

La gestión del cronograma

Gestión del cronograma del proyecto

Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
	Planificar la gestión del cronograma		Controlar el cronograma	
	Definir las actividades			
	Secuenciar las actividades			
	Estimar los recursos de las actividades			
	Estimar la duración de las actividades			
	Desarrollar el cronograma			

Desarrollar el cronograma

Técnicas

- **Método del camino crítico (CPM)**
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

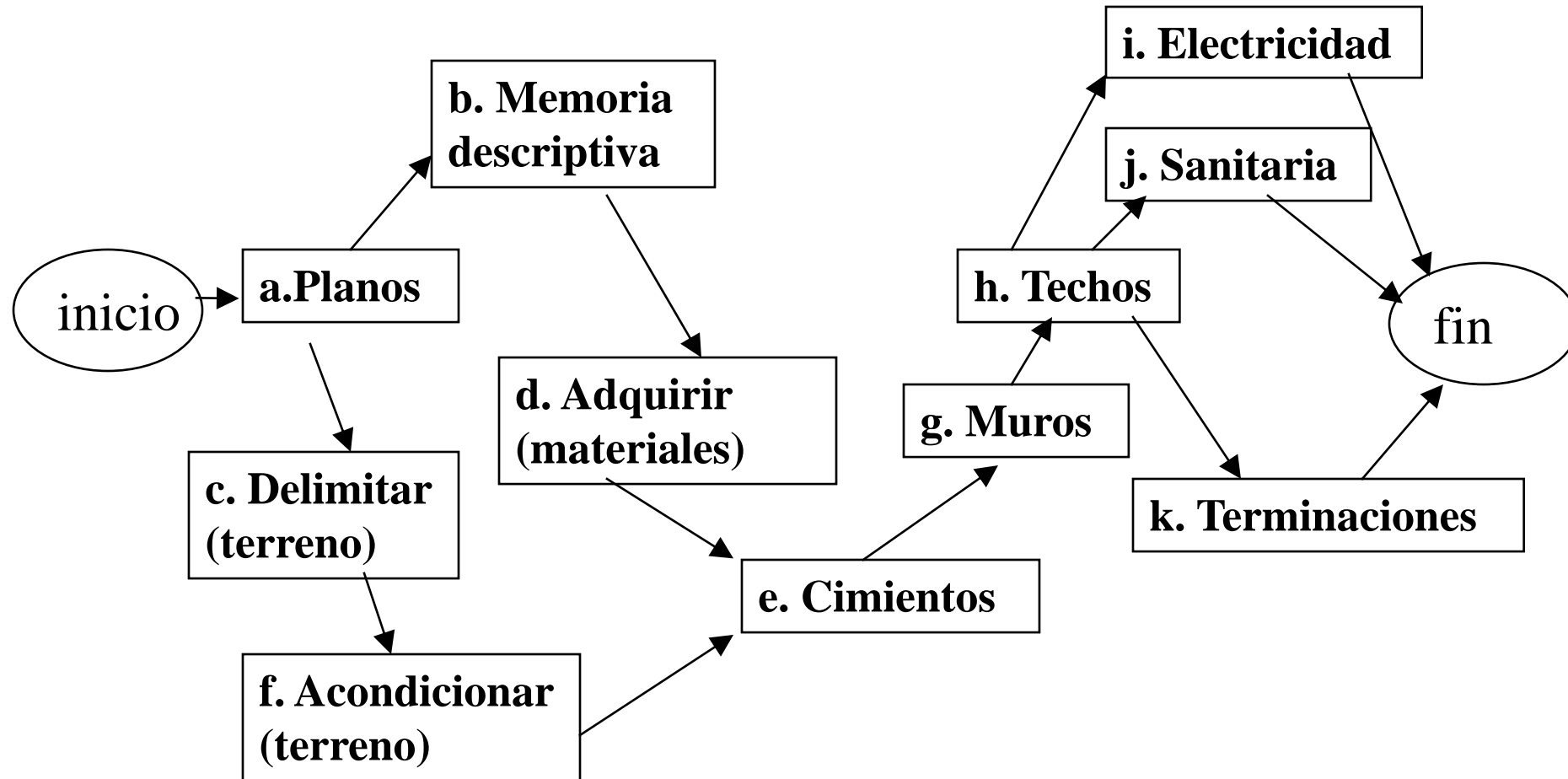
Método del camino crítico

Método del Camino Crítico (CPM)

Critical Path Method

- Técnica de análisis de la red del cronograma:
 - calcula las fechas de inicio y finalización, tempranas y tardías, para todas las actividades,
 - sin tener en cuenta las limitaciones de recursos,
 - y realiza un análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma.
- Permite:
 - calcular la duración mínima total del proyecto
 - determinar el nivel de flexibilidad en la planificación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma.

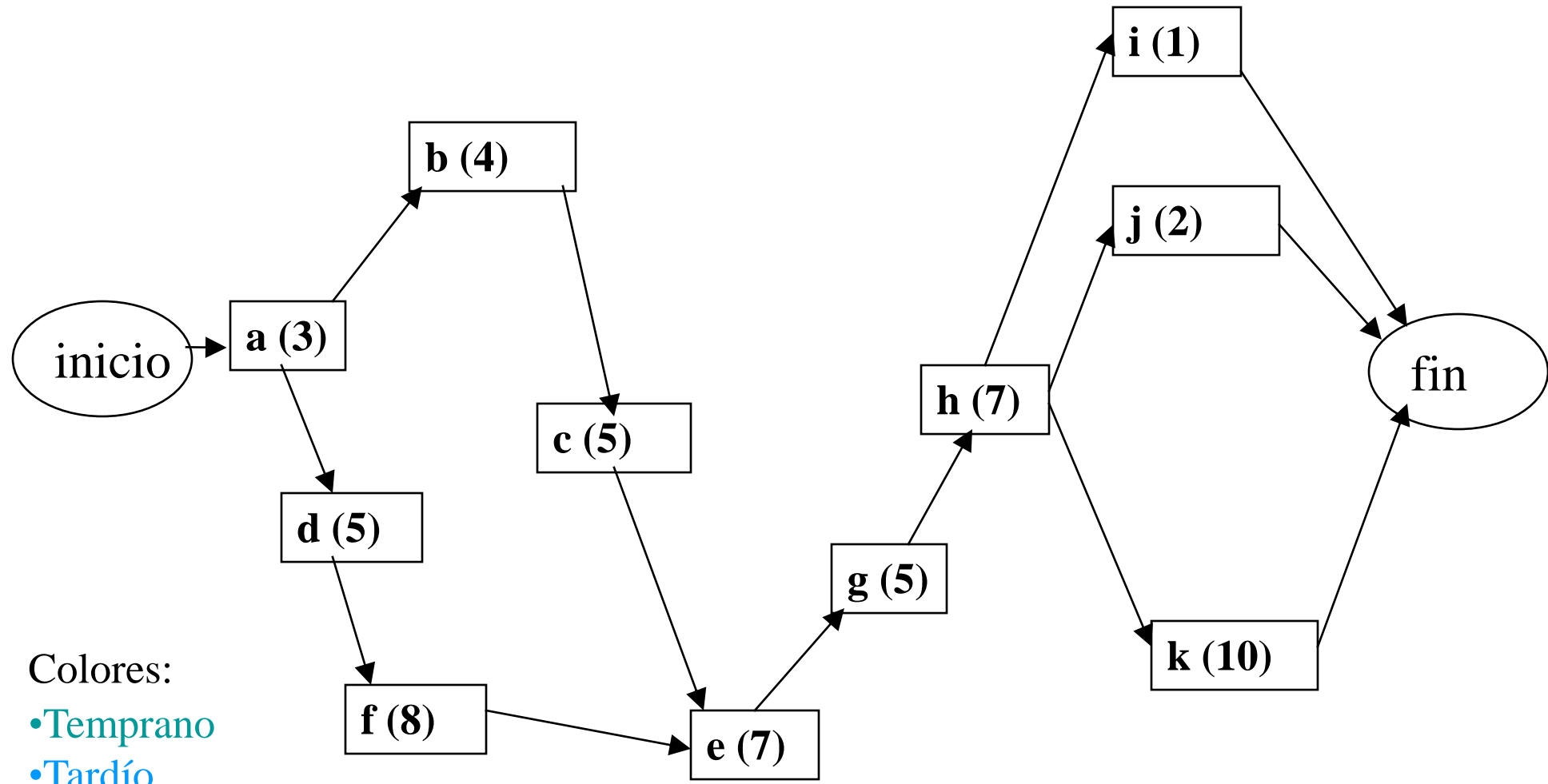
Grafo de actividades



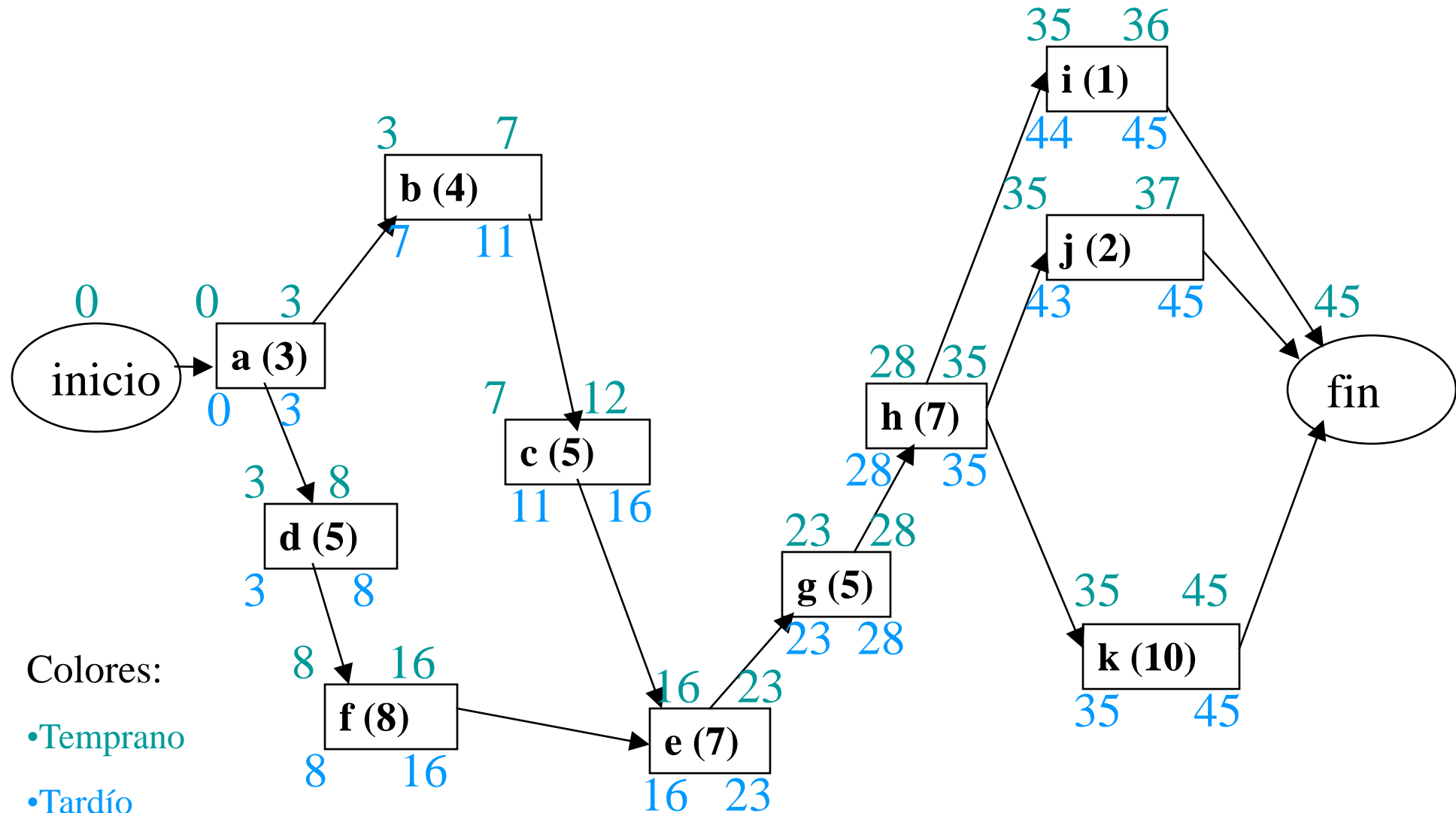
Método del camino crítico – Conceptos básicos

- **Comienzo temprano:** lo antes que puede comenzar respetando las precedencias y las duraciones
- **Fin temprano:** la fecha de fin si la actividad comienza lo antes posible y dura lo previsto
- **Comienzo tardío:** lo más tarde que puede comenzar la actividad sin afectar la duración del proyecto
- **Fin tardío:** lo más tarde que puede terminar la actividad sin afectar la duración del proyecto
- **Holgura total:** cuánto se puede atrasar el comienzo de una actividad sin afectar la fecha de fin del proyecto
- **Holgura libre:** cuánto se puede retrasar una actividad dentro de un mismo camino sin retrasar la fecha de inicio temprana de cualquier actividad subsiguiente inmediata
- **Camino crítico:** integrado por actividades que si se atrasan, atrasan el proyecto (holgura total=0)

Grafo de actividades con duraciones

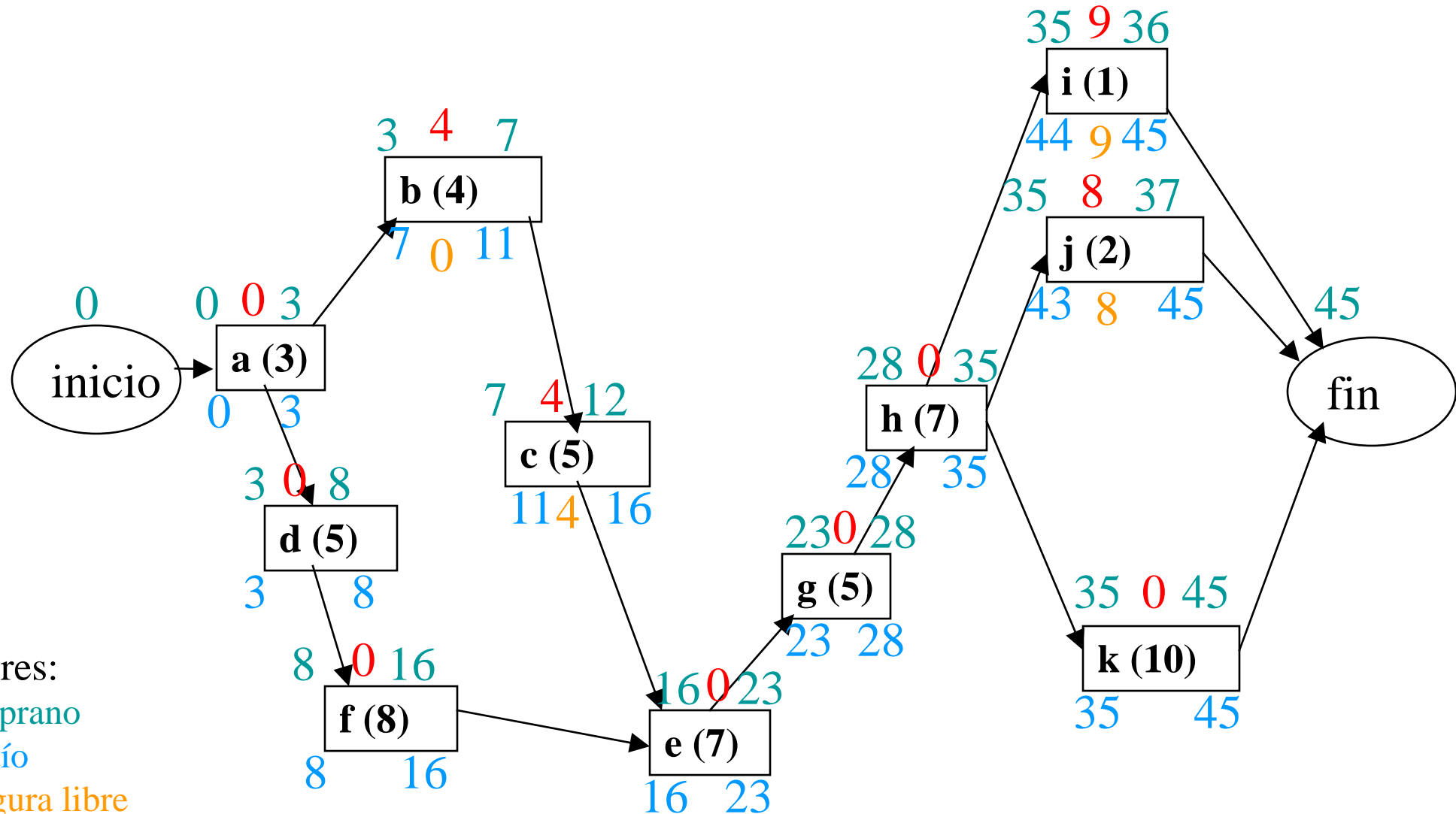


Grafo de actividades con duraciones



¿Cuál es el camino crítico?

Grafo de actividades con duraciones



Colores:

- Temprano
- Tardío
- Holgura libre
- Holgura total

Calcular las holguras libres y totales

Camino crítico

- Puede haber más de un camino crítico.
- ¿Interés de determinar el camino crítico?
- Atrasos se deben generalmente a:
 - No se terminaron precedentes
 - No están los recursos. P. e. huelga

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- **PERT**
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

PERT

Program Evaluation & Review Technique

PERT

- Como CPM, pero la duraciones variables aleatorias de distribución β y se trabaja con el valor esperado.
- Para la duración de cada actividad hace tres estimaciones: a (optimista), m (más probable) y b (pesimista).
- Le atribuye distribución Beta (no siempre simétrica) y aproxima:
 - el valor esperado por $E=(a+4m+b)/6$,
 - σ por $(b-a)/6$ y
 - $\sigma^2 = [(b-a)/6]^2$
- Supone:
 - que las duraciones son variables aleatorias independientes
 - que el camino crítico tiene duración mayor a cualquier otro
 - nro. de actividades en el camino crítico suficientemente grande como para aplicar el Teorema del Límite (la suma tiene distribución normal)

• por lo que:

$$E_{\text{proyecto}} = \sum E_{\text{activ.camino crítico}}$$

$$\sigma^2_{\text{camino crítico}} = \sum \sigma^2_{\text{activ.camino crítico}}$$

PERT

Principales limitaciones

- El número de actividades que forman el camino crítico debe ser bastante elevado.
- Las distintas variables aleatorias deben seguir la misma distribución de probabilidad.
- Las variables aleatorias deben ser independientes, pero ¿las duraciones lo son?
- En sw no. Si el diseño llevó el doble de lo previsto, es razonable que la implementación también lleve el doble.
- ¿Y los otros caminos?
- No se tiene en cuenta que, debido a la aleatoriedad, otras actividades que no forman parte del camino crítico podrían tener una duración mayor que la esperada y pasar a formar parte del camino crítico.
- PERT muy usado en la construcción, no tanto en sw, para el cálculo de duraciones (sí para el de tamaño).

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- **Método de la cadena crítica (CCM)**
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

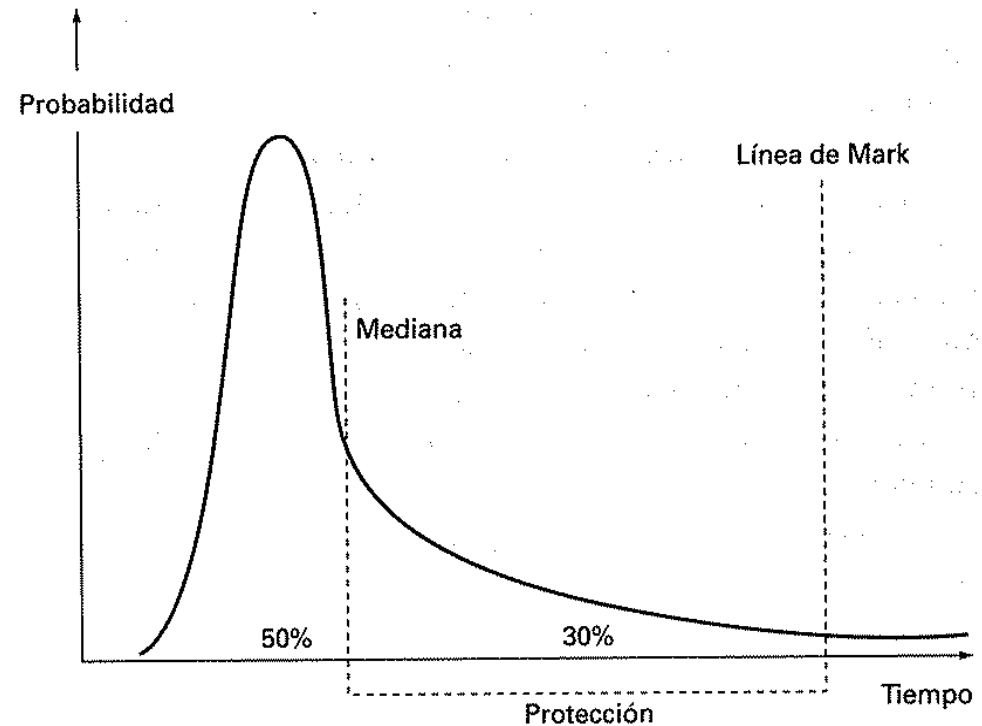
Método de la cadena crítica



Margen de seguridad

Estamos acostumbrados a creer que la única forma de proteger a un proyecto en su totalidad es mediante la *protección del plazo de terminación de cada etapa*.

En consecuencia: le añadimos a cada etapa una *gran cantidad de margen de seguridad (200 %)*.



- Los desperdiciamos por tres mecanismos:

1

El síndrome del estudiante

2

Multitarea

3

Los retrasos se acumulan,
pero los avances no.

Método de la cadena crítica

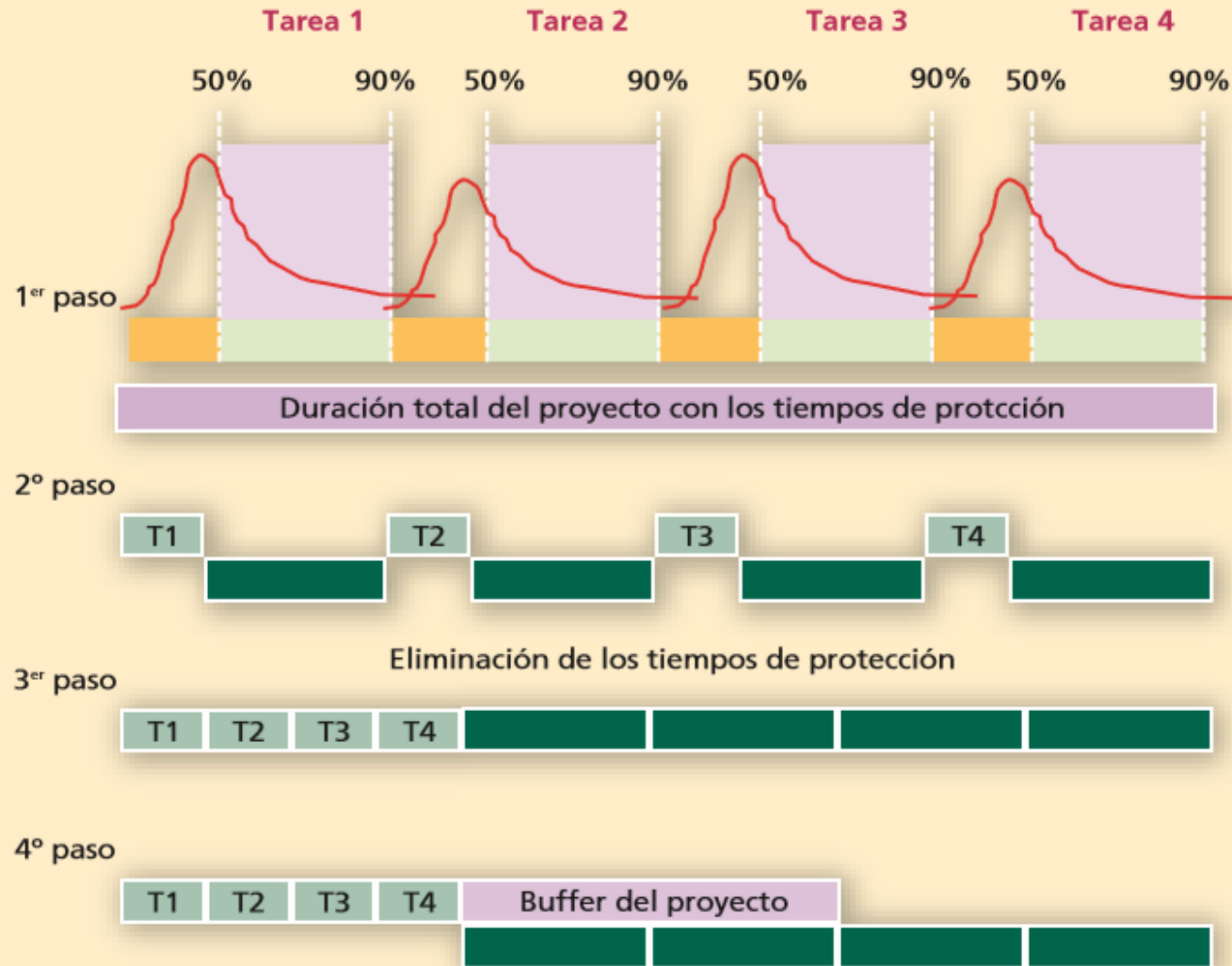
1. *Buffers*:

- Utiliza actividades con duraciones que no contemplan márgenes de seguridad, relaciones lógicas ni disponibilidad de recursos.
- El cuello de botella de un proyecto es el camino crítico.
- Agrega colchones de duración: actividades del cronograma que no requieren trabajo y que se utilizan para manejar la incertidumbre.
 - **Colchón del proyecto**: al final de la cadena crítica.
 - **Colchones de alimentación**: en cada punto fuera de la cadena crítica que la alimenta.
- Colchón o *buffer* o amortiguador:
 - actividad ficticia asociada a una actividad real y con una duración determinada que se añade en un punto determinado del cronograma del proyecto, para asumir posibles desviaciones temporales en la ejecución.

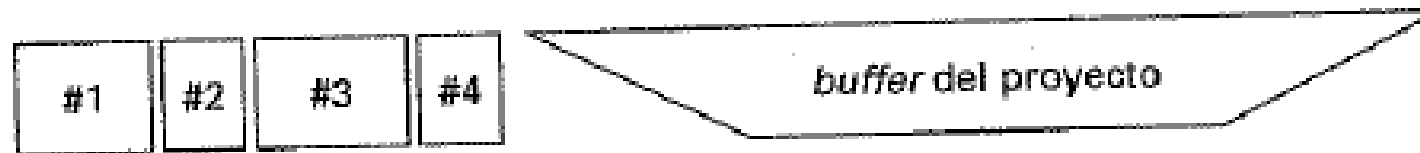
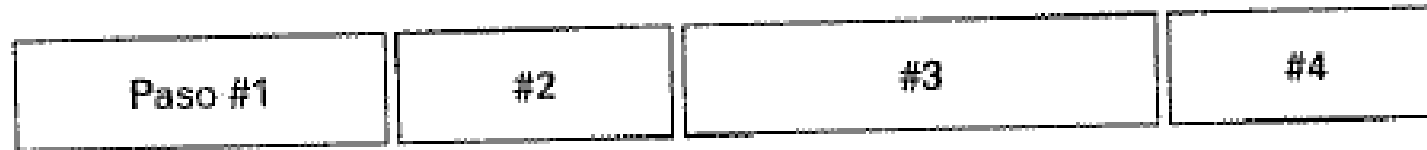
2. Agrega la consideración de **limitaciones de recursos**.

Buffer del proyecto

EL MÉTODO DE "CORTAR Y PEGAR"



1. Recortar en cada proceso del camino crítico la estimación de tiempo original de esa etapa a la mitad y utilizar la mitad del tiempo reducido como *buffer* del proyecto.





Planificación inicial



Planificación real + holgura

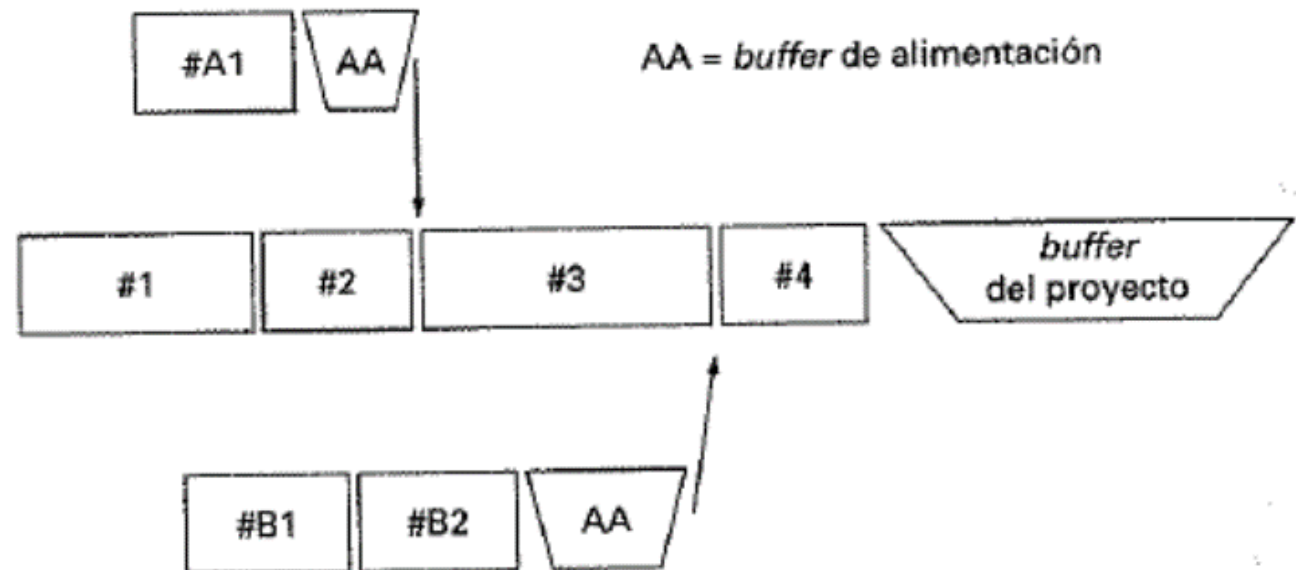


Uso de amortiguadores

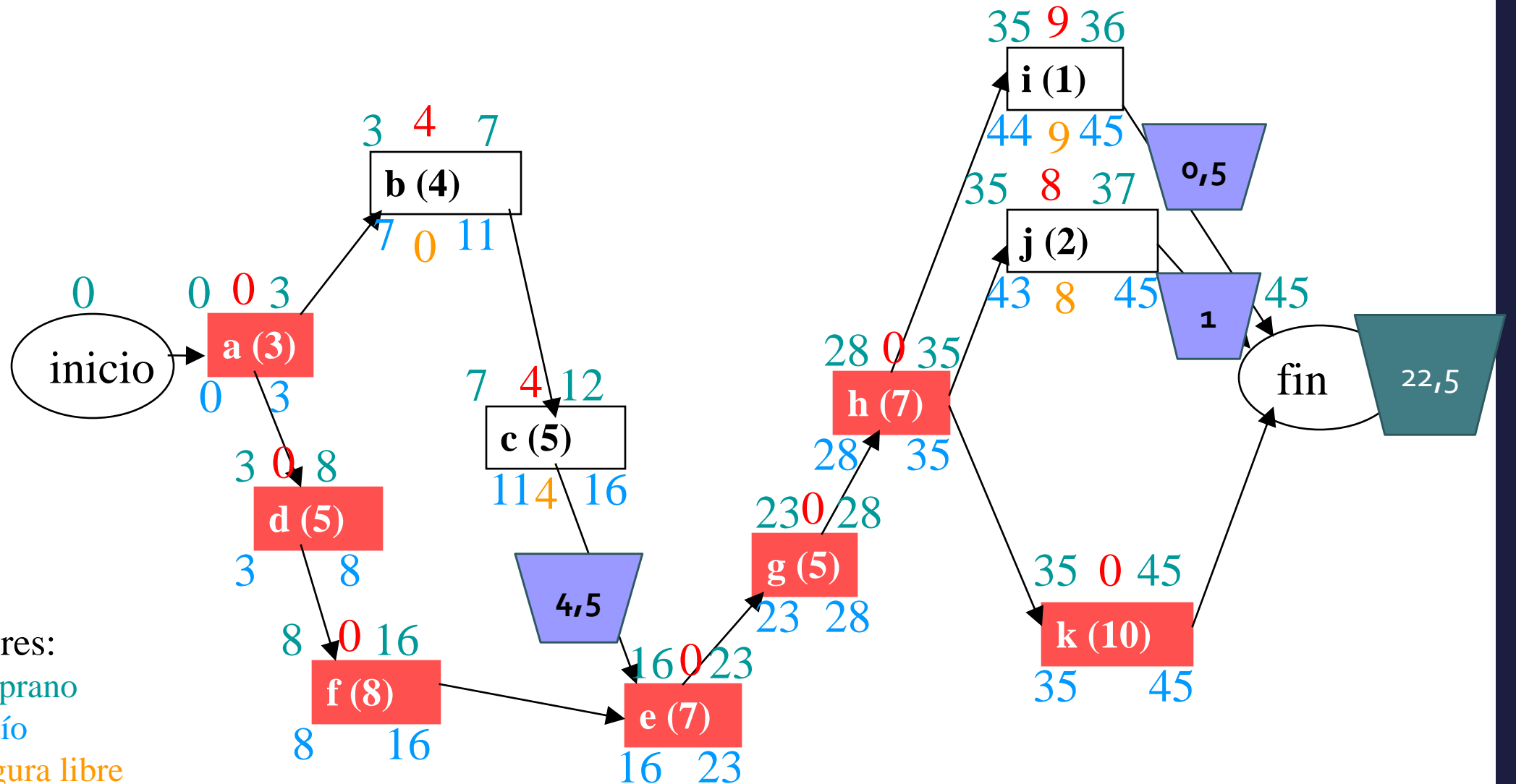
Buffers de alimentación

2. La mayoría de los problemas que afectan al camino crítico no se producen dentro de él.

Insertar un *buffer* en los puntos en que la línea de un proceso alimentador se une al camino crítico (para proteger la limitación de los problemas que se producen fuera de la propia limitación).



Grafo de actividades con duraciones



Colores:

- Temprano
- Tardío
- Holgura libre
- Holgura total

Calcular los colchones del proyecto y de alimentación

Buffer del
proyecto

Colocar el *buffer* del
proyecto después del
nodo de fin.

Buffer de alimentación

Su duración se calcula eliminando los márgenes de seguridad cada tarea de la rama (50 %), sumándolos y dividiendo el resultado entre 2. (O sea, el buffer resultará la mita de la duración de la rama sin márgenes).

Si hay tareas que participen de más de una rama, sumo su margen en cada una de las ramas.

Si la extensión del colchón supera la holgura total de la rama, el excedente se agrega al final extendiendo el buffer del proyecto.

Las ramas no críticas que desembocan en el nodo final también llevan un buffer de alimentación para proteger la fecha de finalización estimada del camino crítico.

Cuando el problema produce un retraso mayor que el buffer de alimentación, el plazo de ejecución del proyecto está protegido por el buffer del proyecto.

Fecha de
terminación
comprometida

Fecha de terminación
comprometida = largo del
camino crítico + **buffer** del
proyecto + excedentes de ramas
no críticas (*buffer* de
alimentación – holgura total).

En el ejemplo: $45 + 22,5 + 0,5 = 68$

Planificación

- Una vez que se han determinado las actividades colchón del cronograma, las actividades previstas se planifican sobre la base de la holgura restante, dejando libre el espacio para el buffer de alimentación.

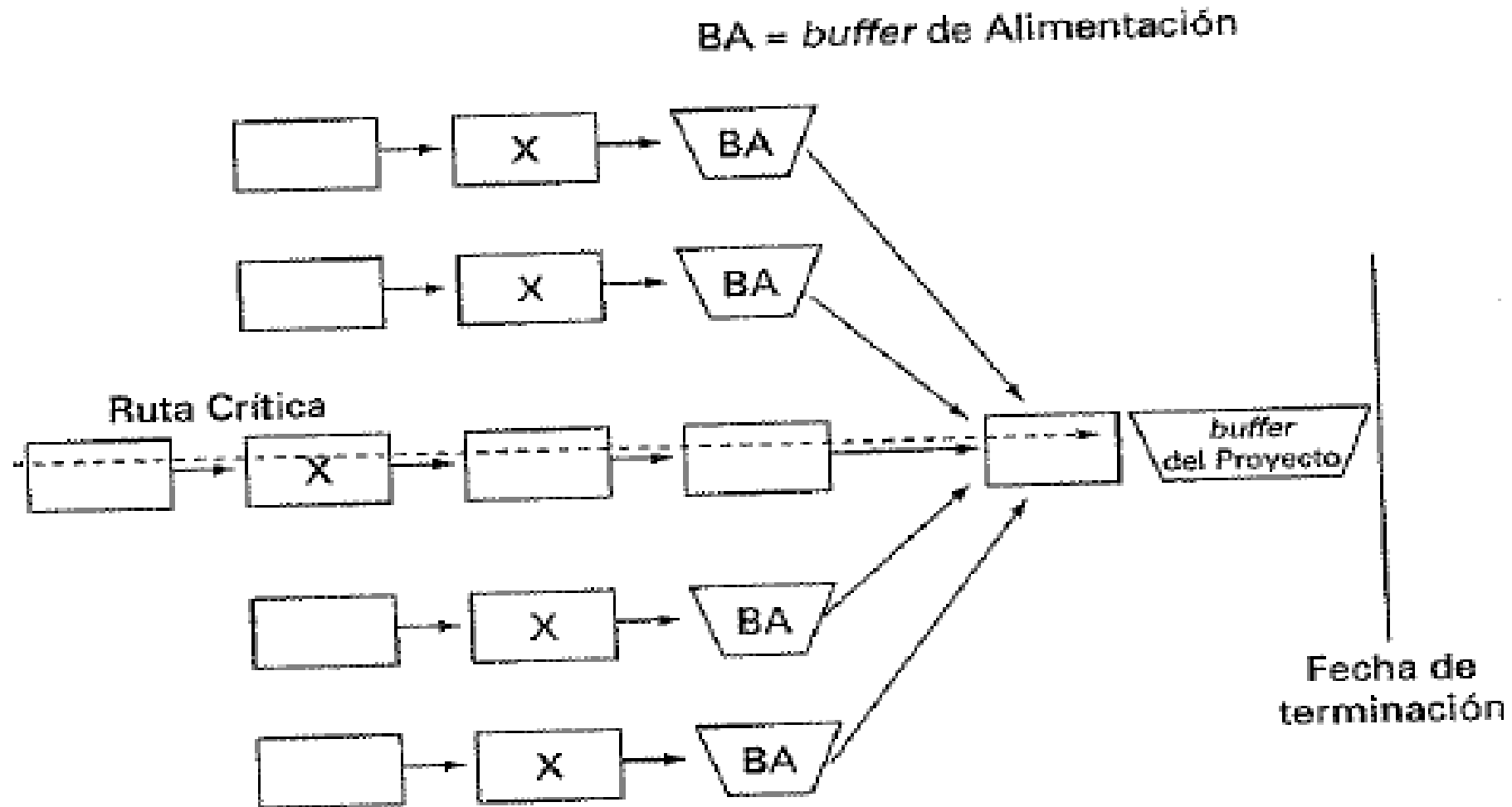
Control

- Medición del avance por % completado del CC.
- En lugar de gestionar la holgura total de los caminos, o las fechas de comienzo y fin de las tareas, se gestionan las duraciones restantes de los colchones en función de las duraciones restantes de las cadenas de tareas.
- Controlar todos los *buffers*, no solo el del proyecto. Prioridad:
 - Etapas que reducen el *buffer* del proyecto, porque
 - forman parte del CC y están retrasadas
 - No forman parte del CC, pero están atrasadas al punto de hacer desaparecer el *buffer* de alimentación y afectar el CC.
 - Etapas que reducen los buffers de alimentación sin afectar el *buffer* del proyecto:
 - Nro. de días de retraso consumidos del *buffer*.
 - % del *buffer* consumido
 - Días que quedan en el *buffer*.

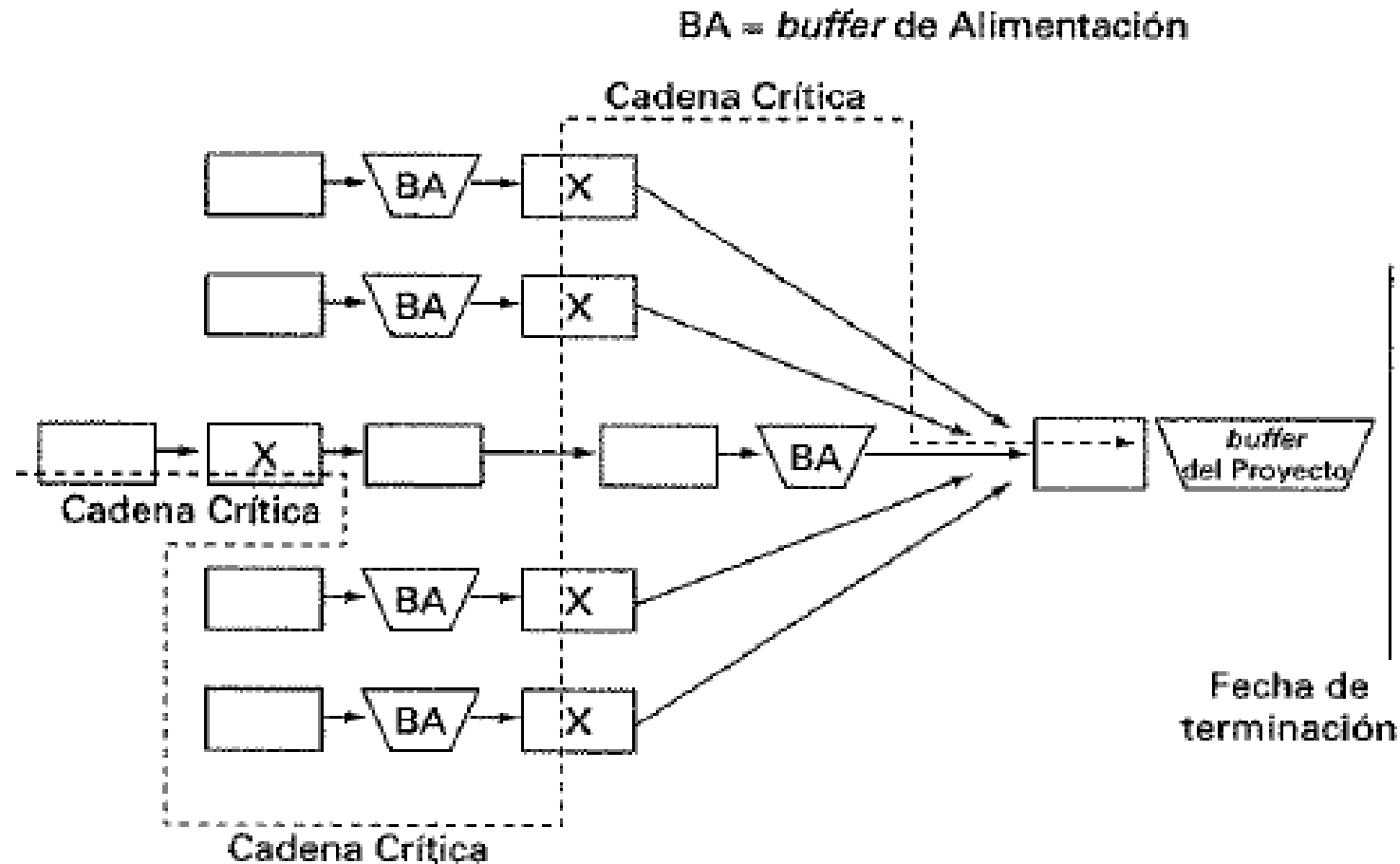
Buffer de recursos

- Es un período antes de una actividad del camino crítico donde se preparan los recursos para poder comenzar.
- No modifica la duración de ninguna actividad ni los plazos de ejecución.
- Ejemplo:
 - Se les comienza a avisar a los empleados que deben terminar lo que están haciendo ya que está por comenzar una etapa perteneciente al camino crítico.

Problema: recursos no disponibles porque están compartidos por etapas paralelas



Solución: cadena crítica



La dependencia entre dos etapas puede deberse a que ambas son realizadas por el mismo recurso, que tiene capacidad limitada --> deben realizarse de forma secuencial.

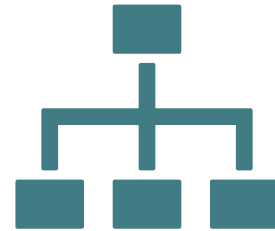
Cadena crítica. = cadena de etapas que forman la limitación.

Solución



Solución:

- que el trabajo de X lo hagan otros
- que el trabajo X lo haga antes o después.



Pasos:

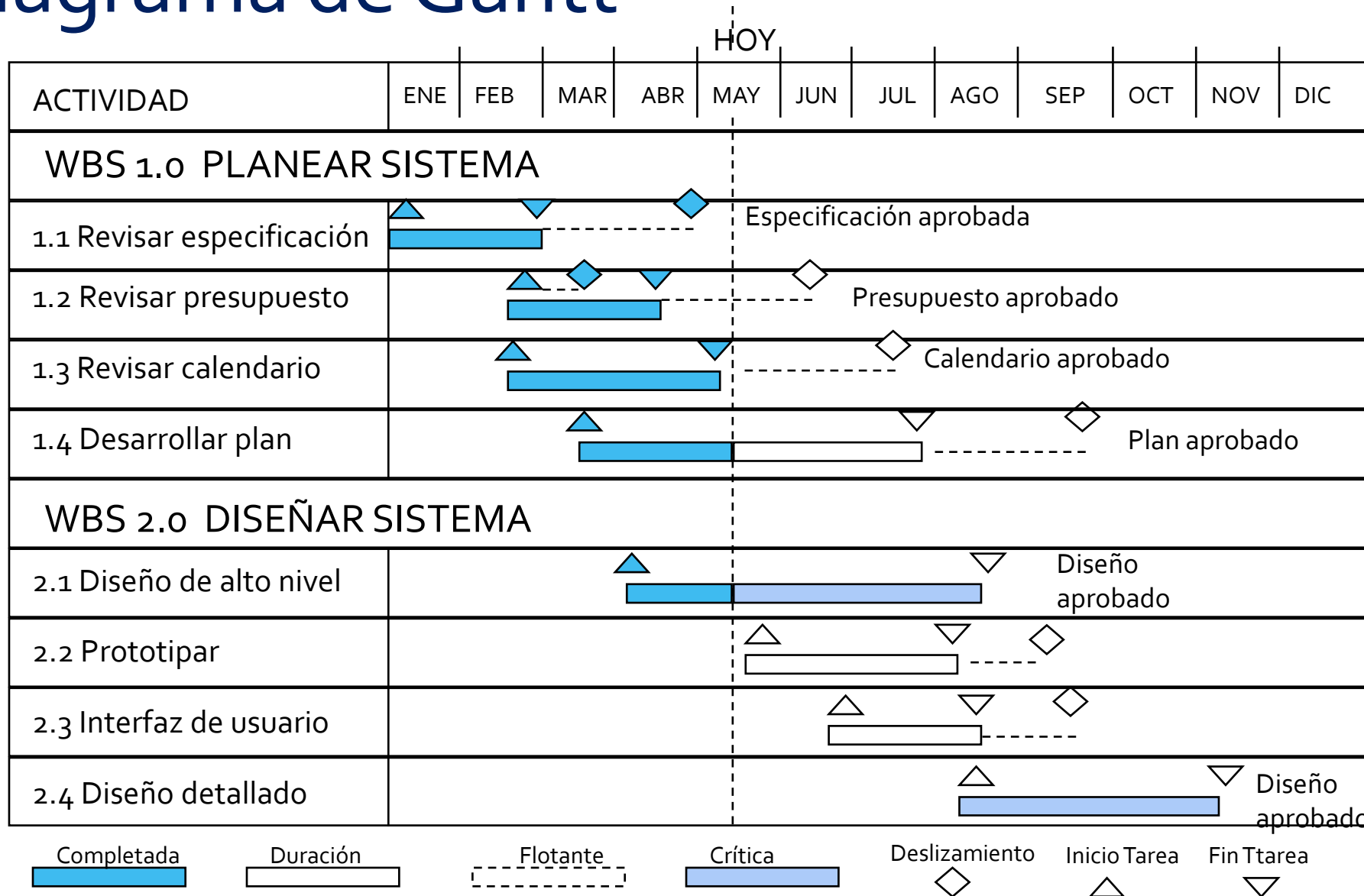
- Añadir recursos al gráfico.
- Asegurar que etapas que debe realizar el mismo recurso no se hagan en paralelo (o excediendo su capacidad).
- Moverlos hasta que no haya conflicto.

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- **Diagrama de Gantt**
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

Diagrama de Gantt

Diagrama de Gantt



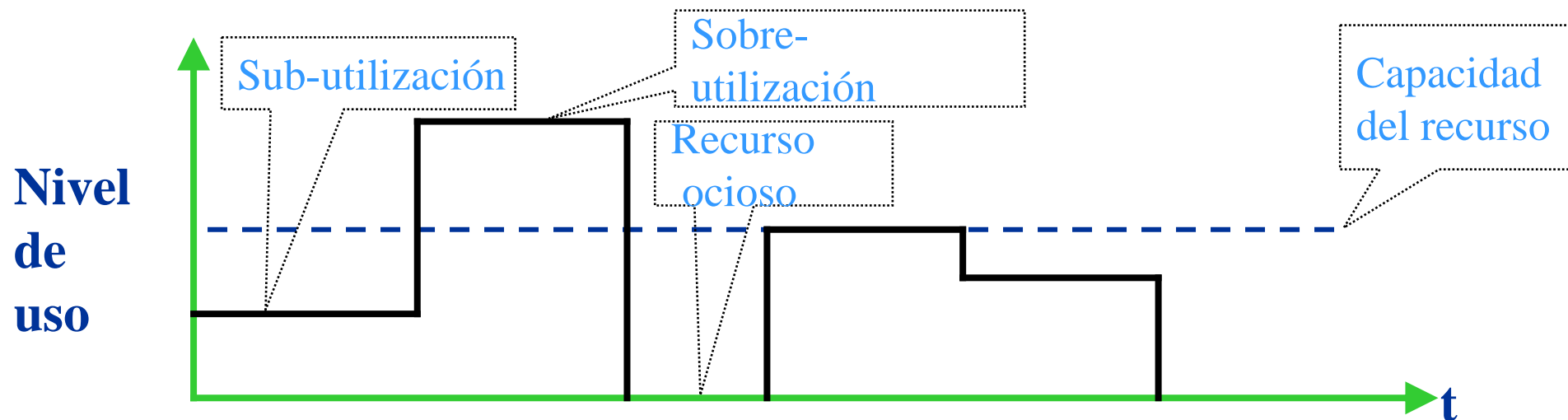
Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- **Perfil de uso de recursos**
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

Perfil de uso de recursos

Perfil de uso de recursos

- Un diagrama de Gantt tiene asociado (de forma explícita o no) una utilización de recursos (personas, maquinaria, etc.) para cumplir las actividades.
- El perfil de uso permite evaluar si el plan del diagrama es factible (no hay sobre-utilización) y si hay sobre-costos derivados de períodos de ocio.
- El plan final resulta de revisar y ajustar Gantt y recursos.



Asignación de recursos

- Factores que complican la asignación de recursos
 - Falta de suficientes recursos cuando se necesitan
 - Recursos compartidos entre varios proyectos y programas.
- Recomendación:
 - Desarrollar el cronograma primero sin contemplar las restricciones y asignaciones de recursos.
 - Iterar sobre el plan inicial para alcanzar un equilibrio aceptable entre el cronograma, el perfil de uso de recursos y los requisitos.

Opciones aceptables para alcanzar un balance:

- Reacomodar las tareas tal que se necesiten menos recursos en las semanas pico.
- Extender el cronograma para que se necesiten menos recursos en las semanas pico.
- Agregar más recursos para mantener el cronograma
- Usar más recursos productivos, tal que se necesiten menos recursos.
- Disminuir el alcance para que se necesiten menos recursos y menos tiempo.
- Alguna combinación de los anteriores.

Opciones inaceptables para alcanzar un balance

- Producir un plan poco realista que no se podrá implementar con éxito
- Planificar tiempo extra:
 - El personal se cansará y desmotivará
 - No deja margen para cuando haya picos que exijan períodos cortos de tiempo extra.
- Reducir o eliminar las actividades de control **y aseguramiento** de la calidad, tales como inspecciones, revisiones y pruebas.

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- **Técnicas de optimización de recursos:**
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- Técnicas de compresión del cronograma

Técnicas de optimización de recursos

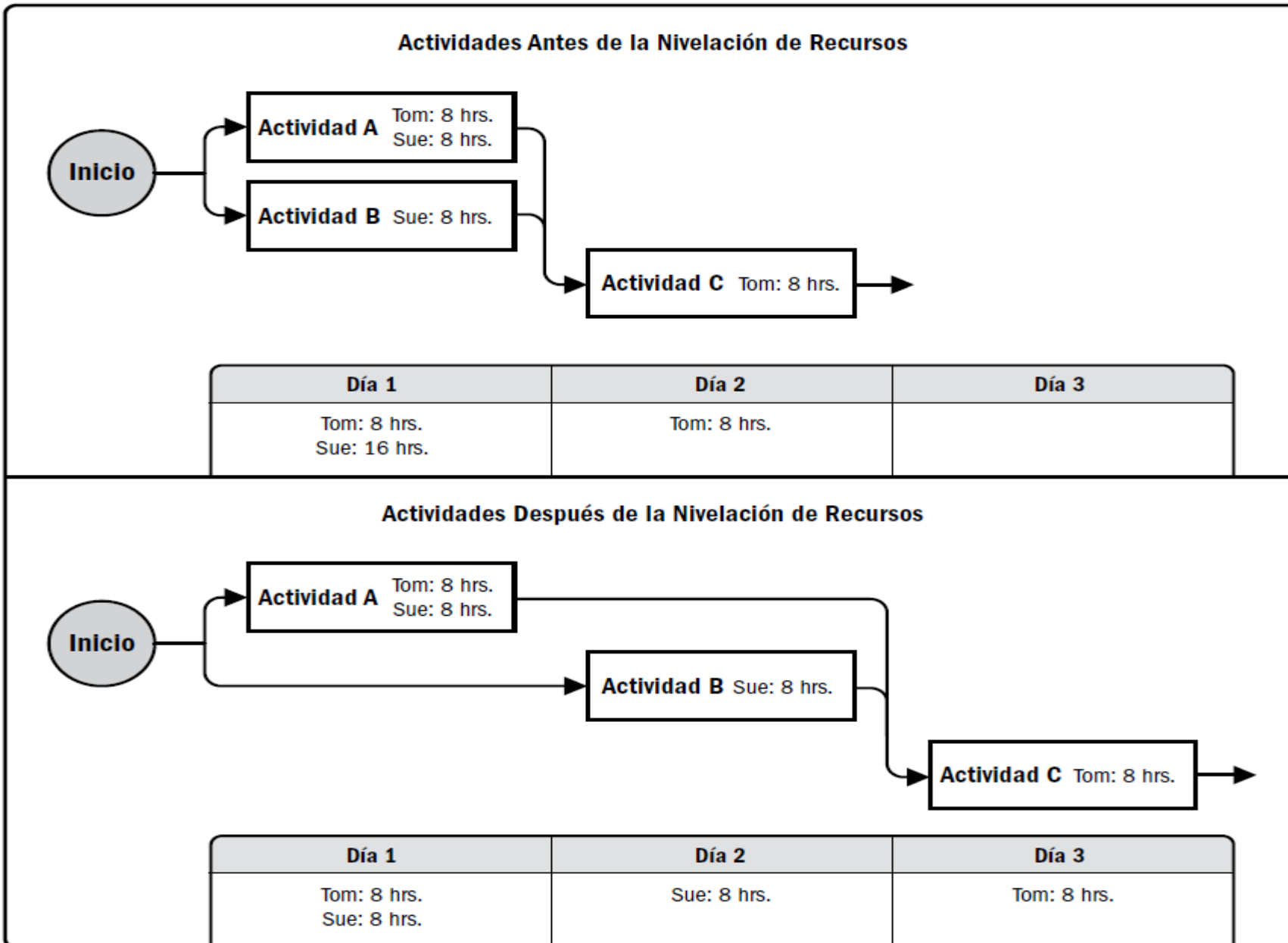
Optimización de recursos

- Se utiliza para ajustar las fechas de inicio y finalización de las actividades,
- a fin de ajustar el uso planificado de recursos
- para que sea igual o menor que la disponibilidad de los mismos.
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Estabilización de recursos

Nivelación de recursos

- Las fechas de inicio y finalización se ajustan sobre la base de las restricciones de los recursos
- para equilibrar la demanda de recursos con la oferta disponible.
- Se puede utilizar cuando:
 - los recursos compartidos o críticos se encuentran únicamente disponibles en determinados momentos o en cantidades limitadas,
 - han sido sobrecargados, o
 - se desea mantener la utilización de recursos en un nivel constante.
- La nivelación de recursos generalmente aumenta el camino crítico.

Nivelación de recursos



Equilibrio/estabilización de recursos

- Ni el camino crítico del proyecto ni la fecha de finalización se modifican.
- Solo se pueden retrasar dentro del margen de su holgura libre y de la holgura total.
- Puede no servir para optimizar la totalidad de los recursos.

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Perfil de uso de recursos
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- **Técnicas de modelado / análisis de datos:**
 - **Análisis «¿Qué pasa si...?»**
 - **Simulación**
 - **El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.**
- Técnicas de compresión del cronograma

Técnicas de modelado / análisis de datos

Análisis de escenarios «¿Qué pasa si...?»

- Proceso que consiste en evaluar escenarios a fin de predecir su efecto, positivo o negativo, sobre los objetivos del proyecto.
- Consiste en analizar la pregunta «¿Qué pasa si se produce la situación representada por el escenario 'X'?»
- Se analiza la red del cronograma, para calcular los diferentes escenarios. P. ej.
 - un retraso en la entrega de un componente principal
 - la prolongación de la duración de un diseño específico
 - la introducción de factores externos:
 - una huelga
 - un cambio en el procedimiento de permisos.
- Utilidad:
 - evaluar la viabilidad del cronograma del proyecto bajo condiciones diferentes
 - preparar reservas de cronograma y planes de respuesta para abordar el impacto de situaciones inesperadas.

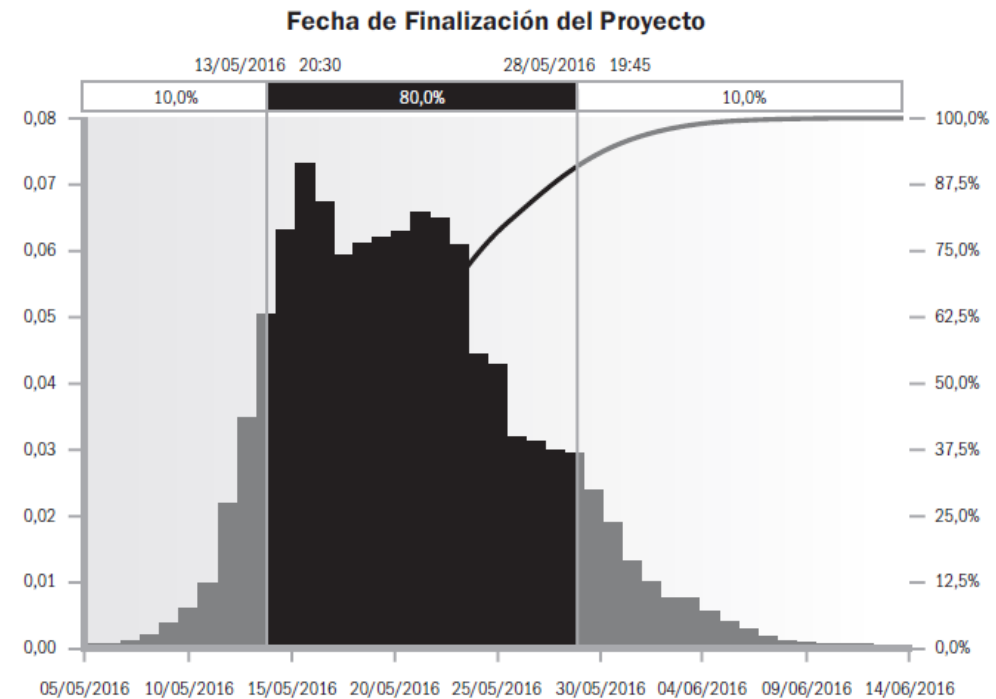
Simulación

- Modela los efectos combinados de los riesgos individuales del proyecto y otras fuentes de incertidumbre
- para evaluar su posible impacto en el logro de los objetivos del proyecto.
- Implica calcular múltiples duraciones de paquetes de trabajo a partir de diferentes conjuntos de supuestos, restricciones, riesgos, incidentes o escenarios sobre las actividades, mediante el uso de distribuciones de probabilidad y otras representaciones de la incertidumbre.
- La técnica de simulación mas utilizada es el análisis Monte Carlo.



Simulación - Ejemplo

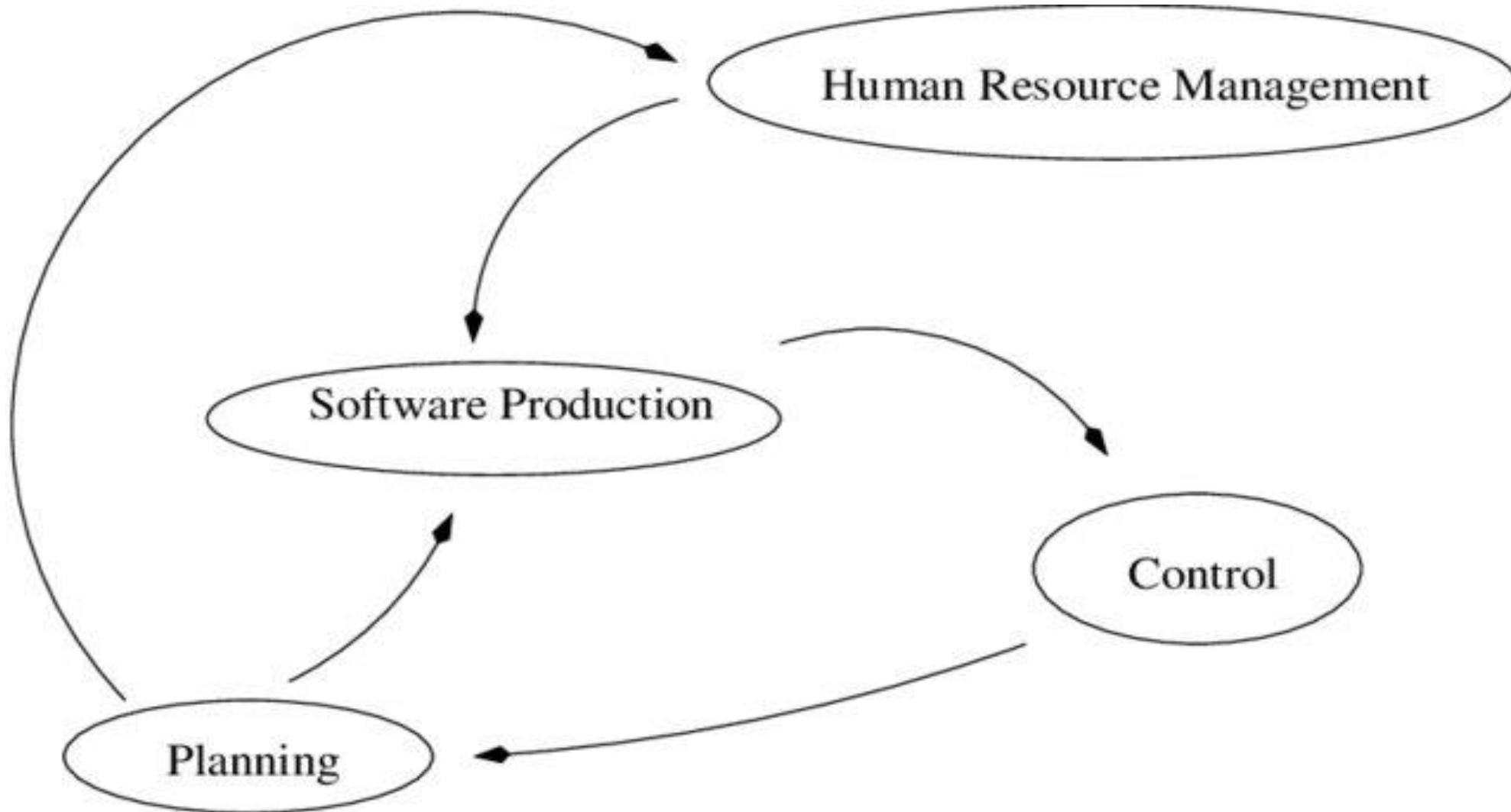
- Distribución de probabilidad para un proyecto con la probabilidad de alcanzar una cierta fecha objetivo.
- En este ejemplo, existe un 10% de probabilidad de que el proyecto termine en la fecha objetivo del 13 de mayo o antes, mientras que existe un 90% de probabilidad de completar el proyecto para el 28 de mayo.



Modelo de Abdel-Hamid y Madnick

- Modelo dinámico para simular la evolución temporal de los proyectos de desarrollo de software y ayudar a entender el proceso de desarrollo de software.
- Permite estudiar los efectos y evaluar el impacto de las políticas y acciones de gestión de proyectos en el desarrollo de software.
- Contiene tres tipos de funciones relacionadas con la dinámica de sistemas de proyectos software: funciones relacionadas con
 - la dirección,
 - la producción y
 - los recursos humanos del proyecto.
- El modelo plasma los elementos de gestión para un proyecto pequeño o mediano de desarrollo de software utilizando el modelo de construcción en cascada.

Vista de alto nivel del modelo de gestión de software



Subsistemas

El modelo de Abdel-Hamid está dividido en 4 subsistemas manejables y comprensibles

1. Subsistema de recursos humanos.

- Contiene aspectos como la contratación, integración y asimilación en el proyecto de los técnicos nuevos, la transferencia y rotación del personal técnico, etc.

2. Subsistema de producción software.

- Modela el proceso de desarrollo de software, excepto los requisitos, la operación y el mantenimiento.
- Puede dividirse en otros cuatro subsistemas:
 - Asignación de esfuerzo. El esfuerzo será asignado a las actividades de capacitación o formación, actividades de aseguramiento de la calidad y el resto a la producción software.
 - Desarrollo de software. Esta actividad contiene las tareas de creación de software propiamente dichas.
 - Aseguramiento de la calidad y retrabajo. Dedicada a la detección y corrección de errores.
 - Pruebas del sistema. Consiste en verificar la calidad y el cumplimiento de las especificaciones.

Subsistemas

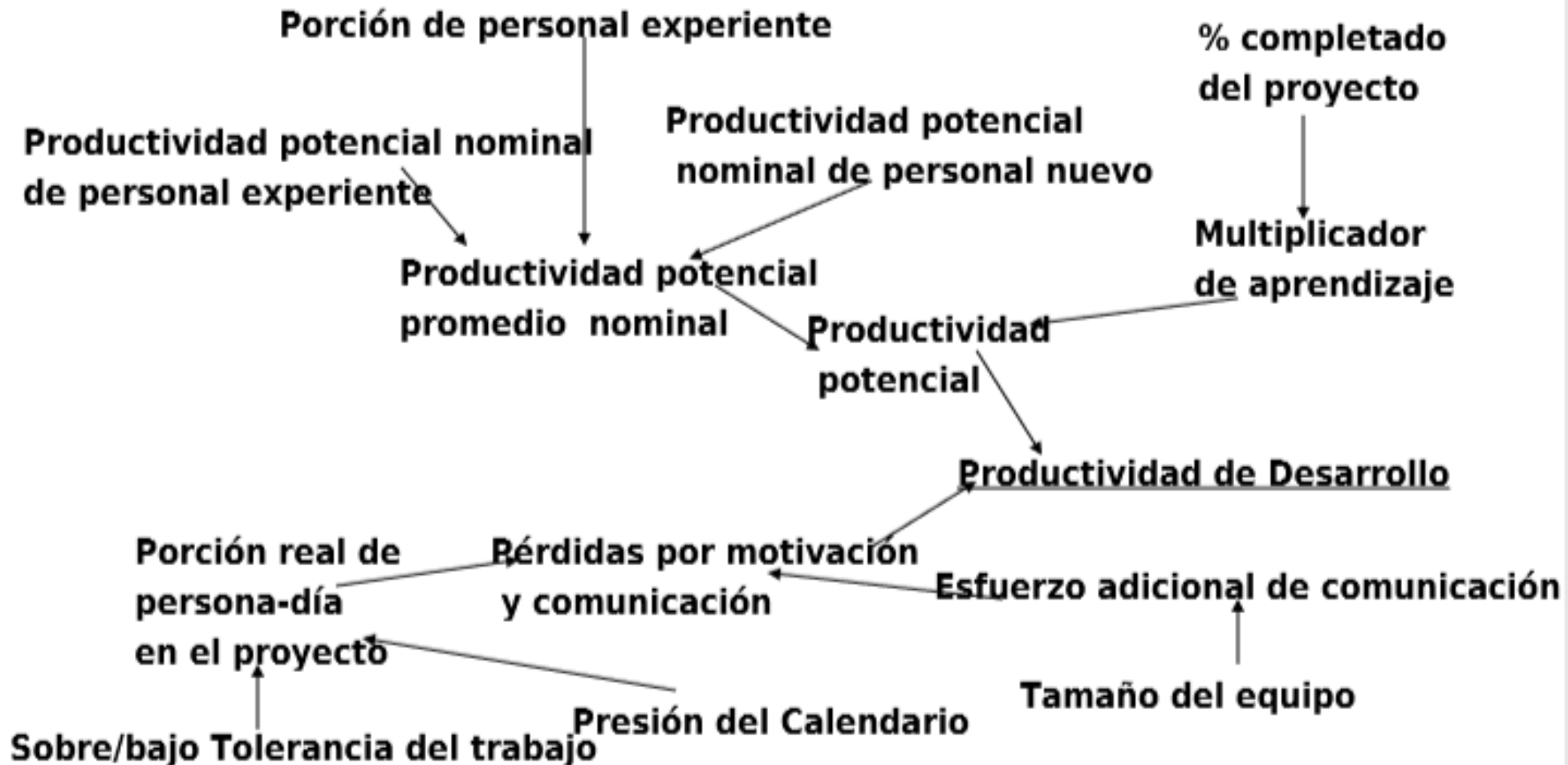
3. Subsistema de control

- Se encarga de medir el progreso efectuado y compararlo con las estimaciones del subsistema de planificación.
- Se ocupa de la información disponible para la toma de decisiones.
- El modelo tiene en cuenta que es difícil conocer el estado verdadero del proceso durante el desarrollo, dado que la información no es correcta.

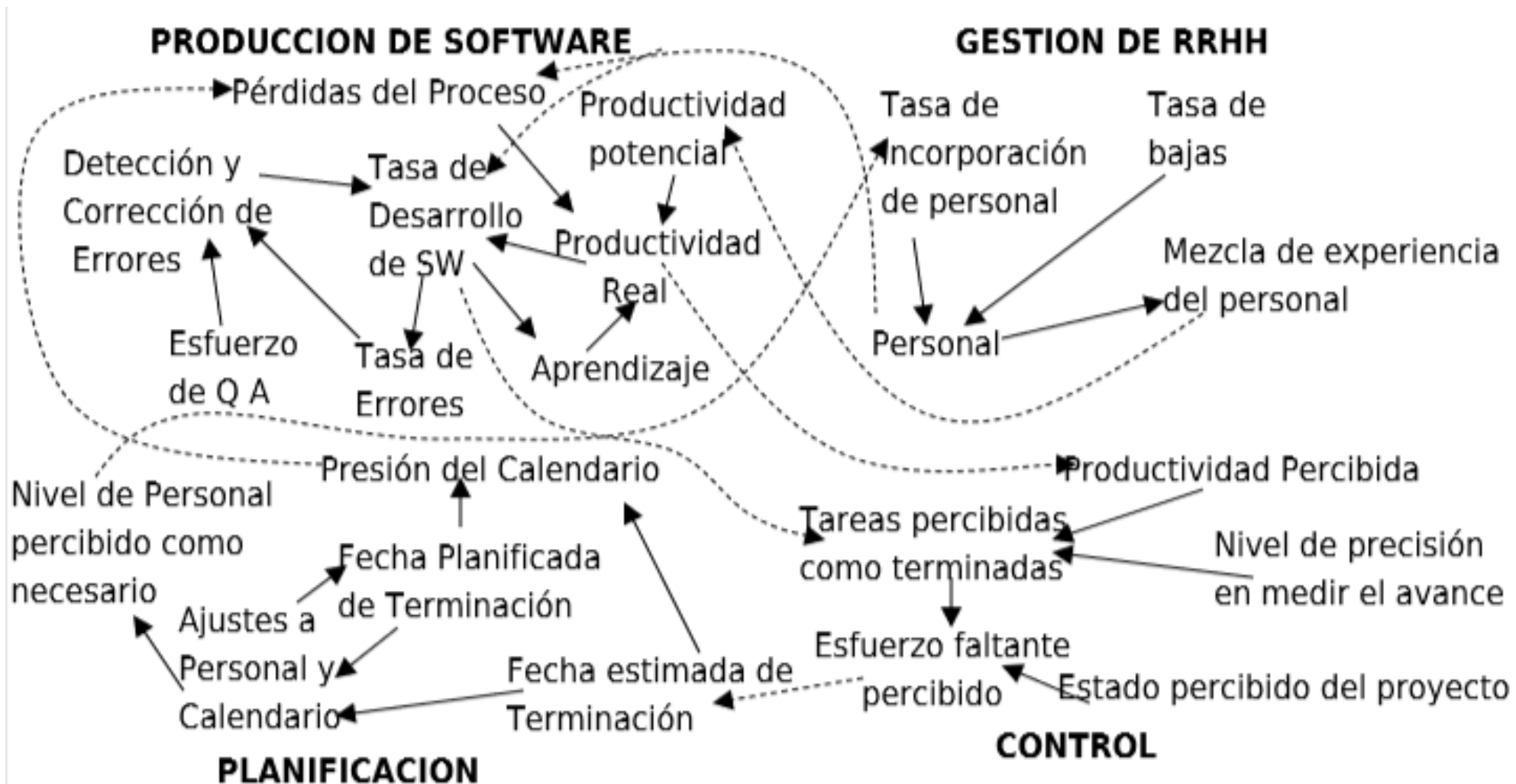
4. Subsistema de planificación

- Realiza las estimaciones iniciales y las va revisando y modificando a lo largo del ciclo de vida del proyecto, dependiendo de la información recibida del subsistema de control

Modelo de factores que inciden en la productividad (Abdel-Hamid 96)



Estructura del desarrollo de software (Abdel-Hamid 96)



- Los modelos propuestos por Abdel-Hamid (Factores que inciden en la productividad y estructura de desarrollo de software) son de tipo descriptivo y son útiles para entender la relación entre diversos factores y su incidencia en el desarrollo de software.

Variantes

- Ha servido de base para numerosos modelos dinámicos posteriores.
1. Los que simulan entornos específicos de desarrollo dentro de una determinada organización:
 - Modelo SEPS: para simular comportamiento de proyectos grandes considerando un doble ciclo de vida: el desarrollo y la toma de decisiones.
 - Modelo de Draper: agrega la etapa de análisis de requisitos y la influencia de las relaciones con el cliente.
 2. Los que analizan problemas concretos en la gestión de proyectos de desarrollo de sw:
 - Modelo de Chichacly: para estudiar el impacto de un cambio de tecnología.
 - Modelo Aranda/Friddaman/Oliva: añade efectos del empleo de TQM para el control de calidad, ampliación del horizonte temporal del proyecto para recoger las diferentes versiones de sw y estudio del impacto comercial del producto final.
 - Modelo multiproyecto: estudia las transferencias netas de personas cuando interactúan dos proyectos por los mismos recursos.
 3. Diseño de una base histórica de PDS reales.

Técnicas

- Método del camino crítico (CPM)
- PERT
- Método de la cadena crítica (CCM)
- Diagrama de Gantt
- Perfil de uso de recursos
- Técnicas de optimización de recursos:
 - Nivelación de recursos
 - Equilibrio de recursos
- Técnicas de modelado / análisis de datos:
 - Análisis «¿Qué pasa si...?»
 - Simulación
 - El modelo de Abdel-Hamid y variaciones.
- **Técnicas de compresión del cronograma**

Técnicas de compresión del cronograma

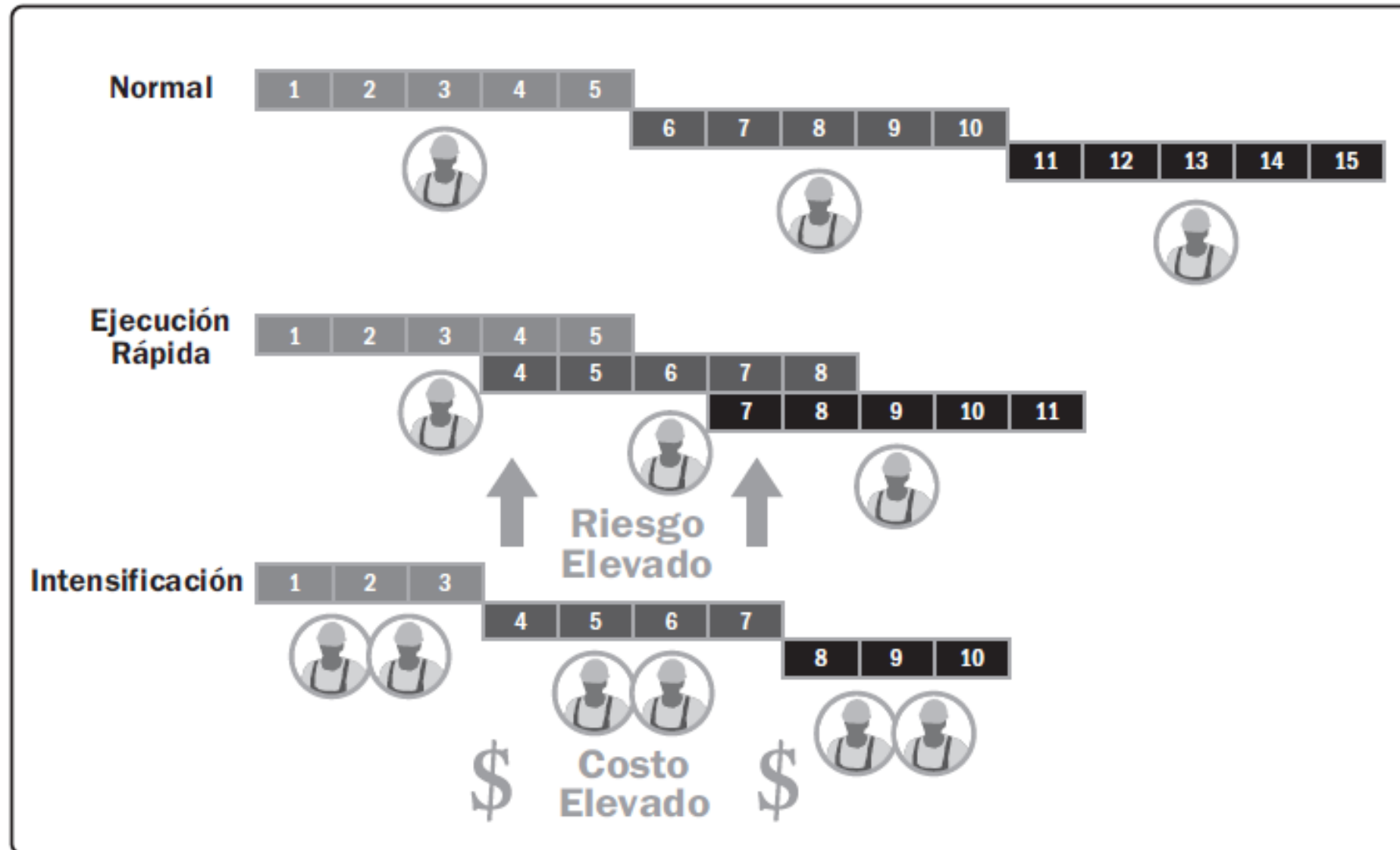
Ajuste del plan - Técnicas

1. Nivelado y ajuste en la utilización de los recursos disponibles.
2. Si duración excesiva → acortar duración total del proyecto:
 - Camino crítico – para identificar qué ajustar.
 - Aplicar técnica de compresión del cronograma

Técnicas de compresión del cronograma

- Compresión de actividades:
 - Intensificación de actividades en camino crítico: agregando recursos:
 - no siempre viable
 - puede ocasionar un incremento del riesgo o del costo.
 - Recortando el alcance
- Ejecución rápida (paralelizar —adelantos—):
 - si las relaciones son discrecionales
 - riesgo (plazo, costo, calidad)

Ejemplo



Compresión del cronograma

- Acortar la duración incrementa el esfuerzo:
 - Más recursos – costo:
 - *overhead* de mayor coordinación y gestión
 - más líneas de comunicación – malentendidos, errores, corrección
 - Paralelizar:
 - costo por retrabajo
- La «zona imposible»: 8 personas en 10 meses - ¿80 personas en un mes? ¿1600 personas en 1 día? No se puede comprimir más del 25 %.
- Extender el cronograma reduce el esfuerzo solo si se reduce el equipo; si no, ley de Parkinson.