

Carrera 22, calle 67, Barrio Ambalá, Ibagué
Teléfono +57 608 2760010
www.unibague.edu.co

LIBROS DIGITALES

www.alphaeditorialcloud.com

EDICIONES UNIBAGUÉ

www.ediciones.unibague.edu.co
ediciones@unibague.edu.co

Primera edición: Ibagué, 2014

Segunda edición: Bogotá, 2016

Tercera edición: Ibagué, 2017

Cuarta edición: Bogotá, 2023

- © Alpha Editorial S.A.
- © Universidad de Ibagué
- © Jorge Olmedo Montoya Vallecilla

Derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total ni parcialmente. Ni puede ser registrada por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, fotocopia o cualquier otro, sin el previo permiso escrito de la editorial.

Edición: Universidad de Ibagué

Portada: Ana Paula Santander

ISBN 978-958-778-868-6

ISBN 978-958-778-869-3 digital

Impreso en Colombia

Printed and made in Colombia

Contenido

Introducción	21
Capítulo 1	23
1 Introducción a la planeación de proyectos de construcción	23
1.1 Definición del proyecto	24
1.2 Determinación de los recursos	26
1.3 Organización del equipo de trabajo	27
Capítulo 2	29
2 Recursos en un proyecto de construcción	29
2.1 Recursos humanos	29
2.2 Equipo y maquinaria.....	30
2.3 Recursos económicos o financieros	31
2.4 Tiempo	31
2.5 Recursos tecnológicos.....	31
2.6 Recursos jurídicos	32
2.7 Materiales	32
Capítulo 3	39
3 Cantidades de obra y especificaciones constructivas	39
3.1 Generalidades.....	39
3.2 Cantidades de obra en un proyecto de construcción.....	39
3.3 Actividades y tareas en proyectos de viviendas	42
3.4 Especificaciones constructivas.....	60
3.5 Pérdida y aumento de volumen de los materiales	62

3.6 Ejercicios resueltos	65
3.7 Ejercicios propuestos.....	110
Capítulo 4	133
4 Costos directos de obra.....	133
4.1 Generalidades.....	133
4.2 Análisis de Precios Unitarios (APU) detallados	135
4.3 Recursos en el APU	137
4.4 Ejercicios resueltos	153
4.5 Ejercicios propuestos.....	170
Capítulo 5	183
5 Costos indirectos y contratos de obra	183
5.1 Costos indirectos de operación	184
5.2 Costos indirectos de obra	185
5.3 Contratos de construcción	186
Capítulo 6	191
6 Introducción a los métodos de programación	191
6.1 Generalidades.....	191
6.2 Aspectos que se deben considerar en la programación.....	192
6.3 Eventos o hitos	196
6.4 Duración de las actividades.....	197
6.5 Ruta crítica	198
6.6 Métodos de programación	198
Capítulo 7	221
7 Programación de obra con Microsoft Project	221
7.1 Breve introducción a la interfaz de Microsoft Project	222
7.2 Crear un proyecto nuevo.....	223
7.3 Propiedades del proyecto.....	224
7.4 Abrir un proyecto	226
7.5 Cinta de opciones	227

7.6 Fecha de inicio	227
7.7 Tareas	229
7.8 Definición de la ruta crítica.....	258
7.9 Gestión de recursos y determinación de costos	259
7.10 Asignación de recursos	266
7.11 Otras formas útiles de asignar recursos.....	274
7.12 Asignación de un costo fijo a una tarea desde la vista de Diagrama de Gantt	278
7.13 Visualización y detalles de los recursos	280
7.14 Manejo de tasas variadas	281
7.15 Cambio del calendario laboral de un recurso.....	284
7.16 Excepciones y días festivos.....	287
7.17 Sobreasignación de recursos.....	290
7.18 Calcular el presupuesto de la obra con Ms Project.....	292
Capítulo 8	315
8 Introducción al control de proyectos de construcción	315
8.1 Principios fundamentales para establecer control de obra	316
8.2 Tipos de control.....	318
8.3 Formatos de control	322
8.4 Bitácora de obra.....	325
Capítulo 9	329
9 Control de obras con Microsoft Project	329
9.1 Línea base	330
9.2 Control de avance del proyecto	336
9.3 Impresión de informes.....	341
9.4 Informes visuales.....	345
9.5 Informe de flujo de caja semanal y mensual.....	353
9.6 Otras utilidades de Microsoft Project.....	353
Capítulo 10	365
10 Roles en la ejecución de obras de construcción	365

10.1 Director de obra.....	365
10.2 Interventor de obra	366
10.3 Residente de obra	370
10.4 Auxiliar de ingeniería.....	372
10.5 Residente siso	373
Referencias.....	375
Bibliografía recomendada.....	375
Glosario	377

Lista Figuras

Figura 3.1.	Descapote y retiro capa orgánica.....	46
Figura 3.2.	Excavación para vigas y zapatas.....	46
Figura 3.3.	Modelo de zapata.....	47
Figura 3.4.	Parrilla para zapata.....	48
Figura 3.5.	Vaciado viga de cimentación.....	49
Figura 3.6.	Refuerzo principal en vigas, columnas y losas.....	50
Figura 3.7.	Diferentes tipos de estribos en columnas.....	50
Figura 3.8.	Encofrado para viga.....	51
Figura 3.9.	Losas aligerada y maciza.....	53
Figura 3.10.	Muro en ladrillo.....	54
Figura 3.11.	Caja de inspección.....	55
Figura 3.12.	Instalación de cubierta.....	57
Figura 3.13.	Instalación de cielorraso.....	57
Figura 3.14.	Revoque de muro.....	58
Figura 3.15.	Instalación de enchape en muro y piso.....	59
Figura 3.16.	Instalación de tubería sanitaria en ER 3.1.....	66
Figura 3.17.	Pendiente línea de alcantarillado ER 3.1.....	66
Figura 3.18.	Volumen a excavar ER 3.2 (figura sin escala).....	68
Figura 3.19.	Volumen a compactar ER 3.2.....	68
Figura 3.20.	Losa en concreto reforzado ER 3.3.....	69
Figura 3.21.	Vista general columnas ER 3.5.....	74
Figura 3.22.	Detalles en columnas ER 3.5.....	75
Figura 3.23.	Muro en ladrillo ER 3.6.....	77
Figura 3.24.	Muro en ladrillo para revoque ER 3.7.....	81
Figura 3.25.	Área a intervenir en andenes, concreto, prado y adoquines ER 3.9.....	84
Figura 3.26.	Andenes para cantidades de obra ER 3.9.....	86
Figura 3.27.	Empradización para cantidades de obra ER 3.9.....	87
Figura 3.28.	Adoquines para cantidades de obra ER 3.9.....	87
Figura 3.29.	Concreto rígido para cantidades de obra ER 3.9.....	88
Figura 3.30.	Adoquines para cantidades de obra ER 3.9.....	91
Figura 3.31.	Detalle de muro de contención en ejercicio resuelto ER 3.10.....	93
Figura 3.32.	Detalle de muros en ejercicio resuelto ER 3.11.....	98
Figura 3.33.	Etiquetado de muros en ejercicio resuelto ER 3.11.....	99

Figura 3.34.	Distribución de zapatas y vigas ER 3.12	102
Figura 3.35.	Detalle de cimentación y su refuerzo ER 3.12	103
Figura 3.36.	Detalle de armado de acero en zapatas ER 3.12	105
Figura 3.37.	Esquema de acero longitudinal en vigas ER 3.12	107
Figura 3.38.	Muro en ejercicio propuesto EP 3.1	110
Figura 3.39.	Elevación de la vía, en ejercicio propuesto EP 3.2.....	111
Figura 3.40.	Planta arquitectónica en ejercicio propuesto EP 3.3 (medidas en metros).....	112
Figura 3.41.	Distribución dovelas en ejercicio propuesto EP 3.3.....	112
Figura 3.42.	Planta de edificación y cimientos en ejercicio propuesto EP 3.4.....	113
Figura 3.43.	Elevación vigas y zapatas en ejercicio propuesto EP 3.4	114
Figura 3.44.	Elevación edificio en ejercicio propuesto EP 3.4.....	114
Figura 3.45.	Planta arquitectónica en ejercicio propuesto EP 3.5.....	115
Figura 3.46.	Elevación vigas en ejercicio propuesto EP 3.5.....	115
Figura 3.47.	Planta arquitectónica en ejercicio propuesto EP 3.6.....	116
Figura 3.48.	Armado de refuerzo en ejercicio propuesto EP 3.6	117
Figura 3.49.	Localización en planta cimentación.....	118
Figura 3.50.	Detalles en elevación cimentación.....	118
Figura 3.51.	Detalles de pórticos y su refuerzo EP 3.8	120
Figura 3.52.	Detalles de pórticos y su refuerzo EP 3.9	121
Figura 3.53.	Detalles de columnas EP 3.10.....	123
Figura 3.54.	Esquema puente (zapatas, columnas y tablero) EP 3.11.....	124
Figura 3.55.	Vista en planta refuerzo tablero EP 3.11	125
Figura 3.56.	Esquema columna y zapata EP 3.11.....	126
Figura 3.57.	Detalles geométricos de columna y zapatas EP 3.12.....	127
Figura 3.58.	Detalles geométricos y de armado muro EP 3.13.....	128
Figura 3.59.	Detalles de armado muro EP 3.13.....	128
Figura 3.60.	Detalles de columna y zapata EP 3.14.....	129
Figura 3.61.	Manhole con detalle en zapata EP 3.15	131
Figura 4.1.	Pantalla de concreto para APU en ER 4.1.....	154
Figura 4.2.	Viga de cimentación para cálculo de rendimiento ER 4.2	157
Figura 4.3.	Viga de cimentación para el APU de ER 4.6	167
Figura 4.4.	Volumen de excavación EP 4.1	171
Figura 4.5.	Geometría losa en concreto a vaciar EP 4.2.....	172
Figura 4.6.	Geometría y refuerzo en zapata EP 4.3.....	172
Figura 4.7.	Muro confinado para APU en EP 4.11.....	177
Figura 5.1.	Costos indirectos de obra	184
Figura 6.1.	Relaciones entre actividades.....	193
Figura 6.2.	Duración de las actividades.....	196
Figura 6.3.	Ejemplo de hito en una obra de construcción	197
Figura 6.4.	Ejemplo de ruta crítica en un proyecto de construcción.....	198
Figura 6.5.	Modelo flecha actividad para CPM.....	203
Figura 6.6.	Recorrido hacia adelante, programación CPM modelo flecha actividad para ER 6.1	204

Figura 6.7.	Ruta crítica CPM para ER 6.1	205
Figura 6.8.	Recorrido hacia atrás CPM para ER 6.1	205
Figura 6.9.	Diagrama flecha nodo para EP 6.2.....	207
Figura 6.10.	Densidad de probabilidad método PERT	213
Figura 6.11.	Diagrama nodos y flechas ER 6.2	216
Figura 6.12.	Diagrama nodos y flechas, duración de actividades ER 6.2	217
Figura 6.13.	Ruta crítica ER 6.2	218
Figura 7.1.	Ejemplo gráfico de programación en Microsoft Project	221
Figura 7.2.	Inicio del programa Microsoft Project	222
Figura 7.3.	Hoja principal de inicio Microsoft Project	223
Figura 7.4.	Proyecto nuevo en Microsoft Project	223
Figura 7.5.	Información de proyecto nuevo en Microsoft Project	224
Figura 7.6.	Acceso a información de proyecto nuevo en Microsoft Project	225
Figura 7.7.	Propiedades de proyecto nuevo en Microsoft Project	225
Figura 7.8.	Cómo guardar un proyecto nuevo en Microsoft Project	226
Figura 7.9.	Cómo abrir un proyecto existente en Microsoft Project	226
Figura 7.10.	Cinta de opciones en ventana principal de Microsoft Project	227
Figura 7.11.	Definición de fecha de inicio en un proyecto nuevo.....	228
Figura 7.12.	Fecha de comienzo para Proyecto1	228
Figura 7.13.	Definición de las tareas de un proyecto	229
Figura 7.14.	Acceso a Diagrama de Gantt	230
Figura 7.15a.	Proceso para insertar tarea nueva en lista de tareas.....	231
Figura 7.15b.	Insertar tarea nueva en lista de tareas	231
Figura 7.16.	Visualización de detalles de las tareas	232
Figura 7.17a.	Creación de una tarea periódica	232
Figura 7.17b.	Creación de una tarea periódica	233
Figura 7.18.	Visualización de una tarea periódica en el diagrama de Gantt.....	233
Figura 7.19.	Acceso a plantilla de ejemplo para exportación de Excel a Project.....	234
Figura 7.20.	Acceso a plantilla de importación y exportación de Excel a Project.....	234
Figura 7.21.	Cómo pegar datos a la plantilla de importación y exportación	236
Figura 7.22.	Tareas listas para exportación a Microsoft Project	236
Figura 7.23.	Cómo guardar el archivo de exportación a Microsoft Project	237
Figura 7.24.	Proceso para importación de archivo de Excel a Project	237
Figura 7.25.	(a, b, c, d) Proceso para importación por medio del asistente.....	238
Figura 7.26.	Actividades listas para ser importadas a Project	238
Figura 7.27.	Lista de actividades importadas con duraciones	239

Figura 7.28.	Creación de hitos de duración cero.....	240
Figura 7.29.	Procedimiento para la creación de hito de duración mayor que cero.....	240
Figura 7.30.	Acceso a la información de la tarea para definición del hito.....	241
Figura 7.31.	Definición de la duración del hito.....	241
Figura 7.32.	Casilla de verificación para definición de la tarea como hito.....	242
Figura 7.33.	Vista en Diagrama de Gantt del hito con duración mayor que cero.....	242
Figura 7.34.	Definición de la duración de una tarea desde la vista de Diagrama de Gantt.....	243
Figura 7.35.	Introducción de la duración en diferentes escalas de tiempo.....	244
Figura 7.36.	Cambio de la escala de tiempo predeterminada.....	244
Figura 7.37.	Escala de tiempo por defecto en Microsoft Project.....	245
Figura 7.38.	Cómo establecer la relación entre actividades.....	245
Figura 7.39.	Relaciones entre actividades para muro en hormigón armado.....	247
Figura 7.40.	Vista gráfica de los vínculos entre actividades en muro en hormigón armado.....	248
Figura 7.41.	Forma de vincular las actividades desde el gráfico de Gantt.....	249
Figura 7.42.	Vista del vínculo entre actividades en el gráfico de Gantt.....	249
Figura 7.43.	Activación del vínculo automático entre tareas.....	250
Figura 7.44.	Verificación del cambio al modo vínculo automático de tareas.....	251
Figura 7.45.	Vista inicial de las tareas creadas en Microsoft Project.....	253
Figura 7.46.	Tareas seleccionadas para aplicación de sangrías.....	255
Figura 7.47.	Vista de tareas después de aplicación de sangría.....	255
Figura 7.48.	Aplicación de sangría a actividades de resumen.....	256
Figura 7.49a.	Vista del proyecto con duraciones y relaciones entre actividades.....	257
Figura 7.49b.	Vista del proyecto con duraciones y relaciones entre actividades.....	257
Figura 7.50.	Procedimiento para anulación de sangría a un grupo de tareas.....	258
Figura 7.51.	Acceso a la ruta crítica del proyecto casa un piso.....	258
Figura 7.52.	Ruta crítica del proyecto casa un piso.....	259
Figura 7.53.	Acceso a hoja de recursos.....	260
Figura 7.54.	Vista principal hoja de recursos en Microsoft Project.....	260
Figura 7.55.	Creación de recursos tipo trabajo en Microsoft Project.....	263
Figura 7.56.	Creación de recursos tipo material en Microsoft Project.....	264

Figura 7.57.	Ejemplos de recursos tipo trabajo, material y costo en Microsoft Project	264
Figura 7.58a.	Recursos creados para construcción casa un piso.....	265
Figura 7.58b.	Recursos creados para construcción casa un piso.....	265
Figura 7.58c.	Recursos creados para construcción casa un piso.....	266
Figura 7.59.	Forma de asignar recursos a las tareas	267
Figura 7.60.	Asignación de recursos a la actividad elevación de muros	268
Figura 7.61.	Verificación de asignación costos de recursos tipo trabajo	269
Figura 7.62.	Verificación del costo de muro en ladrillo de arcilla por m ² en la hoja de recursos	269
Figura 7.63.	Verificación de asignación de costo de recursos tipo material	270
Figura 7.64.	Verificación de asignación de costo de recursos tipo costo.....	271
Figura 7.65.	Visualización de los costos de las tareas	271
Figura 7.66.	Costo de la tarea elevación de muros.....	272
Figura 7.67.	Asignación de costos a la tarea pintura.....	273
Figura 7.68.	Resumen del costo de la tarea pintura	273
Figura 7.69.	Costos de la tarea resumen	274
Figura 7.70.	Asignación de recursos desde la columna recursos en la vista tareas	274
Figura 7.71.	Verificación de la asignación de recursos desde la columna recursos	275
Figura 7.72a.	Asignación de recursos por la opción asignar recursos.....	275
Figura 7.72b.	Asignación de recursos por la opción asignar recursos.....	276
Figura 7.73.	Asignación de recursos por la vista de detalles.....	276
Figura 7.74.	Despliegue de recursos para su asignación por la vista de detalles.....	277
Figura 7.75.	Vista de recursos asignados en la gráfica de asignación de tareas.....	278
Figura 7.76.	Asignación de un costo fijo por desde la vista de Diagrama de Gantt	279
Figura 7.77.	Visualización de la columna de costo fijo.....	279
Figura 7.78.	Ingreso del valor de costo fijo para tarea resumen	280
Figura 7.79.	Cinta de opciones para información de un recurso	281
Figura 7.80.	Visualización de tasas de recursos, diferentes a la estándar	282
Figura 7.81.	Ingreso de tasa B para el recurso ayudante 5	282
Figura 7.82.	Ingreso de nota aclaratoria sobre tasa B en recurso ayudante 5	283
Figura 7.83.	Visualización de nota aclaratoria en recurso ayudante 5.....	283
Figura 7.84.	Procedimiento de acceso a calendario laboral del proyecto	284
Figura 7.85.	Vista de calendario laboral estándar del proyecto.....	284
Figura 7.86.	Opciones para cambio de calendario estándar del proyecto.....	285

Figura 7.87.	Acceso a detalles de horarios laborales para el calendario del proyecto	286
Figura 7.88.	Definición del horario laboral del proyecto	286
Figura 7.89.	Definición de excepciones para el calendario laboral del proyecto	287
Figura 7.90.	Visualización de los días no laborables en el Diagrama de Gantt	288
Figura 7.91a.	Asignación de calendario específico al recurso celador 2	289
Figura 7.91b.	Asignación de calendario específico al recurso celador 2	289
Figura 7.92.	Visualización de recursos sobreasignados.....	290
Figura 7.93.	Acceso a opción de organizador de equipo.....	291
Figura 7.94.	Vista de recursos sobreasignados en la opción organizador de equipo.....	291
Figura 7.95.	Solución de recursos sobreasignados en la opción organizador de equipo.....	292
Figura 7.96.	Recursos en MS Project para localización y replanteo	306
Figura 7.97.	Recursos en MS Project para demolición de estructura.....	307
Figura 7.98.	Recursos en MS Project para excavación a máquina	307
Figura 7.99.	Recursos en MS Project para nivelación de subrasante.....	307
Figura 7.100.	Recursos en MS Project para rellenos para estructuras.....	308
Figura 7.101.	Recursos en MS Project para subbase granular	308
Figura 7.102.	Recursos en MS Project para base granular	308
Figura 7.103.	Recursos en MS Project para riego e imprimación	309
Figura 7.104.	Recursos en MS Project para suministro mezcla asfáltica	309
Figura 7.105.	Recursos en MS Project para rellenos para estructuras.....	309
Figura 7.106.	Recursos en MS Project para concreto clase D.....	310
Figura 7.107.	Recursos en MS Project para concreto clase G.....	310
Figura 7.108.	Recursos en MS Project para acero de refuerzo	310
Figura 7.109.	Recursos en MS Project para tubería de concreto reforzado	311
Figura 7.110.	Recursos en MS Project para filtro con rajón	311
Figura 7.111.	Recursos en MS Project para cunetas revestidas.....	311
Figura 7.112.	Recursos en MS Project para líneas de demarcación.....	312
Figura 7.113.	Recursos en MS Project para señales verticales.....	312
Figura 7.114.	Recursos en MS Project para defensa metálica.....	312
Figura 7.115.	Recursos en MS Project para tacha reflectiva	313
Figura 7.116.	Recursos en MS Project para bandas sensoras	313
Figura 7.117.	Resumen presupuesto calculado con MS Project.....	314
Figura 9.1.	Revisión de avance de obra con MS Project	329
Figura 9.2.	Procedimiento para creación de línea base	330
Figura 9.3.	Opciones de selección para creación de línea base	331
Figura 9.4.	Proceso para visualización de tablas comparativas	331
Figura 9.5.	Tabla comparativa línea base y proyecto actual.....	332

Figura 9.6.	Comparación de costos línea base y proyecto actual.....	333
Figura 9.7.	Comparación de horas laborales línea base y proyecto actual.....	333
Figura 9.8.	Diferencia de costos entre línea base y proyecto actual por cambio de duración de una tarea.....	334
Figura 9.9.	Diferencia de horas laborales entre línea base y proyecto actual por cambio de duración de una tarea.....	335
Figura 9.10.	Estadísticas comparativas entre línea base y el proyecto actual.....	335
Figura 9.11.	Variación en horas laborales de algunos recursos del proyecto.....	336
Figura 9.12.	Visualización del avance del proyecto.....	337
Figura 9.13.	Ingreso de porcentajes de avance de las tareas.....	338
Figura 9.14.	Ingreso de porcentajes de avance desde los recursos.....	339
Figura 9.15.	Ingreso de horas laboradas por ayudante 5 para determinar avance de obra.....	339
Figura 9.16.	Verificación del porcentaje de avance del proyecto al modificar las horas laboradas por ayudante 5.....	340
Figura 9.17.	Proceso para modificar el porcentaje de avance por corte a fecha específica.....	340
Figura 9.18.	Visualización de porcentaje completado a 5 de febrero.....	341
Figura 9.19.	Procedimiento para generación de informes escritos.....	342
Figura 9.20.	Informe de resumen del proyecto Casa 1 Piso.....	344
Figura 9.21.	Informe de hitos del proyecto Casa 1 Piso.....	346
Figura 9.22.	Cuadro de opciones de informes visuales en Excel.....	347
Figura 9.23.	Informe de tareas retrasadas del proyecto Casa 1 Piso.....	348
Figura 9.24.	Informe flujo de caja del proyecto Casa 1 Piso.....	348
Figura 9.25.	Informe costo de los recursos del proyecto Casa 1 Piso.....	349
Figura 9.26.	Acceso a informes visuales.....	349
Figura 9.27.	Acceso a informes visuales para Excel y Visio.....	350
Figura 9.28.	Acceso a informes dinámicos en MS Project.....	351
Figura 9.29.	Selección en lista desplegable para informes dinámicos.....	352
Figura 9.30.	Diagrama de barras para informes dinámicos.....	352
Figura 9.31.	Diagrama de barras para costos en proyecto Casa de 1 Piso, actualizado a febrero 5.....	354
Figura 9.32.	Diagrama de barras para trabajo en proyecto Casa de 1 Piso, actualizado a febrero 5.....	354
Figura 9.33.	Informe gráfico para resumen de costos.....	355
Figura 9.34.	Informe gráfico para resumen de costos de las tareas.....	356
Figura 9.35.	Informe gráfico para comparación trabajo ejecutado y trabajo faltante.....	357
Figura 9.36.	Informe gráfico para comparación tareas ejecutadas y tareas faltantes.....	358

Figura 9.37.	Informe gráfico para resumen de los recursos.....	358
Figura 9.38.	Vista global del proyecto en diagrama de red	359
Figura 9.39.	Vista de detalle tareas en diagrama de red	359
Figura 9.40.	Escala de tiempo	360
Figura 9.41.	Formulario de tareas.....	360
Figura 9.42.	Formulario de recursos	361
Figura 9.43.	Gráfico de recursos	361
Figura 9.44.	Uso de tareas.....	362
Figura 9.45.	Flujo de caja mensual	363
Figura 9.46.	Flujo de caja semanal.....	364

Lista de tablas

Tabla 3.1.	Modelo de medición en capítulo, actividad y tareas.....	43
Tabla 3.2.	Actividades para la construcción del primer piso de una vivienda.....	43
Tabla 3.3.	Dosificaciones del concreto y resistencias que se obtienen	61
Tabla 3.4.	Dosificaciones del mortero y resistencias que se obtienen	61
Tabla 3.5.	Dimensiones y pesos por metro de barras de refuerzo	62
Tabla 3.6a.	Volúmenes aparentes de tierra y grava.....	63
Tabla 3.6b.	Factores y porcentajes de expansión de algunos tipos de suelo	64
Tabla 3.7.	Vaciado de concreto según semana y tipo de actividad ER 3.8.....	82
Tabla 3.8.	Costo alquiler mezcladora por semana	84
Tabla 3.10.	Costos finales de materiales ER 3.10	97
Tabla 3.11.	Resumen cantidades de acero ER 3.12.....	109
Tabla 3.12.	Dimensiones de zapatas en planta y altura y detalles del recubrimiento.....	119
Tabla 3.13.	Localización del refuerzo en zapatas	119
Tabla 4.1.	Unidades y tipos de recursos	135
Tabla 4.2.	Análisis de precio unitario para losa maciza de concreto.....	136
Tabla 4.3.	Recursos asignados para 1 m ² de losa maciza.....	138
Tabla 4.4.	Porcentajes de desperdicios de algunos materiales en construcción	140
Tabla 4.5.	Actividades preliminares.....	144
Tabla 4.6.	Campamentos y cerramientos.....	145
Tabla 4.7.	Alcantarillados-cajas de inspección.....	145
Tabla 4.8.	Alcantarillados-tubería.....	145
Tabla 4.9.	Muros de contención	145
Tabla 4.10.	Excavaciones y rellenos	146
Tabla 4.11.	Vías.....	146
Tabla 4.12.	Andenes y obras complementarias	146
Tabla 4.13.	Cimentación	146
Tabla 4.14.	Formaletería y encofrado	147
Tabla 4.15.	Preparación de concreto.....	147
Tabla 4.16.	Vaciada de concreto (primero y segundo piso, incluye preparación).....	147

Tabla 4.17.	Elevación de muros.....	148
Tabla 4.18.	Enchape pisos y muros	148
Tabla 4.19.	Cubierta.....	148
Tabla 4.20.	Pañetes-Revoques	148
Tabla 4.21.	Estuco y pintura	149
Tabla 4.22.	Instalaciones varias	149
Tabla 4.23.	Demoliciones.....	149
Tabla 4.24.	Rendimiento de algunos equipos y maquinarias	151
Tabla 4.25.	Análisis de Precios Unitarios (APU) para un metro cúbico de pantalla en concreto.....	153
Tabla 4.26.	APU para el metro cúbico de concreto en pantalla en concreto ER 4.1	155
Tabla 4.27.	Modelo para el APU de un metro cúbico de concreto en ER 4.3	159
Tabla 4.28.	APU definitivo para un metro cúbico de concreto 1-2-2 en ER 4.3.....	160
Tabla 4.29.	APU para un metro cúbico de concreto 1-2-3 en ER 4.3.....	161
Tabla 4.30.	APU para un metro cúbico de concreto 1-2-4 en ER 4.3.....	162
Tabla 4.31.	APU para un metro cúbico de mortero en ER 4.4	163
Tabla 4.32.	Modelo para el APU de un metro cuadrado de muro en ER 4.5	163
Tabla 4.33.	APU para un metro cuadrado de muro en ER 4.5-soga	165
Tabla 4.34.	APU para un metro cuadrado de muro en ER 4.5-tizón	166
Tabla 4.35.	APU para viga de cimentación ER 4.6.....	167
Tabla 4.36.	Recursos a usarse en EP 4.7	174
Tabla 4.37.	Recursos a usarse en EP 4.8.....	175
Tabla 4.38.	Recursos a usarse en EP 4.9	175
Tabla 4.39.	Recursos a usarse en EP 4.10.....	176
Tabla 4.40.	Modelo APU para EP 4.11	177
Tabla 5.1.	Variación de los porcentajes de AIU según tipo de contrato	187
Tabla 5.2.	Presupuesto resumido con parte de las actividades de una vivienda de dos pisos	189
Tabla 6.1.	Actividades y duraciones para un proyecto de cimentación.....	195
Tabla 6.2.	Modelo de diagrama de Gantt.....	199
Tabla 6.3.	Modelo de diagrama de Gantt actualizado a labor ejecutada	200
Tabla 6.4.	Relaciones entre actividades ER 6.1	204
Tabla 6.5.	Datos de entrada para ejercicio resuelto ER 6.2.....	205
Tabla 6.6.	Matriz de secuencias para ejercicio resuelto ER 6.2.....	208
Tabla 6.7.	Fechas tempranas y tardías de inicio y finalización y holguras para ejercicio resuelto ER 6.2	210
Tabla 6.8.	Duraciones pesimistas y optimistas en ER 6.2.....	215
Tabla 6.9.	Tiempos esperados para actividades en ER 6.2	217

Tabla 7.1.	Tareas exportar a Project de Excel	235
Tabla 7.2.	Tareas para programación en Project ejercicio muro en hormigón armado	246
Tabla 7.3.	Tareas para aplicación de sangría en Project, ejercicio construcción casa de un piso	252
Tabla 7.4.	Tareas de resumen en ejercicio, construcción casa 1 piso.....	254
Tabla 7.5.	Recursos a asignar en la tarea elevación de muros para construcción casa un piso	267
Tabla 7.6.	Recursos por asignar en la tarea pintura para construcción casa un piso	272
Tabla 7.7.	Excavación en tierra a mano (m ³)	293
Tabla 7.8.	Presupuesto resumido pavimentación vía ER 7.3	296
Tabla 7.9.	Factores multiplicadores para la mano de obra	297
Tabla 7.10.	Aporte de los recursos a localización y replanteo.....	298
Tabla 7.11.	Aporte de los recursos a demolición de estructuras.....	298
Tabla 7.12.	Aporte de los recursos a transporte de materiales.....	298
Tabla 7.13.	Aporte de los recursos a excavación a máquina.....	299
Tabla 7.14.	Aporte de los recursos a compactación de la subrasante.....	299
Tabla 7.15.	Aporte de los recursos a rellenos para estructuras	299
Tabla 7.16.	Aporte de los recursos a subbase granular.....	300
Tabla 7.17.	Aporte de los recursos a base granular.....	300
Tabla 7.18.	Aporte de los recursos a imprimación con emulsión asfáltica	300
Tabla 7.19.	Aporte de los recursos a suministro mezcla asfáltica.....	301
Tabla 7.20.	Aporte de los recursos a rellenos para estructuras	301
Tabla 7.21.	Aporte de los recursos a concreto clase D	301
Tabla 7.22.	Aporte de los recursos a concreto clase G	302
Tabla 7.23.	Aporte de los recursos a acero de refuerzo.....	302
Tabla 7.24.	Aporte de los recursos a tubería de concreto reforzado	302
Tabla 7.25.	Aporte de los recursos a filtro con rajón y geotextil.....	303
Tabla 7.26.	Aporte de los recursos a cunetas revestidas.....	303
Tabla 7.27.	Aporte de los recursos a líneas de demarcación	303
Tabla 7.28.	Aporte de los recursos a señales verticales	304
Tabla 7.29.	Aporte de los recursos a defensa metálica	304
Tabla 7.30.	Aporte de los recursos a tacha reflectiva.....	304
Tabla 7.31.	Aporte de los recursos a bandas sonoras	305
Tabla 7.32.	Costo del proyecto, por sumatoria de recursos	305
Tabla 8.1.	Formato de materiales en almacén	322
Tabla 8.2.	Formato para control de equipos.....	323
Tabla 8.3.	Formato de control diario de mano de obra.....	323
Tabla 8.4.	Formato de salida de materiales.....	324
Tabla 8.5.	Formato de medición de obras	324
Tabla 8.6.	Formato de ensayo de materiales.....	325

Tabla 8.7.	Aspectos relevantes para registrar en la bitácora de obra.....	327
Tabla 9.1.	Opciones para impresión de informes escritos en Microsoft Project	343

Introducción

La Ingeniería Civil es una disciplina de gran versatilidad, dada su variedad de aplicaciones. La ejecución y materialización de cualquier obra de construcción, bien sea una vía, represa, edificación o un sistema de abastecimiento y evacuación de aguas, comprende la fase inicial a partir de la concepción del proyecto.

Para la materialización de una obra se debe pasar por tres fases: planeación, programación y control. En la etapa de planeación se define el proyecto que se va a realizar, se establecen las metas y objetivos de la obra, se proyectan los recursos que son necesarios emplear y se precisa el equipo de trabajo responsable de cada una de las etapas del proyecto, desde la planeación misma. En la programación se organizan dichos recursos de manera secuencial y se distribuyen en las diferentes tareas o actividades, en función del tiempo, para lo cual se calculan los rendimientos humanos, de maquinaria y equipos para definir las duraciones y relacionar dichas tareas o actividades entre sí, lo cual al final resulta en una estimación de la duración total del proyecto.

La etapa de control se lleva a cabo durante la ejecución del proyecto. Aquí se establecen estrategias para verificar el cumplimiento de la programación y hacer las correcciones respectivas en caso de que la misma no se cumpla. Para esto, el equipo de trabajo designa el personal idóneo para este fin, que se encarga de controlar la ejecución de las actividades y monitorear el rendimiento de los trabajadores. En los comités de obra se analizan los avances de la misma y se toman las decisiones a que haya lugar.

El presente texto comprende un enfoque básico de las generalidades de concepción, programación, ejecución y control de obras de construcción de pequeña magnitud. Más allá de que se traten las construcciones civiles en general, el énfasis se hace en la construcción de viviendas y obras de

urbanismo. El cálculo de Cantidades de Obra, Análisis de Precios Unitarios (APU) y Programación y Control con Microsoft Project, son el eje central del texto; sin embargo, dada la importancia de los recursos y su influencia en los costos totales de un proyecto, estos también se analizan en profundidad para un mejor estudio. Estos recursos se dividen en: trabajo, costo y material y para cada uno se realiza un estudio básico en particular. Por último, se introducen los métodos de programación PERT, CPM y Diagrama de Gantt.

Se incluyen ejercicios resueltos de cálculo de cantidades de obra, análisis de precios unitarios, programación de actividades y tareas, programación y control por medio del programa Microsoft Project. Igualmente, se presenta una variedad de ejercicios propuestos para los mismos temas, los cuales le permitirán al lector familiarizarse más con los procedimientos de cálculo y análisis de cantidades de obra, precios unitarios y programación de tareas.

El objetivo de la presentación y desarrollo de ejercicios prácticos con los sistemas PERT y CPM es lograr que el lector comprenda cómo se calcula manualmente la ruta crítica de una obra, se establece la relación entre actividades y se estima la duración total de un proyecto de construcción desde dos perspectivas: una probabilista y otra determinista. Con este conocimiento adquirido, le resultará más sencillo el uso de Microsoft Project como herramienta de programación y control de obras. El texto se centra en aspectos procedimentales de cantidades, costos, programación y control de obras, y como tal, se enmarca en el rango de texto básico de consulta. Análisis más profundos pueden consultarse en la variada bibliografía que se presenta al final.

El autor

Capítulo 1

Introducción a la planeación de proyectos de construcción

Los proyectos de construcción abarcan un sinnúmero de variables que al final, en términos generales, se traducen en ganancia o pérdida de dinero para los inversionistas. Planear correctamente implica identificar aquellas variables más representativas, si no todas, de tal forma que no se deje nada al azar en el momento de programar y controlar los avances de la obra; es clarificar las metas en función del objetivo general y prever todos los recursos necesarios para alcanzarlo.

Planear en la construcción requiere la creación de una estrategia de trabajo en la cual se determine el orden en el cual se llevará a cabo cada una de las etapas de ejecución de un proyecto, métodos constructivos y la organización misma de la obra. Esto es, en la planeación se concibe el proyecto como un todo, al tiempo que se realiza un análisis individual de cada etapa de la obra, considerada desde la planeación misma, seguida de un análisis exhaustivo de los costos, posteriormente la programación y por último, la ejecución y su control.

Planear es una tarea ardua y detallada, ya que se requiere organizar un número muy elevado de actividades y tareas, y programarlas en una secuencia definida y con relaciones entre las mismas. Qué se hace antes, después o al tiempo, son detalles de la planeación que solamente deben ser realizados por personas con vasta experiencia en el tema. No basta con organizar la secuencia y relacionar actividades, sino que a las mismas es necesario asignarles recursos. Estos deben ser determinados en el momento y la cantidad precisa, con lo cual aumenta el nivel de detalle y análisis. Aun así,

cuando una obra se pone en marcha se producen desvíos del plan original; es aquí que se recurre a la reprogramación de la obra para intentar volver al camino que se había trazado originalmente.

Cuando se detectan fallos de cualquier tipo en la ejecución de una obra, el equipo de responsables debe tomar las decisiones pertinentes en pro de que la obra llegue a buen término. Para la toma de estas decisiones es conveniente contar con la planeación del proyecto para aplicar los correctivos necesarios, de aquí que la planeación no es una etapa del proyecto que pueda saltarse.

El presupuesto de obra es un elemento vital en la planeación y como tal, su estudio debe integrarse a la misma. Es una práctica nociva calcular el presupuesto de una obra antes de realizar la planeación de la misma. El presupuesto en sí mismo solo se conoce cuando se hace el análisis de costos unitarios de la obra y aun así este es aproximado, con lo cual, el presupuesto no puede anteceder a la planeación y en su lugar, se concibe desde la etapa de planeación como elemento integrante y constitutivo de la misma, el que se conocerá con mayor grado de precisión al final de la planeación, cuando se estudien los costos en detalle.

Si se quiere que la planeación de un proyecto de construcción sea eficaz es recomendable llevar a cabo tres fases fundamentales: definir con claridad el proyecto que se va a desarrollar y establecer los objetivos, determinar los recursos necesarios para su avance y organizar estratégicamente el equipo de trabajo.

1.1 Definición del proyecto

Para definir con claridad el proyecto, se debe pensar en los siguientes aspectos: ¿qué se quiere hacer y dónde?, ¿adónde se quiere llegar?, ¿a quién va dirigido el proyecto? La solución de las preguntas anteriores puede ayudar a definir claramente el proyecto, las metas y el objetivo general. El *qué se quiere hacer* es importante porque no todas las obras de construcción tienen la misma naturaleza y no es lo mismo construir un pavimento que un alcantarillado, por ejemplo; la maquinaria y/o herramientas menores usadas en ambas actividades son distintas en su naturaleza. La cualificación del personal es diferente y la exposición al ambiente de trabajo también varía en gran

medida; los proveedores, la disposición final de residuos y la normatividad ambiental, son otros factores que deben ser considerados de manera distinta para cada obra.

Ahora bien, si la naturaleza de la construcción es la misma, esta es individual en su conceptualización; no es lo mismo la planeación requerida para la construcción de cien viviendas de interés prioritario en la zona rural que en la urbana. Aquí se deben considerar otros aspectos como la cercanía de la materia prima, los costos derivados del traslado de recursos como materiales, mano de obra, personal calificado, el estado de las vías de acceso, el clima, entre otros. No es lo mismo construir en zona de ladera que en terreno plano.

Definir correctamente los alcances o hasta dónde se quiere llegar es vital, ya que si este aspecto no se encuentra bien definido, se corre el riesgo de desfasarse en el presupuesto, bien sea porque se excede en el mismo o se calcula un costo menor al real; ambos son altamente perjudiciales para la ejecución de la obra. Si se va a construir un proyecto de 5 000 m de acueducto, por ejemplo, es la planeación en la que se debe tener claridad sobre los aspectos puramente intrínsecos de la obra, tales como material de la tubería que se debe utilizar, especificaciones técnicas, viabilidad del proyecto, características del terreno, presiones, aliviaderos, etc.

Existen otros factores que muchas veces al no ser considerados en la planeación, retrasan o cancelan la ejecución de la obra, tales como estudios de impacto ambiental, diagnóstico ambiental de alternativa, cesiones, compra de predios, servidumbre, entre otros. ¿Se necesita incluir o no los costos de estos últimos aspectos en la planeación?, ¿debe considerarse la localización de los tanques de almacenamiento?, ¿se hicieron estudios de caudales máximos y mínimos en la selección del punto de la bocatoma? Son todas preguntas que a priori pueden parecer irrelevantes, pero cuyas respuestas ayudan al proyectista a planificar el proyecto con el menor riesgo posible de que surjan cambios en la etapa de ejecución.

La población o entidad a quien va dirigido el proyecto también debe evaluarse con sumo cuidado. Para el caso particular de viviendas, por ejemplo, la localización geográfica, cercanía a centros comerciales, vías principales, universidades, etc., son variables que afectan los costos de las mismas. En otras palabras, el qué se quiere hacer, los alcances y la población o entidad a

quien se dirige el proyecto son trascendentales, ya que ayudan a identificar los recursos necesarios y los costos aproximados.

Los objetivos específicos también deben quedar establecidos en el proceso de la planeación, ya que estos ayudan a alcanzar el objetivo general del proyecto. Estos consisten en metas parciales y la mayoría de las veces, secuenciales, que unidas dan como resultado el alcance de la meta propuesta. Además son una herramienta útil para la correcta administración tanto del tiempo como de los recursos.

Para el caso de un proyectista que desea construir, por ejemplo, diez viviendas campestres, está claro cuál es su objetivo general en tanto que este defina con certeza el dónde, hasta adonde y la población, pero aun así no parecen muy claros los objetivos específicos. No obstante, es posible establecer unos objetivos específicos mínimos en los cuales deberá pensar el proyectista: planear la obra con personal idóneo, dibujar planos arquitectónicos, realizar estudios de suelos y cálculos estructurales, elaborar planos eléctricos, hidráulicos, sanitarios, diligenciar la licencia de construcción, definir etapas y plazos en la programación, contratar personal competente, ejecutar la obra de acuerdo a la programación, entre otros.

Está claro que los objetivos anteriores pueden variar en número y detalle, pero ninguno de los anteriores puede obviarse, ya que son pasos esenciales a tener en cuenta desde la planeación para evitar errores y contratiempos en la ejecución. El manejo del tiempo en la construcción es una de las variables más significativas para el logro de los objetivos. En la construcción, los plazos son ajustados y la planeación debe encaminarse en organizar de forma apropiada las actividades y sus secuencias, así como la duración de las mismas. Ajustarse al plan trazado ayuda a reducir tiempos muertos y lograr procesos mucho más eficaces.

1.2 Determinación de los recursos

No es conveniente ejecutar una obra de construcción si antes no se ha hecho un estudio profundo de los costos asociados a esta. Cuando se habla de costos, se hace referencia a los costos totales, los cuales inician en la etapa de planeación del mismo. Estos empiezan en la fase de planeación, ya que debe definirse un equipo de trabajo con funciones específicas, y dado que son recursos y consumen tiempo, pues también harán parte de los costos totales.

Una vez se lleven a cabo los estudios y diseños, se requiere la cuantificación de los costos, para lo cual deberá conocerse a cabalidad y con el mayor grado de detalle posible, las cantidades de obra a ejecutar. Un experto en presupuesto necesita contar con personal de apoyo para la cuantificación de cantidades de obra, pues de los niveles de detalle depende que un presupuesto sea o no ajustado a la realidad. El Análisis de Precios Unitarios (APU) contempla la evaluación, hasta en el grado más pequeño, de los costos de la actividad o tarea de menor rango, que para ser establecidos, requieren la cuantificación de cada recurso: material, trabajo o costo asociado.

Los recursos tipo material son los insumos que al final se usarán en la obra, llámense cemento, puntilla o alambre; los recursos del tipo trabajo involucran a la mano de obra, maquinaria o equipo que por consumir tiempo, también implican dinero y deben cuantificarse con cuidado. Los recursos tipo costos son aquellos que a pesar de que no se verán materializados en la obra acabada, sí son esenciales para su terminación, tal es el caso de diseños, estudios, asesorías, ensayos de laboratorio, transporte, entre otros. La correcta evaluación y cuantificación de estos disminuye la posibilidades de fallas presupuestales.

Además del cálculo de los recursos, el personal encargado de la planificación de la obra debe tener claridad sobre la disponibilidad de los dineros para la ejecución de la obra. Es muy común que obras pobremente planeadas queden a mitad de camino en su construcción, debido a que no se pensó en el flujo de caja o en la financiación de la obra.

1.3 Organización del equipo de trabajo

Todo proyecto de construcción debe ser concebido como una empresa, la cual requiere de un gerente y un grupo de colaboradores con responsabilidades específicas dentro de la misma. El director de proyecto es el encargado de establecer estas responsabilidades y asignar funciones de acuerdo con cada etapa del proyecto, denominése planeación, programación o ejecución y control. El equipo de trabajo debe contar por lo menos con un responsable de estudios, diseños y normatividades, todos esenciales en un proyecto de cualquier envergadura. De la misma manera, se requiere de alguien que se

encargue de la evaluación de los costos del proyecto. Esto es, se debe contar con personal idóneo en cálculo de costos y programación de actividades.

Es en la etapa misma de la planeación en la que se hace necesario pensar en el personal que estará a cargo de la supervisión y control de la obra y su ejecución. Un buen director de obra, residente e incluso un maestro de obra bien calificado, deben por lo menos estar claramente identificados a la hora de planear. No sirve de nada efectuar un buen análisis de costos o una adecuada programación de obra si al momento de su ejecución y control, el personal que se contrate carece de idoneidad para el desempeño de sus funciones.

La etapa de planeación debe incluir, siempre que sea posible, un estudio de las condiciones de campo; esto es, una exploración del sitio de la construcción. Esta se realiza con el fin de tener información de primera mano sobre las vías de acceso, características topográficas, distancias a los puntos de acopio de materiales, entre otros aspectos. Esta información es útil en la definición de planos y por ende en la estimación de costos totales.

Capítulo 2

Recursos en un proyecto de construcción

Los recursos de un proyecto corresponden a todos los elementos necesarios para que este se lleve a cabo. Se clasifican en: humanos, equipos y herramientas, tiempo, materiales, económicos y financieros, tecnológicos y jurídicos. Los recursos pueden ser pasivos o activos. Se denominan activos a aquellos cuyo costo puede variar en función del tiempo; por ejemplo, los equipos y maquinaria, así como la mano de obra. Los trabajadores consumen el recurso dinero y por eso cuanto más trabajen, más cuestan. Una retroexcavadora implica un gasto mayor, cuantas más horas de trabajo le dedique al proyecto. Los recursos pasivos, por otro lado, tienen un valor fijo en el tiempo, como es el caso de los materiales. Si un recurso ha sido bien calculado y no hay aumento o disminución en la cantidad de obra, el costo de este no variará. Lo mismo sucede con las herramientas. A continuación se define cada uno de los tipos de recursos:

2.1 Recursos humanos

Los recursos humanos asociados a un proyecto de construcción están vinculados tanto a los costos directos como a los indirectos. El personal de administración de una obra hace parte de los costos indirectos, y sobre ellos se profundizará más adelante. Secretarías, almacenistas, auxiliares de almacén, residentes en Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional (siso), ingenieros de campo y oficina, personal de contabilidad, entre otros. También hacen parte de los recursos humanos de un proyecto, el personal externo con contratación por asesoría o diseños, tales como ingenieros estructurales, hidráulicos y ambientales, geotecnista, electricista, entre otros.

Los ayudantes de obra y oficiales de construcción inciden en el producto terminado, por lo tanto hacen parte de los costos directos. Los costos asociados a estos recursos dentro de las actividades de construcción, se calculan en función de las horas de trabajo que dediquen para entregar una obra terminada. Piénsese, por ejemplo, en la construcción de 20 m² de pavimento rígido. Esta actividad debe ser realizada por personal de obreros y oficiales de construcción, quienes de acuerdo a su rendimiento, invertirán un tiempo en terminar el pavimento. Pues bien, el costo de este personal en dicha actividad será función directa del tiempo empleado. El personal de obra puede cuantificarse como horas hombre (hH) u horas cuadrilla (hC), según como se organice. El valor de una hora hombre es la remuneración económica que debe pagarse por cada hora que un obrero emplee en el trabajo dentro de una actividad. El valor de hH puede variar en función del tipo de tarea que se ejecute y la experiencia del trabajador. La hC, por su parte, supone la vinculación de más de una persona a la actividad, comúnmente ayudantes y oficiales.

Las cuadrillas están directamente relacionadas con la actividad en la cual se desempeñan. Si por ejemplo se tiene una cuadrilla de dos ayudantes y un oficial para ejecutar la construcción de un (1) metro cúbico de cimentación, el tiempo empleado por esta será diferente del utilizado por una cuadrilla similar para la construcción de un (1) metro cúbico de columna. El tema de los recursos humanos se tratará con mayor profundidad en los Análisis de Precios Unitarios (APU).

2.2 Equipo y maquinaria

Son aparatos mecánicos y manuales que se usan para facilitar las actividades de ejecución de las tareas de construcción, los cuales consumen tiempo y dinero, ya que se cobran por horas de trabajo. El rendimiento de una actividad está asociado al de estos equipos; de ahí la necesidad de contar con maquinaria confiable. Entre la maquinaria más comúnmente usada en la construcción de viviendas y urbanizaciones se pueden mencionar la retroexcavadora, buldócer, volquetas, *bobcats*, compactadores, entre otros. La función de estas es la de mover, transportar o compactar el suelo donde se proyecta la construcción.