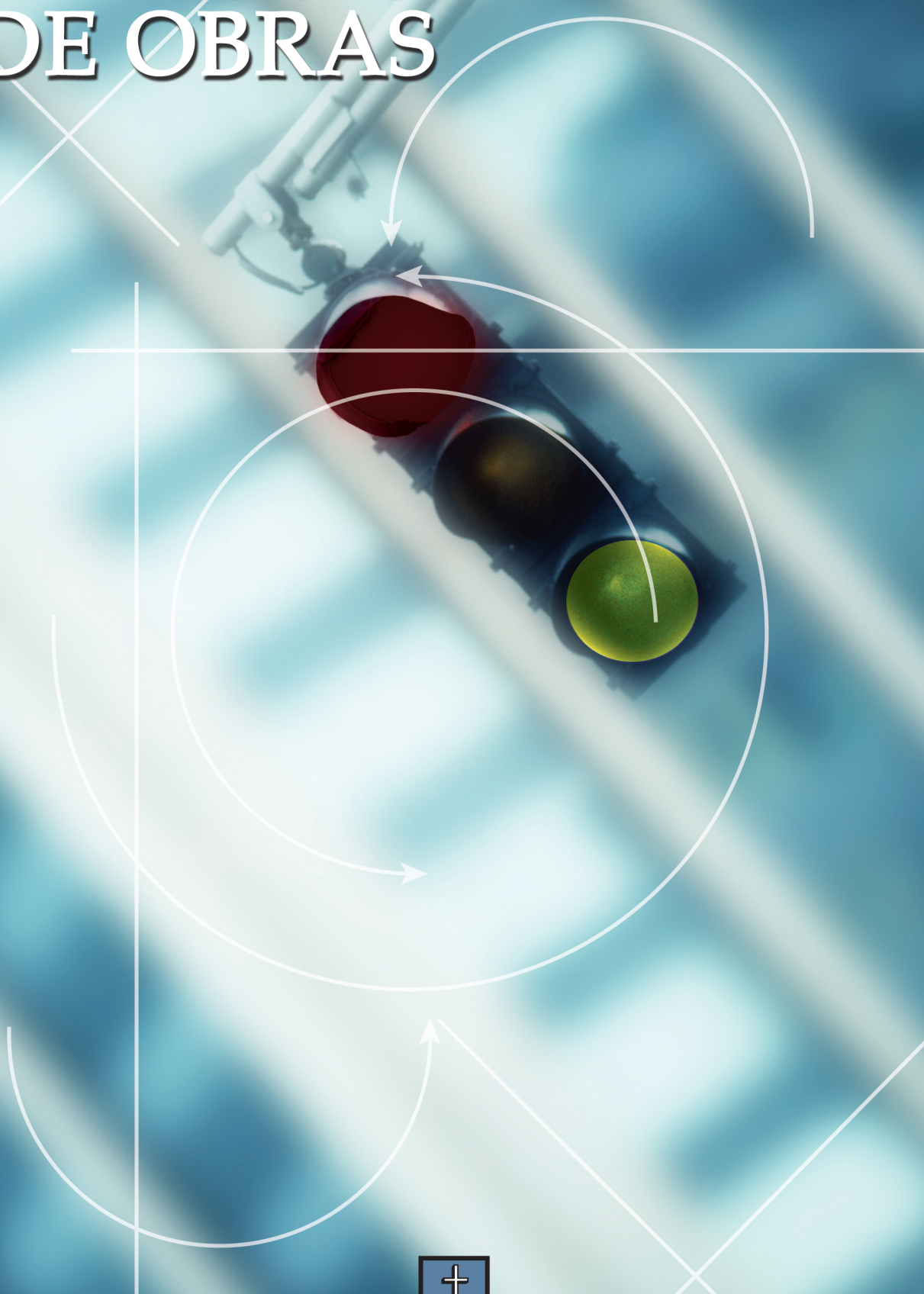


E D U A R D O F I R V I D A

DIRECCIÓN DE OBRAS



DIRECCIÓN DE OBRAS

EDUARDO FIRVIDA

DIRECCIÓN DE OBRAS



Editorial de la Universidad Católica Argentina

Firvida, Eduardo

Dirección de obras / Eduardo Firvida. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Educa, 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-620-470-5

1. Ingeniería. I. Título.

CDD 620.002



**EDITORIAL
DE LA UNIVERSIDAD
CATÓLICA ARGENTINA**

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
A. M. de Justo 1400 • P.B., Contrafrente • (C1107AAZ)
Tel./Fax 4349-0200 int. 1177 • educa@uca.edu.ar
Buenos Aires, septiembre de 2020

ISBN: 978-987-620-470-5

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723
Printed in Argentina - Impreso en la Argentina

ÍNDICE

PREFACIO	9
1. PRÓLOGO	11
2. INTRODUCCIÓN: ALGUNAS DEFINICIONES	13
2.1. ¿Qué es un proyecto?	13
2.2. ¿Qué es la dirección de proyectos (<i>Project Management</i>)?	13
2.3. Ciclo de vida de un proyecto	14
2.4. La dirección de obra: alcance	16
3. ASPECTOS CONCEPTUALES	21
3.1. Productividad: De más horas laborables por trabajador a más trabajo por hora-hombre	21
3.2. Decisiones de diseño y de producción	25
3.2.1. Calidad económica o relativa	25
3.2.2. Estandarización	29
3.2.3. Producción en serie	33
3.2.3.1. Principios básicos	33
3.2.3.2. Requisitos	34
3.2.4. Efecto de repetición	36
3.2.4.1. Influencia sobre el tiempo operativo	37
3.2.4.2. Influencia sobre los costos de construcción	39
3.2.4.3. Condiciones necesarias para obtener efectos favorables de un trabajo repetitivo	40
3.2.4.4. Programación y organización de trabajos repetitivos	40
3.2.4.5. Suficiente área de trabajo	43
3.2.4.6. Influencias de origen externo	43
3.2.4.7. Efecto de terminación	43
3.3. Estudio del trabajo	44
3.3.1. Tiempo total invertido en un trabajo	44
3.3.1.1. Contenido básico de trabajo	44
3.3.2. Estudio del trabajo	46
3.3.2.1. El estudio de métodos	50
3.3.2.2. La medida del trabajo	58
4. ÁREAS DE CONOCIMIENTO BÁSICAS O FUNCIONALES	73
4.1. Gestión del tiempo	73

4.1.1. Técnicas de programación	77
4.1.1.1. Gráficos de Gantt	77
4.1.1.2. Análisis por redes (CPM-PERT)	80
4.1.1.3. Programación rítmica	98
4.1.1.4. Ciclogramas - Programación por líneas de balance	128
4.2. Gestión de costos	156
4.2.1. Presupuesto - Estimación de costos	156
4.2.2. Control de costos	163
4.2.3. Certificado de avance de obra	180
4.2.4. Flujo de fondos (<i>cash-flow</i>)	182
4.3. Gestión de calidad	193
4.4. Terminación de la obra	194
5. ÁREAS DE CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS	197
5.1. Comunicación	197
5.1.1. Comunicaciones eficaces	198
5.1.1.1. Proceso de comunicación interpersonal	198
5.1.1.2. Tipos de comunicación	199
5.1.1.3. Obstáculos	200
5.1.1.4. Formas distorsionadas	200
5.1.2. Técnicas para mejorar las comunicaciones	200
5.1.3. Manejo de conflictos en la comunicación	203
5.1.3.1. Fuentes	203
5.1.3.2. Enfoques	203
5.1.4. Informes	204
5.2. Contratos	206
5.2.1. Notas de pedido y órdenes de servicio	209
5.3. Conflictos y negociación	211
5.4. Fuentes de poder e influencia	213
5.5. Liderazgo	215
5.6. Técnicas de gestión	220
6. COMENTARIOS FINALES	229
7. BIBLIOGRAFÍA	
23176	

PREFACIO

Por Ing. Eduardo BAGLIETTO*

La concreción de un proyecto, desde su concepción hasta su puesta en marcha, implica un proceso muy largo de análisis, estudios comparativos técnicos y económicos entre diversas soluciones (con sus respectivos impactos ambientales, políticos, sociales y comerciales), toma de decisiones, análisis y compromisos financieros, hasta llegar a definir la solución que se va a adoptar. Este proceso de decisión tendrá mayor o menor intensidad y compromiso en función de la importancia del proyecto en análisis, y si bien los matices son distintos para la concreción de una planta petroquímica, de un puente o de un edificio, no varían los conceptos básicos a estudiar que permiten elegir la que llegamos a considerar “solución óptima” para el proyecto planteado.

Al final de esta primera etapa, el Estado, los accionistas privados o los que sean responsables de la inversión tienen ya definido el objeto de la misma, su ubicación, las características principales, las fuentes de financiamiento, etcétera.

Llega el momento de la puesta en marcha del proyecto. Aquí comienza la segunda etapa con la ejecución del proyecto definitivo, con sus planos, especificaciones, cómputos, presupuesto preliminar, oficial u orientativo, y programa de ejecución del proyecto. En esta etapa y en la posterior dirección y coordinación del proyecto durante su ejecución juega un rol fundamental el director del proyecto.

Con todos los datos recogidos en las etapas anteriores comienza lo que podría, por simplicidad, denominar la tercera etapa; esto es, la ejecución de la obra. Llegó el momento de la verdad, con la apertura del obrador, la planificación de detalle de los insumos, de los equipos para la construcción, de la mano de obra para su ejecución, de la llegada a obra de los equipos a instalar, de la previsión de los que serán tiempos perdidos. Y mil cosas más para lograr, simplemente, que en lo que hoy es un terreno baldío, dentro de un plazo predeterminado que debe cumplirse a un costo ya estudiado –que debe respetarse–, con una calidad de construcción que no puede disminuirse y con métodos constructivos que respeten al máximo la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente, esté en funcionamiento eficiente el nuevo proyecto.

Es en esta última etapa donde se desarrolla la función clave del director de obra, a la que básicamente se refiere el trabajo del Ing. Eduardo Firvida.

El proceso es más complejo de lo que relaté hasta aquí: las etapas no tienen límites definidos, se cruzan en sus definiciones y en el tiempo, no son independientes. Pero al lector no familiarizado con la complejidad de la concreción de un proyecto y al estudiante que aún no se vio expuesto a estos

* El Ing. Baglietto fue presidente de Techint S.A. y presidente de la Cámara Argentina de la Construcción. También fue profesor adjunto a cargo de cátedra en la Facultad de Ingeniería de la UBA y en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Argentina. Es académico de número (titular) de la Academia Nacional de Ingeniería y miembro de su Mesa Directiva. Es miembro del Comité Directivo del Foro de la Ingeniería Argentina.

procesos quiero recordarles lo que en alguna oportunidad señaló el presidente de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Arturo Bignoli, al referirse a los puentes Zárate-Brazo Largo: “la mayoría de los que cruzan los dos brazos del Paraná ven la obra como un accidente natural (como el “Cerro de los Siete Colores” o el “Glaciar Perito Moreno” o el “Puente del Inca”). No se detienen a pensar en el esforzado y profundo estudio de ingenieros argentinos, la mayoría de ellos jóvenes, que tuvieron el coraje de afrontar y controlar los peligros de una obra de esa importancia”.

Es enorme el esfuerzo técnico, económico y humano que implica concluir exitosamente un proyecto, y no es simple que de ello se percate el ciudadano común. El estudiante debe recibir de sus docentes claridad sobre la magnitud de los problemas que deberá enfrentar.

Ninguno de los pasos admite fallas. Y todos ellos están interrelacionados. No es concebible proyectar sin el pensamiento permanente en los métodos constructivos, en los equipos de que se dispondrá y en los recursos humanos que se necesitarán. La difícil y clave tarea de la dirección de obras muchas veces no recibe en nuestras universidades el tiempo de análisis que se merece.

Conocedor profundo de todos los pasos que implica la realización de un proyecto, el Ing. Eduardo Firvida vuelca en este libro su gran experiencia en la dirección de grandes obras. Analiza con rigurosidad los aspectos técnicos y contractuales, pero también profundiza en los aspectos humanos. El director de obra es quien tiene el contacto permanente con el personal ejecutor. De su capacidad de liderazgo dependerá gran parte del éxito de su gestión.

En épocas de menor desarrollo tecnológico he trabajado en importantísimas obras con más que excelentes directores de obra, que a veces no tenían un título universitario pero acumulaban la enorme experiencia práctica adquirida en la vieja Italia con una gran calidad en el contacto humano –la calidad a la que hace referencia el Ing. Firvida–. Tenían liderazgo, que a veces suplantaba su menor formación tecnológica, y esa combinación dejó una formidable escuela en el país.

Hoy la tecnología nos permite recurrir a todas las herramientas a que hace referencia este excelente manual. Pero el buen director de obra debe sumarle el liderazgo, que se gana todos los días, también sabiendo educar, perfeccionar y cuidar al personal, y exigiendo seguridad en la obra.

Estoy convencido de que el libro del Ing. Firvida se convertirá en un clásico de la literatura argentina en este tema y será de gran utilidad para los estudiantes y los jóvenes ingenieros, y también para los no tan jóvenes. Será un libro de consulta, que estaba faltando.

Deseo que todos los lectores sepan aprovechar sus conceptos.

1. PRÓLOGO

Este libro es básicamente el resultado de los cursos sobre Dirección Técnica de Obras que he estado desarrollando en los últimos años para la Fundación Magíster en Tucumán, Salta, Jujuy y Santiago del Estero, cursos y conferencias en distintas Universidades e Instituciones de nuestro país.

En los mismos he tratado de volcar toda mi experiencia personal, tanto teórica como práctica, y fundamentalmente basada en la aplicación en proyectos reales de obras de arquitectura y de ingeniería, en los que me tocó intervenir como profesional y director, en una de las más importantes empresas de ingeniería y construcciones del país.

Hago especial énfasis en la gran responsabilidad que asumen los directores de obra, durante el cumplimiento de sus funciones, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista de sus compromisos legales.

El objetivo que he perseguido en los referidos cursos, naturalmente volcados en este libro, es referirme no sólo a las funciones inherentemente técnicas que hacen a la dirección de obras, sino también a otros aspectos o áreas de conocimiento que, entiendo, son fundamentales para el éxito de su gestión.

En este sentido, considero que las relaciones humanas, la comunicación, la habilidad para negociar y resolver conflictos tienen una relevancia tan trascendente como la de controlar los cronogramas o los presupuestos y costos correspondientes.

Por ello, el desarrollo del temario está dividido en tres secciones:

- a) Aspectos conceptuales: tendientes a incrementar la productividad de la gestión.
- b) Áreas de conocimientos funcionales o básicos: Gestión de tiempos, Gestión de costos y Gestión de calidad.
- c) Áreas de conocimientos complementarios: Liderazgo, Comunicaciones, Negociación, Técnicas de dirección.

Espero que sea de utilidad para todos los profesionales interesados en la dirección de obras, para que dispongan de herramientas teórico-prácticas que le posibiliten desarrollar sus funciones sin tener que recurrir a la mala experiencia de la prueba y el error.

Por último, deseo agradecer a todos aquellos que consciente o inconscientemente han influido para que este esfuerzo se haya podido materializar. En primer lugar, a mi familia; luego a los maestros que influyeron en mi formación y a mis alumnos, que siempre me enriquecieron con su participación y comentarios.

2. INTRODUCCIÓN: ALGUNAS DEFINICIONES

*El director de obras
(Hombre feliz que no tiene nada que hacer)*

Como todos saben, el director de obras no tiene nada que hacer, salvo: pensar sucesivamente qué hay que hacer, cómo se debe hacer, dónde hay que hacerlo y quién lo tiene que hacer, indicar los qué, dónde y quién, y explicar el cómo.

A continuación, atender los argumentos por los cuales no se debe hacer, o hay que hacerlo de otro modo, o lo debe hacer otro que el asignado, y pensar conclusivas y concluyentes respuestas para vencer la oposición.

Transcurrido el tiempo que debió tardar en hacerse la cosa, debe ver si fue hecha, descubrir que no fue hecha, averiguar por qué no fue hecha, escuchar las excusas de quien debió hacerla y no la hizo, y pensar las razones para desestimar esas excusas.

Luego de otro período de tiempo, ver otra vez si la cosa fue hecha, comprobar que ahora sí fue hecha, pero que se la hizo mal, y repetir la explicación de cómo debió hacerse.

Y por fin, aunque la cosa esté mal hecha, decidir que, desde que está hecha, es mejor dejarla como está para no atrasar la obra y porque, muy probablemente, si la vuelven a hacer, la harán peor.

Autor anónimo, adaptado del inglés

2.1. ¿Qué es un proyecto?

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Es un conjunto de tareas interrelacionadas que deben ejecutarse para alcanzar un objetivo preestablecido.

Temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo y un final definidos. Temporal no significa corta duración, sino que tiene una duración limitada, no se trata de esfuerzos continuos.

La mayoría de los proyectos se emprenden para obtener un resultado duradero.

Un proyecto crea productos entregables únicos (por ejemplo, se han construido muchos edificios de departamentos, pero cada uno individualmente es único; tienen diferente propietario, diseño, ubicación, contratistas, profesionales intervinientes, etcétera). La presencia de elementos repetitivos no cambia la condición fundamental de único.

La elaboración gradual es una característica de los proyectos que acompaña a los conceptos de temporal y único.

2.2. ¿Qué es la dirección de proyectos (*Project Management*)?

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del mismo.

También puede ser definida como las tareas que involucran la planificación, coordinación y control de un proyecto desde su concepción hasta su finalización, buscando satisfacer los requerimientos de un cliente en cuanto a producir un proyecto viable tanto funcionalmente como técnicamente, que será completado en tiempo, dentro de un presupuesto autorizado y con los estándares de calidad requeridos.

La idea de introducir estos conceptos de proyecto y dirección de proyectos es poner en evidencia, desde el principio, que hay una diferencia importante entre un director de proyecto (PM) y un director de obras.

Más adelante, trataremos de ver claramente estas diferencias, que tienen implicancias en el alcance de las prestaciones profesionales, y consecuentemente legales, en nuestra actividad de la construcción.

Últimamente, como consecuencia de la gestación de proyectos cada vez más complejos, se han hecho más frecuentes la figura del *Project Manager* y las herramientas inherentes a su gestión. En este sentido, ha influido en forma relevante el esfuerzo hecho por el Project Management Institute (PMI) de Estados Unidos, que, no hace más de 20 años, ha ordenado y establecido una metodología tendiente a encarar seriamente esta materia.

No debemos confundir *Project Management* con *Construction Management* o dirección de obras o jefe de obra o representante técnico.

Cada uno tiene funciones y responsabilidades diferentes, y, si bien en algunos casos hay áreas en que se encuentran o son comunes, las responsabilidades ante los clientes, comitentes, autoridades públicas de fiscalización, etc., son distintas.

Nosotros nos ocuparemos específicamente de la dirección de obras.

2.3. Ciclo de vida de un proyecto

Veamos otro tema que nos ayudará a entender mejor la participación del director de obra en el proyecto, tal como lo hemos definido, y es lo que se entiende como ciclo de vida del proyecto.

Para facilitar la gestión, los proyectos se pueden dividir en fases. El conjunto de estas fases se conoce como ciclo de vida del proyecto. Vincula el inicio del proyecto con su fin.

La transición de una fase a otra dentro del ciclo de vida de un proyecto, generalmente, implica y está definida por alguna forma de transferencia técnica.

No existe una manera que sea la mejor para definir el ciclo de vida de un proyecto. Generalmente, tienen en cuenta:

- a) qué trabajo técnico se debe realizar en cada fase (ej.: en qué fase se debe realizar el trabajo de diseño del arquitecto);
- b) cuándo se deben generar los productos entregables en cada fase y cómo se revisa, verifica y valida cada producto entregable;
- c) quién está involucrado en cada fase;
- d) cómo controlar y aprobar cada fase.

La mayoría de los ciclos de vida de proyectos comparten determinadas características comunes (ver Fig. 1):

- a) En términos generales, las fases son secuenciales y normalmente están definidas por alguna forma de transferencia de información técnica o transferencia de componentes técnicos.
- b) El nivel de costo y de personal es bajo al comienzo, alcanza su nivel máximo en las fases intermedias y cae rápidamente cuando el proyecto se aproxima a su conclusión.
- c) El nivel de incertidumbre es el más alto, y por lo tanto el riesgo de no cumplir con los objetivos es más elevado, al inicio del proyecto. La certeza de terminarlo con éxito aumenta gradualmente a medida que avanza el proyecto.

- d) El poder que tienen los interesados en el proyecto para influir en las características finales del producto del proyecto y en el costo final es más alto al comienzo y decrece gradualmente a medida que el mismo avanza. La siguiente figura ilustra este hecho.

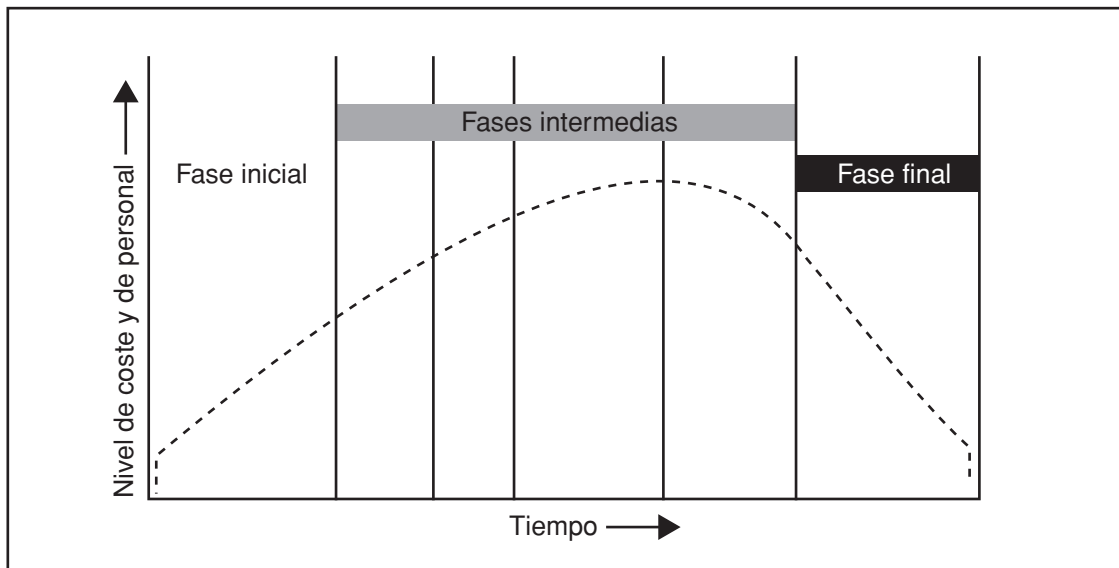
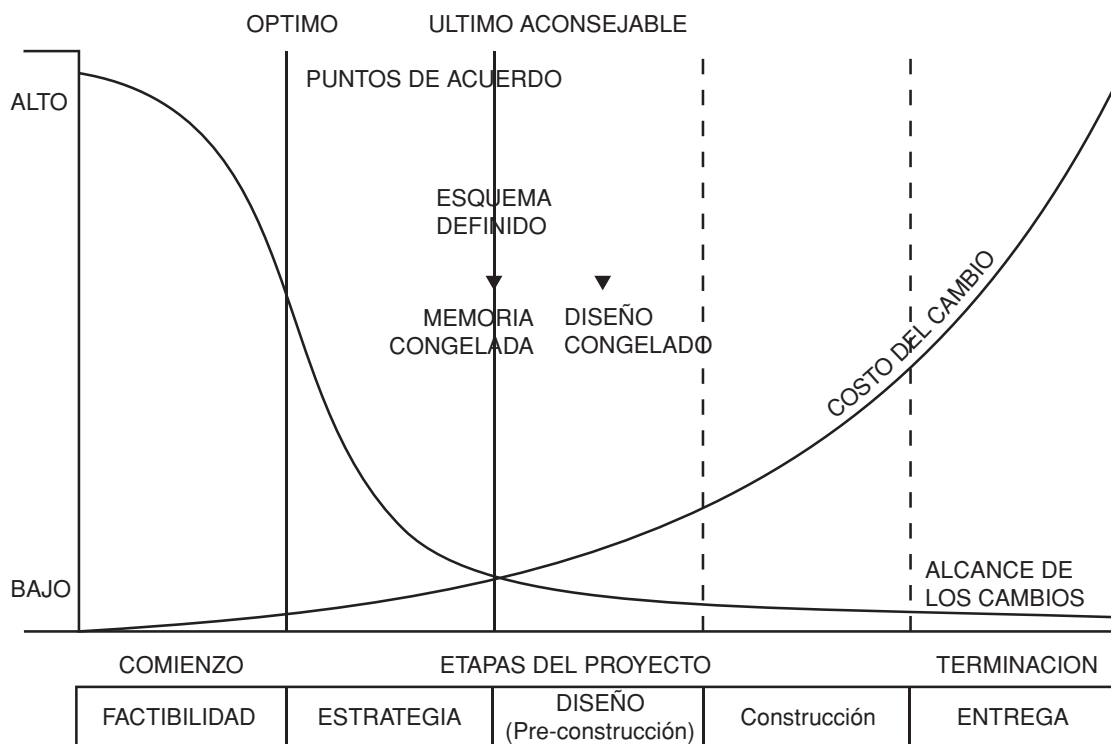


Figura 1. Coste del proyecto y nivel de personal típicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto

Una de las principales causas de este fenómeno es que el costo de los cambios y de la corrección de eventuales errores generalmente aumenta a medida que avanza el proyecto (ver Fig. 2).

Figura 2. Relación entre alcance y costo de los cambios



Veamos (Fig. 3) un ciclo de vida típico con sus correspondientes fases, para la construcción:

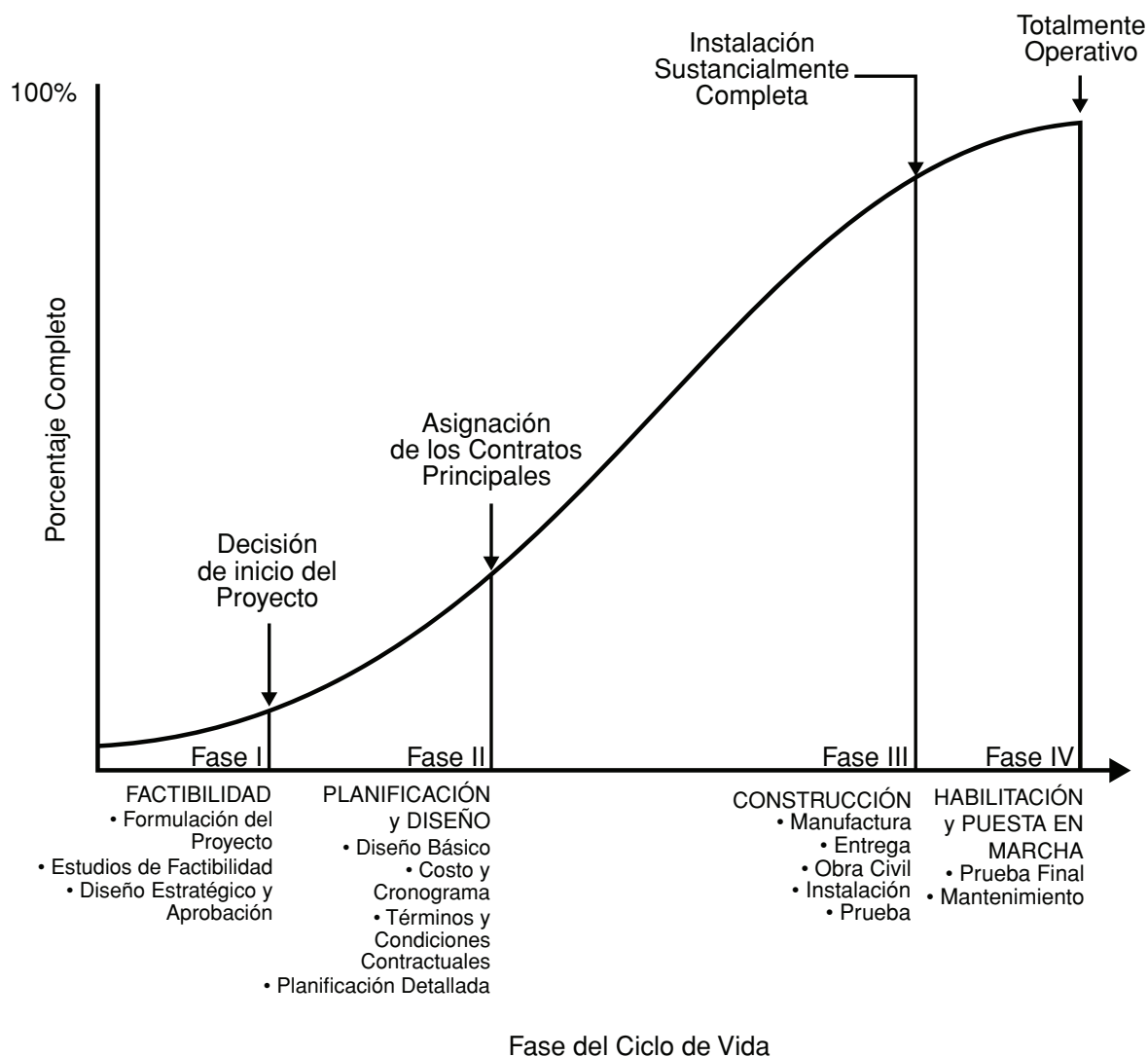


Figura 3. Ciclo de Vida Representativo de un Proyecto de Construcción, según Morris

Como se puede apreciar en esta figura, y atendiendo a nuestra definición de proyecto, los subproyectos también pueden tener sus propios ciclos de vida. Por ejemplo, un estudio de arquitectura contratado para el diseño de un nuevo edificio de oficinas participa primero en la fase de definición del propietario, mientras hace el diseño propiamente dicho, y luego en la fase de implementación, dando soporte al esfuerzo de construcción. El proyecto de diseño del arquitecto, sin embargo, tendrá su propia serie de fases desde el desarrollo conceptual, pasando por la ejecución de toda la documentación necesaria, hasta la implementación. Tiene su propio ciclo de vida.

2.4. La dirección de obra: alcance

El Arancel de Honorarios Decreto Ley 7887/55 y Decreto 16.146 define los servicios de la dirección de obra como la función que el profesional desempeña controlando la fiel interpretación de los planos y de la documentación técnica que forma parte del proyecto, y la revisión y extensión de los certificados correspondientes a pagos de la obra en ejecución, incluso el ajuste final de los mis-

mos. (Se hace notar que en la actualidad los honorarios profesionales están desregulados según la Ley 24.441).

De la definición surge claramente la inserción del profesional dentro del ciclo de vida del proyecto, en la fase de ejecución propiamente dicha, hasta la finalización o cierre completo de la obra.

No obstante la definición, el alcance y la responsabilidad del profesional encargado de la dirección de obra son mayores que los que emanan textualmente de la definición.

En un contrato típico que un comitente firma con el director de obra, en su alcance se determinan cuáles son las responsabilidades que debe asumir:

- a) En cumplimiento de la función de director de obra que le es encomendada, deberá realizar las tareas y cumplir las funciones de control de los aspectos técnicos y supervisión de la obra, los que, a continuación y a mero título de ejemplo, se describen.
- b) Llamado a licitación de los distintos rubros de obra, estudio de las propuestas y recomendación de adjudicación de aquellas que resulten más convenientes. A tal fin, el director de obra preparará toda la documentación y realizará todas las gestiones necesarias. No obstante lo precitado, la adjudicación total o parcial, o no adjudicación, de cualquier rubro de la obra quedará en todo momento sujeta al absoluto e irreversible criterio del comitente.
- c) Dirección de los trabajos de demolición a llevarse a cabo conforme a los planos y contrato de demolición, que declara conocer en todos sus aspectos y alcances.
- d) Confección de los croquis y los planos de detalles constructivos complementarios y auxiliares de la documentación del proyecto, que sean necesarios para la ejecución de los distintos subcontratos, para aclarar o ampliar aspectos técnicos de los mismos.
- e) Firma de los planos municipales y/o de cualquier otro, que fueran requeridos en su calidad de director de obra.
- f) Control de la fiel interpretación de los planos del proyecto de arquitectura e instalaciones, de los pliegos de condiciones y especificaciones técnicas durante la ejecución de los trabajos y el cumplimiento de los contratos que se celebrarán para los distintos rubros en que se divide la obra.
- g) Revisión de los planos de estructuras, de instalaciones y de taller que presenten los diversos subcontratistas.
- h) Control de la fiel ejecución de la obra de acuerdo con los planos, pliegos y contratos por parte de los constructores durante la ejecución de la obra, y de todos los demás trabajos que deban llevarse a cabo hasta la completa terminación de la misma.
- i) Programación de los trabajos.
- j) Seguimiento y control de la obra.
- k) Coordinación de contratistas y proveedores.
- l) Verificación de la calidad de los materiales, de la mano de obra empleada y del funcionamiento de las instalaciones.
- m) Control de la certificación incluyendo adicionales y mayores costos.
- n) Estudio, revisión y aprobación de todos los certificados de obra ejecutada.
- o) Realización de reuniones periódicas y trato directo con los distintos subcontratistas de modo de resolver las dificultades que puedan surgir con motivo y ocasión de la obra.
- p) Preparación de un informe mensual de avance de tareas de obra para elevar al comitente, con indicación de cumplimiento, plazos, cantidad de personal ocupado, comentarios sobre avance de los distintos rubros y certificaciones, complementado con fotografías del avance de la obra.
- q) Recepción provisional y definitiva de las obras y o trabajos contratados, a los cuales prestará su conformidad o hará las objeciones que correspondan, obligándose a hacer subsanar todas las deficiencias observadas en tiempo y forma, formulando las observaciones que los trabajos merezcan.
- r) Obligación de hacer preparar por los contratistas y entregar al comitente, una vez finalizada la obra y junto con la liquidación final (cierre de certificación conforme a los contratos res-

- pectivos), todos los planos conforme a obra y los manuales de operación de instalaciones y maquinarias.
- s) Intervención, cuando le correspondiera en su carácter profesional, respecto de los planos conforme a obra, a confeccionar contra la recepción definitiva de la obra.
 - t) Asesoramiento al comitente en todas las cuestiones y oportunidades en que éste lo requiera, en asuntos relacionados con la obra o sobre problemas de cualquier naturaleza que surjan durante la ejecución de la obra y hasta la total terminación en condiciones de *obra terminada total*.
 - u) Celebración de reuniones semanales con el comitente, desde la iniciación de los trabajos hasta su conclusión definitiva, para informarle sobre la evolución de la obra.

Además, y para que no queden dudas sobre el alcance de sus funciones, generalmente se agrega: El precedente listado de tareas y obligaciones es meramente ejemplificativo, debiendo el director de obra realizar todas aquellas tareas que, según las mejores reglas del arte y de la técnica, sean necesarias o convenientes para la adecuada y eficiente ejecución del objeto de este contrato.

Como se puede apreciar, las tareas, obligaciones y responsabilidades de la dirección de obras son muchas y variadas, y, consecuentemente, requieren de habilidades y conocimientos que generalmente no surgen de la formación universitaria específica (arquitectos o ingenieros), sino que obligan al profesional a desarrollar, tanto en forma teórica como práctica, una serie de conocimientos y aptitudes personales que le permitirán ejercer su rol con absoluta profesionalidad.

El director de obra es el nexo entre el comitente o propietario y la empresa constructora.

Lo contrata el propietario y es quien le paga los honorarios correspondientes, para que vele por sus intereses durante la ejecución de una obra, no obstante su rol debe ser el de mantener un adecuado equilibrio y justicia en el manejo de los intereses que a veces son conflictivos y encontrados entre las partes. Dicho en otros términos, el propietario no siempre tiene la razón.

Por esta función básica, que se presenta frecuentemente, de árbitro es que considero importante que el director de obra sea una figura independiente de la del proyectista.

Sé que es un tema discutible, y básicamente los arquitectos defienden la posición o conveniencia de que el proyecto y la dirección estén unificados, bajo el argumento de que nadie puede dirigir mejor que aquel que proyectó la obra y la conoce en toda su concepción.

Mi experiencia me indica que es mejor para el comitente, y consecuentemente para el objeto que es la obra, que ambas figuras estén separadas.

El proyectista debe crear todos los documentos de diseño y técnicos, tanto gráficos como escritos (planos y especificaciones técnicas), en forma tal que un tercero pueda ejecutar la obra; y naturalmente un director de obra la puede controlar, según el alcance ya señalado.

Durante el transcurso de la obra se presentan frecuentemente situaciones donde se debe tomar partido o donde interviene en forma clara algún aspecto contradictorio del proyecto, y es claro que en estos casos el proyectista no puede ser juez y parte, con suficiente objetividad.

En estos casos, generalmente se producen conflictos que afectan las relaciones durante la obra, con los inconvenientes que ello le significará inexorablemente en tiempos y costos al comitente.

He tenido la suerte y el privilegio, como comitente y director de una empresa constructora, de trabajar con estudios de arquitectos que fueron excelentes proyectistas y directores de obra, y que supieron y tenían claros esos roles, pero no obstante ello, creo que la separación de funciones es más clara y eficiente.

Es importante tener claro que para ser un buen director de obra, hay que formarse para ello.

Cuando recién nos recibimos en la facultad respectiva, nuestras habilidades, nuestra formación es específica. Nos hemos formado para ser buenos arquitectos o ingenieros, pero desde una perspectiva general básicamente técnica. Consecuentemente, iniciamos nuestra experiencia profesional trabajando como profesionales *junior* en algún estudio de arquitectura, ingeniería o empresas constructoras.

A medida que avanzamos y crecemos en nuestra profesión, debemos adquirir otros conocimientos y resignar en parte ese bagaje estrictamente técnico. Ya estamos en una etapa en que tenemos que

vincularnos con personas que dependerán de nosotros, lo que implica relaciones humanas y laborales; con proveedores, para lo cual debemos satisfacer requerimientos administrativos como análisis y confección de contratos y órdenes de compra, estudio de licitaciones, etcétera. Si seguimos avanzando en nuestra carrera, debemos incorporar conocimientos comerciales y de marketing; y para sintetizar, si llegamos a nivel de gerencia o de dirección, prácticamente ya nos olvidamos de la esencia técnica de nuestra profesión y en cambio debemos incorporar en nuestra formación herramientas de contabilidad, economía y finanzas, comerciales, administrativas, legales, de recursos humanos, análisis de riesgos, negociación, comunicación, resolución de conflictos, etcétera.

Esto se logra no en forma casual, sino que debe haber un plan de formación tendiente a posibilitar el ejercicio de nuevas funciones cada vez más complejas y de mayor responsabilidad.

Según una ejemplificación que hizo Henry Fayol (experto en temas de administración en EE.UU.), esta integración de conocimientos en la cumbre de nuestro desarrollo profesional estaría reflejada por las siguientes proporciones: administrativa, 40%; comercial, 15%; técnica, 15% y contabilidad, seguridad y financiera, 15%, respectivamente.

Naturalmente, esto es una abstracción sintética (pensemos que fue hecha a finales del siglo XIX; hoy habría que tener en cuenta todo el avance tecnológico que surgió en forma exponencial en estas últimas décadas), pero quiere poner en evidencia que cuando ejercemos funciones de dirección, se ha reducido sensiblemente la participación estrictamente técnica, y es necesario adquirir otra formación complementaria.

Para expresarlo según los lineamientos que queremos seguir en este texto, y que desarrollaremos en adelante, el director de obra debe adquirir un cuerpo de conocimientos, integrados por conceptos de *Management* o dirección general, disciplinas de soporte complementarias, habilidades personales y, obviamente, los conocimientos inherentes técnicos de la profesión.

En la Figura 4 mostramos esta integración, que, en cierta forma, trata de reflejar la estructura que se ha previsto para este libro.

DIRECCION DE OBRAS

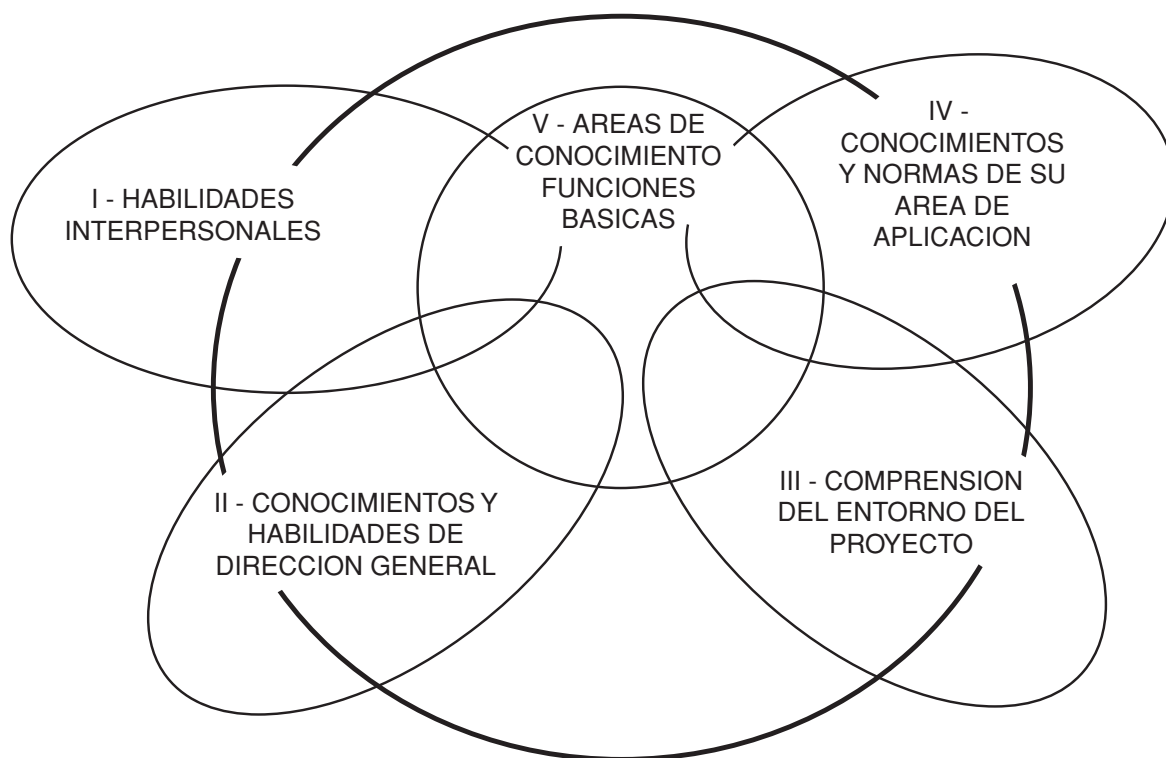


Figura 4

I - HABILIDADES INTERPERSONALES

1. Comunicación
2. Influencia en la Organización
3. Liderazgo
4. Motivación
5. Negociación y Gestión de Conflictos
6. Resolución de problemas

II - CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES DE DIRECCION GENERAL

1. Gestión financiera y contabilidad
2. Compras y adquisiciones
3. Ventas y comercialización
4. Contratos
5. Política medioambiental y de seguridad
6. Tecnología de la información
7. Administración de personal

III - COMPRENSION DEL ENTORNO DEL PROYECTO

1. Entorno cultural y social
2. Entorno internacional y político
3. Entorno físico

IV - CONOCIMIENTOS Y NORMAS DE SU AREA DE APLICACION

1. Conocimientos específicos relacionados con su profesión.

V - AREAS DE CONOCIMIENTO - FUNCIONES BASICAS

1. Tiempos
2. Costos
3. Calidad

3. ASPECTOS CONCEPTUALES

3.1. Productividad: De más horas laborables por trabajador a más trabajo por hora-hombre

Un concepto básico fundamental es el de *productividad*.

El concepto de productividad está íntimamente vinculado con el nivel de vida, entendiéndose por tal la medida en que el hombre puede proporcionarse a sí mismo y a su familia lo necesario para sustentarse y disfrutar de la existencia.

La industria de la construcción encara necesidades siempre crecientes de viviendas, hospitales, escuelas, caminos, puentes, etcétera.

Esta tendencia se percibe especialmente en las áreas urbanas, donde el número de habitantes crece con una tasa veloz.

Sin embargo, la tasa de aumento de la demanda de productos de la industria de la construcción generalmente excede la tasa de crecimiento de la población, debido, entre otras causas, al ascenso del estándar de vida, al desarrollo tecnológico y a las crecientes obligaciones del moderno bienestar social.

No existe sólo un ascenso cuantitativo en el tamaño de la demanda, sino también un agudo crecimiento cualitativo, lo que, consecuentemente, causa un crecimiento de la complejidad en las soluciones a brindar.

Por otro lado, las reservas de muchos de los recursos necesarios para producir los bienes que tienen que satisfacer la ascendente demanda, están creciendo sólo con una tasa lenta o incluso decreciendo, como, por ejemplo, las reservas de tierra libre.

El agudo ascenso de la demanda con el lento crecimiento de las reservas de recursos crea un vacío que sólo puede salvarse con un aumento continuo y sensible de la productividad.

El concepto de productividad no debe confundirse con el de producción.

La productividad se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla. En la bibliografía anglosajona se la define como la relación entre el output y el input. También se la define, en ingeniería de la producción, como producción media.

$$P = \text{output/input}$$

Esta definición es de carácter general y puede aplicarse a una empresa o a toda una economía.

Como ejemplo, si una cuadrilla coloca 300 m³ de hormigón por día, con un método determinado de trabajo, y al adoptar un nuevo método más perfeccionado, coloca 400 m³ por día, ha incrementado la productividad en un 33,33%.

Dado que es una relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de los recursos empleados, es obvio que lo que debemos lograr es aumentar la producción manteniendo constantes los recursos, o mantener la producción disminuyendo los recursos. Obviamente, también se puede

aumentar la producción aumentando los recursos, pero siempre que comparativamente aumente la productividad.

Para nuestra actividad, uno de los recursos fundamentales a tener en cuenta es el tiempo de construcción, por las implicancias claras y relevantes que tiene para el incremento de la productividad, sin descuidar, por supuesto, otros, como materiales, equipo, mano de obra, etcétera.

Si bien la definición es clara, el tema se complica por el hecho de que generalmente son varios los recursos para producir ciertos bienes. Además, los mismos se miden en unidades físicas distintas, salvo que se use el valor monetario como común denominador, lo que no siempre es viable.

La introducción del concepto de *función producción* puede contribuir en cierta medida a clarificar el problema.

Consideremos la cantidad producida z (*output*), de cierto producto. Esta cantidad producida evidentemente depende de las cantidades: q_1, q_2, \dots, q_n (*input*), de los distintos recursos necesarios. La función f que define esta dependencia se llama función producción.

$$z = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

La función producción no siempre asume una forma algebraica particular, y en muchos casos aparece tabulada, dando sólo los puntos discretos posibles en el espacio multidimensional recursos-producción.

Usando un conjunto dado de recursos (q_1, q_2, \dots, q_n), para producir la cantidad z , definida por la función producción, podríamos evidentemente producir otra cantidad z' que fuera menor que z . De cualquier modo, *la función producción se define como la que da la máxima cantidad que puede producirse con un conjunto de recursos y de este modo implica el uso del método de producción más eficiente conocido para ese conjunto de recursos.*

Una cierta cantidad z° generalmente puede producirse por diferentes combinaciones entre el conjunto de recursos. Por ejemplo, una determinada cantidad de superficie cubierta puede obtenerse mediante distintas combinaciones de las cantidades de acero y hormigón. Por lo tanto, introduciendo el valor $z^\circ = \text{constante}$ en el primer miembro de la ecuación de la función producción, se obtendría:

$$\text{Constante} = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

En consecuencia para una cantidad de producción z° dada, podemos expresar la cantidad de alguno de los recursos q_i como una función de las cantidades de los $(n-1)$ recursos restantes: $q_1, q_2, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n$

$$q_i = f(q_1, q_2, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n)$$

Estas funciones, que pueden obtenerse para cualquiera de las posibles cantidades producidas z , se llaman *isocuantas*. En la Fig. 5 están graficadas.

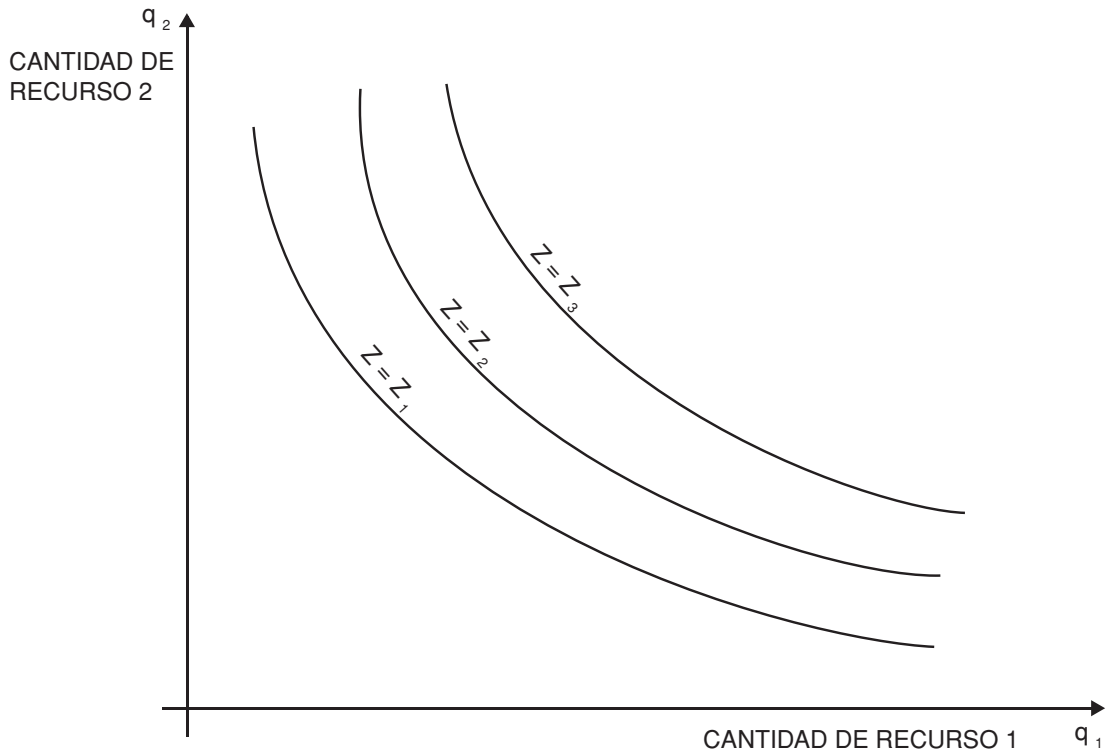


Figura 5. Isocuantas

Evidentemente, un aumento de la productividad se obtiene si, introduciendo un cambio tecnológico u organizativo, la cantidad de recursos q_1' realmente usada para una producción en el nivel z^o es menor que la cantidad necesaria de acuerdo con la función isocuanta. Esto se demuestra en el gráfico bidimensional de la Fig. 6.

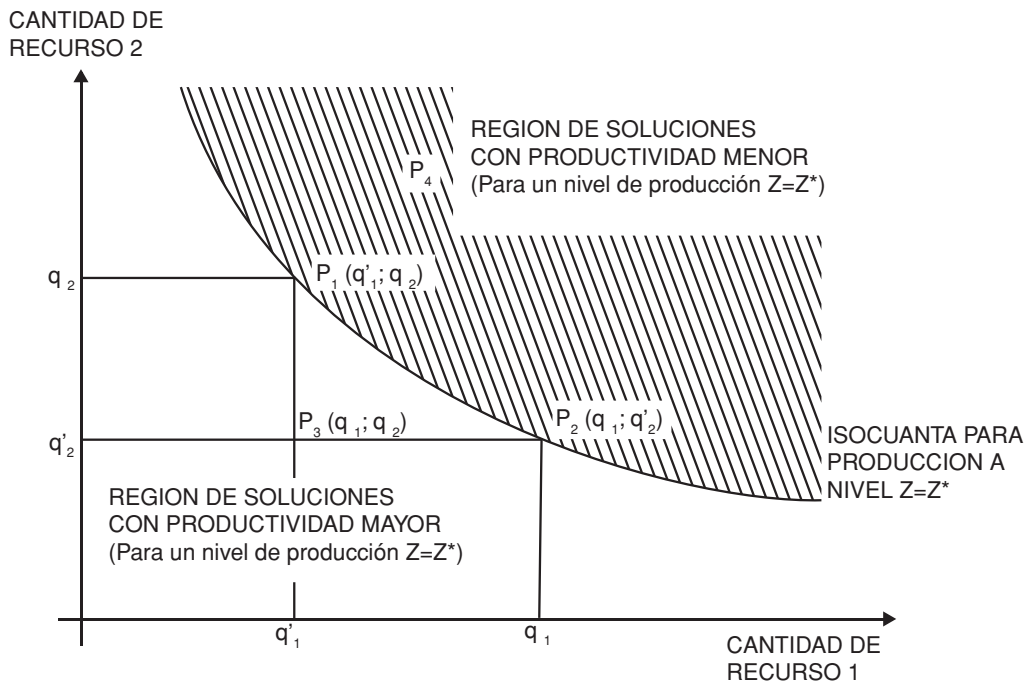


Figura 6

El nuevo punto P3, obtenido por un cambio tecnológico u organizativo, da el mismo nivel de producción $z = z^0$, que los puntos sobre la curva de la función isocuanta. Sin embargo, comparándolo con el punto P1, para una cantidad fija del primer recurso q_1' se necesita una cantidad menor del segundo recurso (q_2' menor que q_2).

En forma similar, comparándolo con el punto P2, para una cantidad fija del segundo recurso, q_2' , se necesita una cantidad menor del primer recurso: q_1' menor que q_1 .

La isocuanta, por consiguiente, forma una línea límite entre la región de productividad más alta y la más baja.

En lugar del punto P4, pueden encontrarse sobre la isocuanta otros puntos que requieran menores cantidades de recursos.

La discusión previa de la función producción y las isocuantas clarifica las circunstancias bajo las cuales cierto método puede verse como más productivo que otro. Pone de relieve también la importancia de tener en cuenta el uso de todos los recursos cuando se determina un cambio de productividad.

Evidentemente, todo el tema se simplifica si pueden introducirse valores monetarios como medidas de efectividad de los recursos consumidos, pero los conceptos expuestos de función producción e isocuantas permiten una comprensión más amplia de los parámetros comprendidos, mientras que la introducción del valor monetario como denominador común puede ocasionar los siguientes problemas:

- a) Alguno de los recursos no puede medirse sólo por su valor monetario (por ejemplo: el uso de la tierra como recurso para un proyecto podría tener desde el punto de vista fiscal una valuación bastante distinta de la de su precio dado por empresas inmobiliarias para una situación momentánea de mercado).
- b) Las relaciones entre los precios de los recursos pueden cambiar a través del tiempo (por ejemplo: en un determinado momento, los recursos A y B tienen el mismo precio por unidad, y tiempo después, el precio del elemento A pasa a ser el doble del precio del elemento B. Si se compara el nivel de productividad entre los dos períodos de dos formas, primero usando los precios del primer período y luego los del segundo, se obtienen dos resultados diferentes.
- c) Algunas veces la relación entre la cantidad producida y los recursos crece simplemente produciendo una mayor cantidad, sin introducir ninguna mejora en el método existente. Este fenómeno, llamado de "economía de escalas", se debe al hecho de que los gastos de puesta en marcha se distribuyen sobre un número elevado de productos.

En nuestro carácter de directores, tenemos que velar por el mejor aprovechamiento de todos los recursos, tendientes a lograr la máxima productividad.

Éste es uno de los conceptos básicos que debemos tener siempre presentes, dado que el comitente nos contrata precisamente para ser eficientes en el control de sus intereses, y lograr una buena productividad implica evitar derroches de todo tipo.

Por otro lado, la mejora de la productividad es esencial para incrementar la competitividad. Es casi una condición determinante y, precisamente uno de los parámetros que distingue a los profesionales es su capacidad para lograr mayor eficiencia sobre la base de la mejora de la productividad y el logro de una mayor competitividad. La competitividad se logra produciendo con mayor calidad, menor costo y menor tiempo. En otras palabras, significa mantener sistemáticamente ventajas comparativas para mejorar una determinada posición.

Veremos algunos temas y herramientas que están vinculados y nos permiten lograr esos propósitos.

3.2. Decisiones de diseño y de producción

Hay una relación biunívoca entre estos dos conceptos, que claramente se dan en la industria manufacturera o de localización fija, y que no siempre se tiene en cuenta en nuestra industria de la construcción.

La idea básica es que el proyecto debe estar pensado teniendo en cuenta cómo será la producción (construcción), y la empresa debe aportar en la etapa de proyecto su experiencia y métodos para ser tenidos en cuenta en el proyecto. Esto permite sumar experiencias específicas que se van a ver reflejadas cuando se encare la etapa de Programación y Control de los trabajos a fin de lograr precisamente una mayor productividad.

Hay dos decisiones de diseño que son importantes para tener en cuenta, y que en cierta medida están vinculadas: Calidad económica o relativa y Estandarización.

De la misma forma, hay otras dos referidas a las decisiones de producción: Efecto de repetición de tareas y Producción en serie

Por último, la herramienta básica e integradora que llega a todas ellas es el Estudio del trabajo. En la Figura 7 se muestra esta intervenculación.

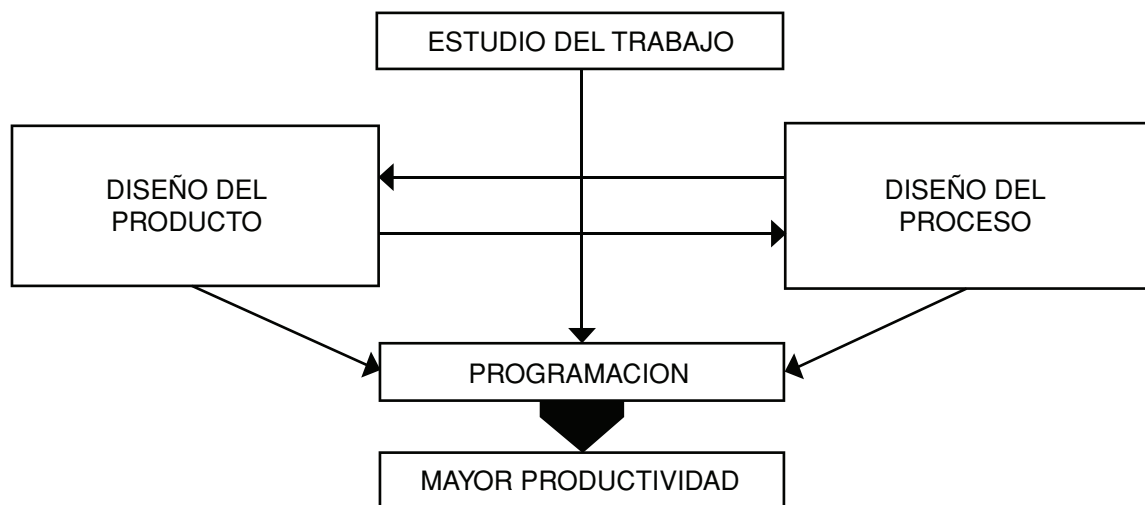


Figura 7

Analícemos brevemente cada uno de estos conceptos.

3.2.1. Calidad económica o relativa

En esta parte no nos referiremos al concepto de calidad, desde el punto de vista de la gestión y el control durante la ejecución de los trabajos, que veremos en un capítulo más adelante, como parte de las funciones básicas que debe desarrollar el director de obra.

Aquí nos referiremos desde un punto de vista conceptual como metodología de pensamiento para adecuadas decisiones de diseño.

Cuando se piensa en producir un producto cualquiera en forma industrial (es decir, en términos de producción en serie y utilizando las herramientas que nos brinda la ingeniería de producción), es fundamental fijar adecuadamente el nivel de especificaciones técnicas y funcionales.

Este aspecto es de suma importancia para, por ejemplo, el proyecto de viviendas para ser construidas en forma masiva. En otras palabras, es fundamental tanto para los proyectistas como para los comitentes tener claro que el proyecto y sus especificaciones técnicas tendrán, necesariamente, en cuenta las necesidades del usuario y los recursos disponibles, en forma tal de obtener productos (viviendas) que puedan ser producidos en serie para aumentar la productividad, sin sacrificar condiciones de habitabilidad.

Es bastante común pensar que precisamente a través del sacrificio exclusivo de las condiciones de habitabilidad se llega a reducir suficientemente los costos como para hacer un proyecto competitivo. Esta referencia a la construcción en serie de viviendas es para hacer más evidente el tema, pero veremos que conceptualmente es aplicable a cualquier tipo de proyecto.

El volumen de productos manufacturados se usa generalmente como un criterio económico para medir el desarrollo industrial; sin embargo, en los países más desarrollados la práctica económica pasó a otro estadio, que es la calidad de los productos que se proveen a los usuarios. Éste es el indicador del éxito o fracaso del enfoque industrial de ese país.

El crecimiento puramente cuantitativo ha conducido a un desperdicio de recursos en los países más desarrollados. En nuestro país, donde precisamente muchos de los recursos son escasos, ese derroche es inaceptable.

Pensar en una calidad óptima en lugar de una máxima o mínima es el medio más adecuado para evitar tales desperdicios. La estandarización es una parte importante de este proceso.

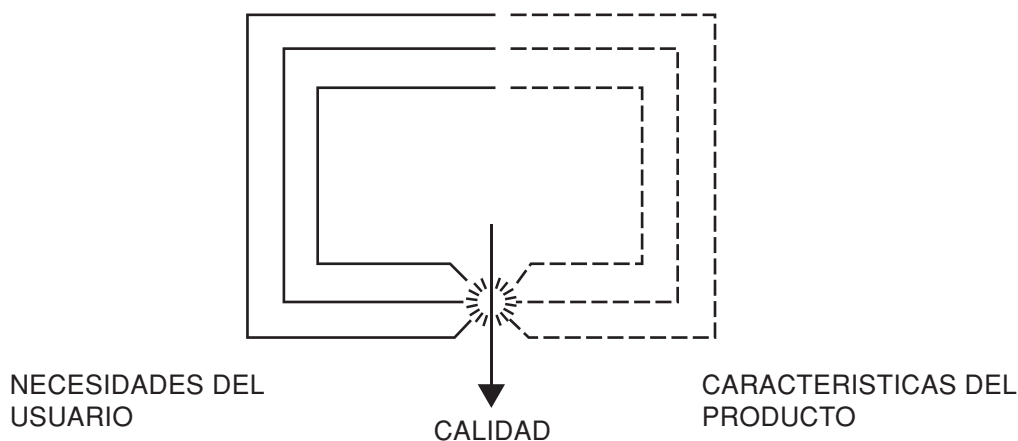


Figura 8. Calidad Abstracta

La calidad de un producto determinado está relacionada con sus propiedades, pero cada vez más y más en un sentido relativo. *La calidad de un producto se define como la medida en que dichas propiedades se adaptan a las necesidades del usuario.*

Con el objeto de juzgar la calidad de un producto, es necesario analizar, además de sus propiedades características, también la situación actual del usuario. La calidad, en este sentido relativo, puede definirse como *la adecuación para un propósito.*

En este sentido puramente funcional, abstrayéndonos de consideraciones económicas, *la calidad es la utilidad o el valor de uso de un producto para un usuario dado.* Ésta es la calidad abstracta (Fig. 8).

Por comparación del valor de uso para un usuario dado con la importancia de los sacrificios económicos necesarios para el mismo usuario, incluyendo tales características económicas como el precio del producto y el poder de compra del usuario, se llega a la definición de la *Calidad económica*.

ca o relativa, como la diferencia entre el valor de uso y el sacrificio económico que le significa al usuario adquirir ese valor de uso.

Se puede expresar esto mismo por medio de una ecuación, en la que cada uno de los miembros esté expresado en términos monetarios. Sería:

Desde el punto de vista funcional	Desde el punto de vista económico
i = propiedades; wik = importancia j = producto; cij = características	pk = precio en unidades monetarias mj = el “peso” que representa el dinero <i>para el</i> usuario

El resultado de esta resta es la “evaluación”, es decir, el valor que el usuario le asigna al producto v:

$$Vik = \sum_i wik \cdot cij - mj \cdot pk$$

O expresado en forma más simple, determinamos la calidad económica (Qe) como:

$$Qe = \text{valor de uso} - \text{sacrificio económico}$$

Así se puede apreciar que la calidad adquiere una naturaleza relativa, no existe en sí misma, y sólo se puede hablar de la calidad de un producto en relación con el propósito por el cual será usado.

En consecuencia, podemos encontrar que un producto caro es menos adecuado para un propósito dado que uno más económico (ej.: automóviles, relojes, viviendas, etcétera).

Aceptando esto, surgen las siguientes consecuencias:

- La calidad depende del número de propiedades del producto en cuestión. Debemos conocer la situación en que el mismo será usado, es decir “coordinación con la situación de demanda”.
- La calidad es una cantidad que puede ser expresada por un *ranking* de números, básicamente cuando el usuario es capaz de agrupar las propiedades del producto según su orden de importancia.
- La calidad es una cantidad medible, por una unidad uniforme, que es el dinero.

El valor de un edificio no está dado por su forma, volumen, proporciones, etc., sino por su adecuación para la función para la cual fue concebido.

Para decidir el nivel de calidad en que un producto debe ser fabricado, aparecen dos cantidades, según se aprecia en la Figura 9.

- Los costos de la calidad: son los sacrificios necesarios para adquirir el uso del producto; es una función del nivel de calidad, progresivamente ascendente.
- Los beneficios de la calidad: representan el valor de uso del producto, y es una función ascendente al principio, pero luego decreciente en función del nivel de calidad.

El exceso de beneficios sobre los costos es por sí misma una función del nivel de calidad, teniendo un máximo que se llama *calidad óptima* (Fig. 9).

Trabajando a un nivel de calidad que es mayor que el óptimo, se está incurriendo en gastos considerablemente mayores que aquellos dados por el óptimo, sin tener al mismo tiempo una utilidad significativamente mayor que la del nivel óptimo.

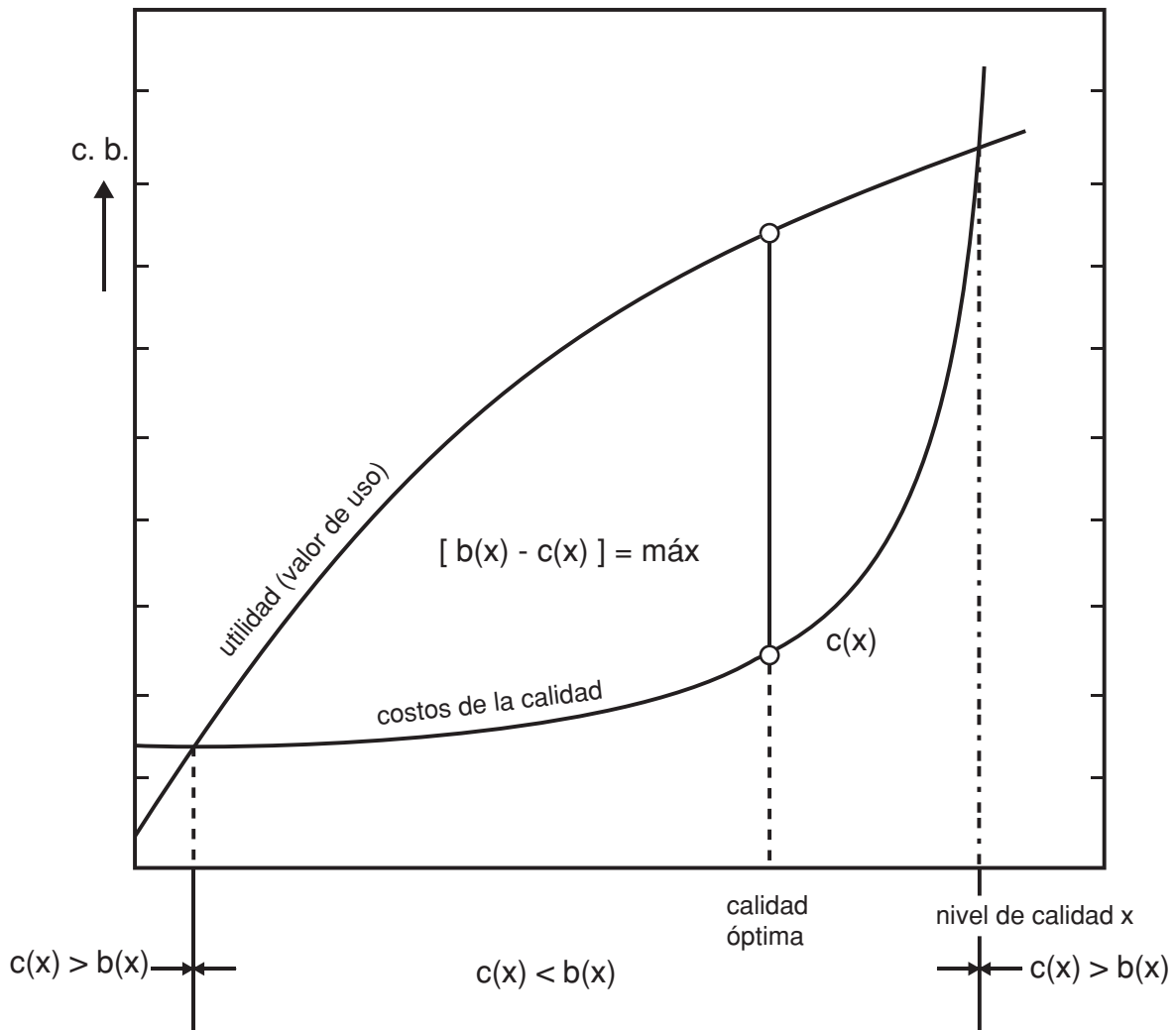


Figura 9. Calidad Óptima

Por el otro lado, con un nivel de calidad inferior al óptimo significa una pérdida considerable de utilidad sin una compensación económica relevante.

Ambas situaciones implican un derroche, siendo en consecuencia la calidad óptima un concepto asimilable al de eliminación de desperdicios.

El costo y el beneficio de la calidad no son funciones estables en el tiempo. En forma general, ambas se mueven continuamente hacia niveles de mayor calidad. Esto significa que un beneficio de la calidad, que en un momento dado ocurre para un determinado nivel de calidad, en años sucesivos se presentará para otros niveles mayores. Lo mismo sucederá con el costo.

El desplazamiento de la función beneficio es el resultado de cambios sociales y tecnológicos; el desplazamiento de la función del costo es el resultado de una mejor organización del proceso productivo y una eficiencia en el diseño.

Esto significa que el nivel óptimo de calidad se mueve hacia niveles mayores de calidad (Fig. 10).

En productos que tienen una vida relativamente grande se debe tener en cuenta la dinámica de la calidad.

Estas consideraciones, válidas para un producto manufacturado cualquiera, son válidas también y son de fundamental importancia en el sector de la construcción, especialmente en la construcción de viviendas y proyectos repetitivos.

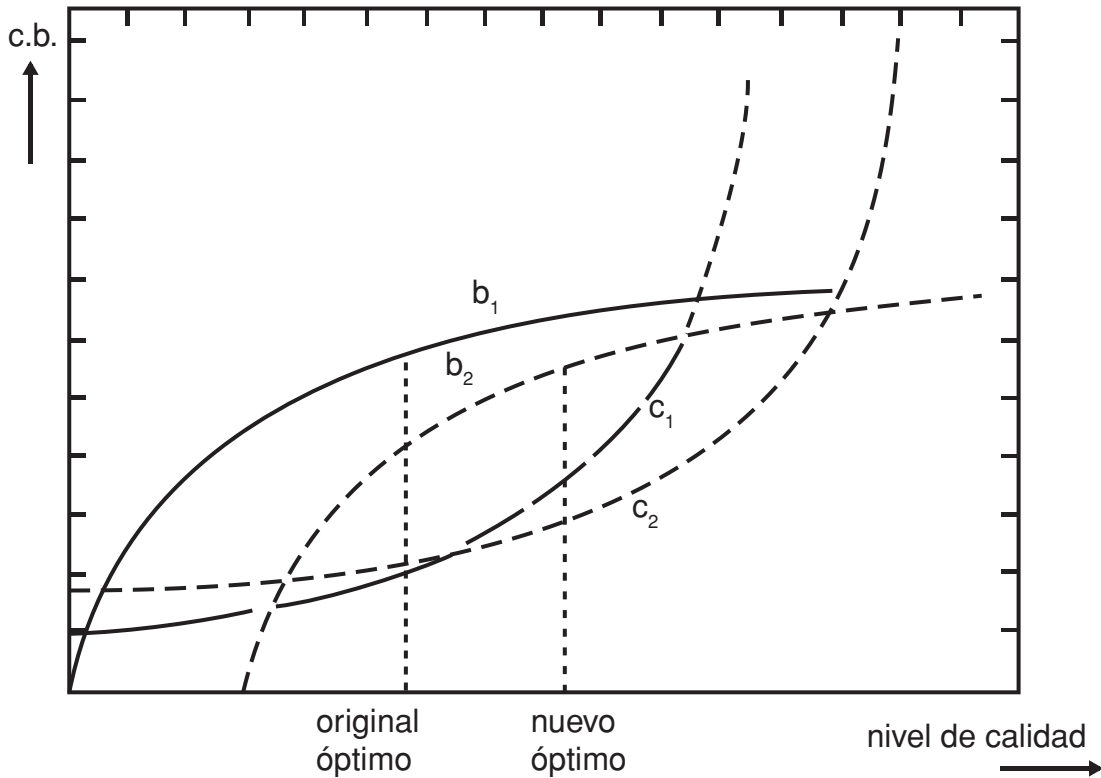


Figura 10. Dinámica de la calidad

En estos casos es imprescindible tener siempre presente la posición del usuario, el nivel del sacrificio económico que se le quiere fijar para adquirir el bien, el nivel de calidad óptimo correspondiente, determinado por la conjunción de condiciones de habitabilidad con especificaciones técnicas, y, por sobre todo, tener presente el carácter dinámico de la calidad, dado que se trata de productos de dilatada vida útil.

3.2.2. Estandarización

*Es bastante fácil vivir en una casa estandarizada,
poseer una radio estandarizada
y manejar un auto estandarizado,
sin ser necesariamente intelectualmente estandarizado.*

Karl MANNHEIM, sociólogo

Los costos de producción están directamente relacionados con la calidad, en el sentido de que la calidad económica se incrementa si los costos de producción para un producto dado decrecen. Se puede obtener un nivel económico de calidad alto, ya sea aumentando su valor de uso funcional o disminuyendo los costos de producción.

Uno de los resultados más importantes de la industrialización es la reducción de los costos de producción, que se logra, en primer lugar, por el aumento del tamaño de las series de producción.

Esto significa que el tiempo necesario y el costo inherente al inicio de nuevas series se pueden dividir en un número mayor de productos, y entonces resulta una carga menor para cada pro-

ducto. Más importante que este efecto es, sin embargo, la posibilidad de introducir un grado mayor de mecanización en los métodos de producción en forma tal, que los costos bajarán de manera más notable.

La industria moderna tiende a una división de la producción total en el menor tipo posible de productos diferentes. *La selección consciente de estos tipos de productos es la estandarización; en otras palabras, implica “una reducción de variedad”.*

La estandarización tiene un alcance amplio. Cuando las dimensiones detalladas y los requerimientos de calidad han sido fijados en un estándar, esos productos pueden ser fabricados en diferentes fábricas o proveedores.

Esto posibilita lograr los tres objetivos siguientes:

- algunas firmas o subcontratistas se especializan en la fabricación o provisión de determinados componentes,
- los cuales pueden ser vendidos en un mercado más abierto, y
- otras empresas se pueden concentrar en el armado de los productos semi-manufacturados en el producto final.

Con esta distribución del trabajo se puede obtener una productividad mayor del sector que no podría lograrse sin la posibilidad de producir una gran serie de productos intercambiables.

Un producto con propiedades relevantes puede ser considerado como un punto en un espacio “n” dimensional. La estandarización es, entonces, desde el punto de vista formal, la selección de un número determinado de puntos en ese espacio, fuera del infinito número de puntos que ese espacio contiene.

Dado el hecho de que los costos de producción disminuyen en forma monótona con la disminución del número de tipos de producto en uso, el mejor método de estandarización sería la extrema, reduciendo la variedad a un solo tipo de productos, si la estandarización tuviera como único objetivo minimizar los costos de producción.

Tal situación extrema en la reducción de la variedad baja, por un lado, los costos de producción, pero, por el otro y en forma mayor, se reduce el valor de uso del producto.

El objetivo de la estandarización debe tener en cuenta el valor de uso funcional del producto; de allí que la estandarización está relacionada íntimamente con la calidad en dos sentidos:

- Por la elección deliberada del valor de uso funcional con relación al grado de estandarización aplicada.
- Por la influencia que sobre los costos de producción del producto tiene el grado de estandarización.

Debemos, pues, tener en cuenta de qué forma la estandarización afecta la calidad funcional del producto. El hecho básico es que la situación de los usuarios no está estandarizada; es única para cada caso. Esto se conoce como “situación de demanda”.

Las medidas del cuerpo no son las mismas para dos personas diferentes; la resistencia necesaria para un elemento de construcción varía de caso en caso (ej.: perfiles metálicos).

Esto lleva a una *pérdida por adaptación o pérdida debida a mala adaptación*; el producto estandarizado no está adaptado idealmente a la situación de demanda.

No es exagerado considerar para la pérdida por adaptación un promedio del 10% del costo total que puede ser influenciado por la estandarización. Es la consecuencia necesaria, pero puede ser controlada de dos formas:

- Por la forma en que los puntos estandarizados están situados en el espacio “n” dimensional de propiedades.
- Por la “intensidad” de la estandarización, es decir, por el número de tipos estandarizados del mismo producto.

Es posible obtener economías aplicando el principio de las “pérdidas por adaptación”.

Hay una sola dificultad en su aplicación y es que el método de distribución de los puntos estandarizados que minimizan las pérdidas por adaptación sólo puede ser calculado si la distribución de la demanda, en el mismo espacio de propiedades, puede ser conocida por lo menos en forma aproximada.

Una buena estandarización siempre debe estar basada en un estudio de las necesidades de los usuarios, a través de adecuados estudios estadísticos.

Veamos, como ejemplo, cómo se fija la altura de las mesadas de cocina.

Existen infinitas posibilidades de altura de amas de casa. Como es imposible satisfacer todas las alturas individualmente con la correspondiente altura de mesada, se debe elegir, dentro de ese universo, *el ama de casa modelo*, y adaptar a ella las dimensiones de nuestro diseño.

Esto significa, por supuesto, que todas las otras amas de casa tendrán el plano de trabajo a una altura que no estará idealmente adaptada a ellas; o será más alto o más bajo.

En ambos casos, la pérdida por adaptación ocurre en la forma de un incremento de la carga de trabajo.

En principio, estas pérdidas por adaptación son medibles, y no son simétricas; es decir, que no es lo mismo para una persona 10 centímetros más alta o más baja. Esto implica que no es válido usar como modelo el promedio de la población.

Si, como sucede en el ejemplo de la mesada, es a centímetros más baja, es peor que otra que sea a centímetros más alta; entonces, la mesada debe ser diseñada de una altura mayor a aquella que corresponde al ama de casa promedio de la población. Decir diez centímetros más alto no significa que la mesada es diez centímetros más alta, sino que está diseñada para ser usada por una persona diez centímetros más alta que el usuario promedio.

En la Figura 11 se grafican ambos conceptos: distribución de frecuencias de dimensiones relevantes [$f(x)$] y la función de pérdidas por adaptación [$L(x)$]; “ a ” es una variable independiente.

Indudablemente, la mejor selección será aquella que haga “ a ” mínimo para la totalidad de las pérdidas por adaptación sobre la distribución de frecuencias de los usuarios potenciales.

Se pueden hacer cálculos similares para más de un tipo y es posible llegar a un mínimo de pérdidas, originadas por el no cumplimiento en la satisfacción de los requerimientos de una demanda única para cualquier número de tipos.

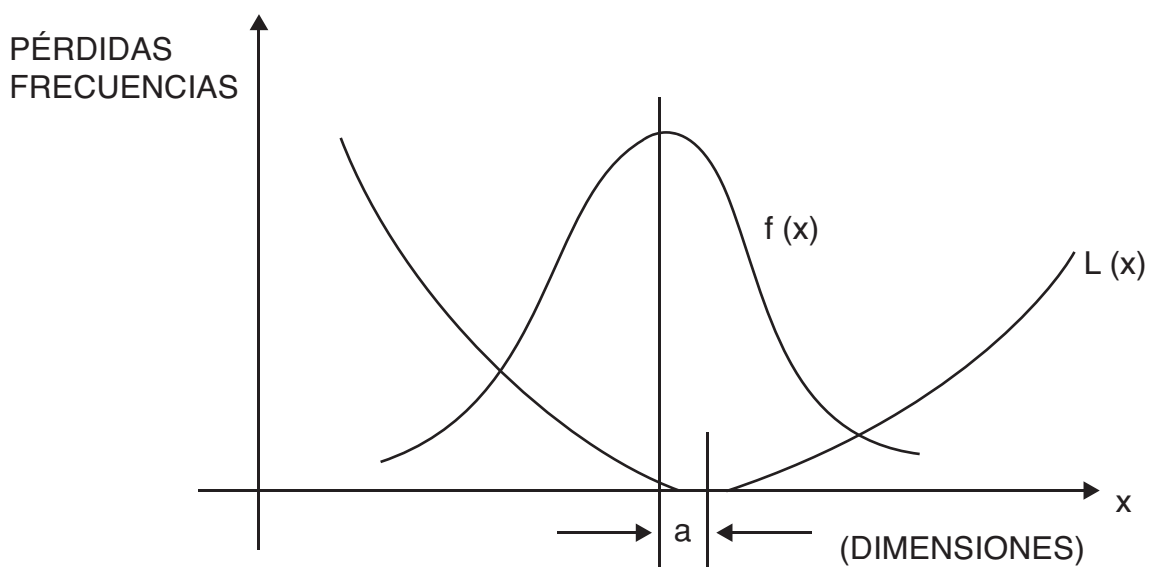


Figura 11. Distribución de frecuencias y pérdidas por adaptación

Esta pérdida puede ser menor en función de si el número de tipos es mayor. Es, además, posible calcular los costos extra de producción y distribución que resulten de producir tipos adicionales. Estos costos extra son mayores si el número de tipos producidos es también mayor. La suma de los dos tipos de costos representa los costos extra que en última instancia surgen de las variaciones en la demanda.

El punto de la curva donde el costo total es mínimo representa el número óptimo de tipos a ser estandarizados desde el punto de vista social.

La estandarización óptima es aquella que conduce a la relación más conveniente entre costos y beneficios de la estandarización.

Esto es equivalente a decir que la estandarización óptima es aquella para la cual la suma de las pérdidas de adaptación, por un lado, y los costos de producción, por el otro, es mínima, como se indica en la figura 12.

Estos conceptos de estandarización son básicos para la industrialización de la construcción, sin los cuales es imposible atacar los requerimientos crecientes del sector.

Los proyectistas tienen de esta forma el desafío fascinante de diseñar con elementos estandarizados sin caer en la monotonía, dando su propia impronta, eliminando las variedades innecesarias. Debe buscarse, pues, estandarización sin monotonía, que es mucho más saludable que monotonía sin estandarización, situación en la que se cae muchas veces.

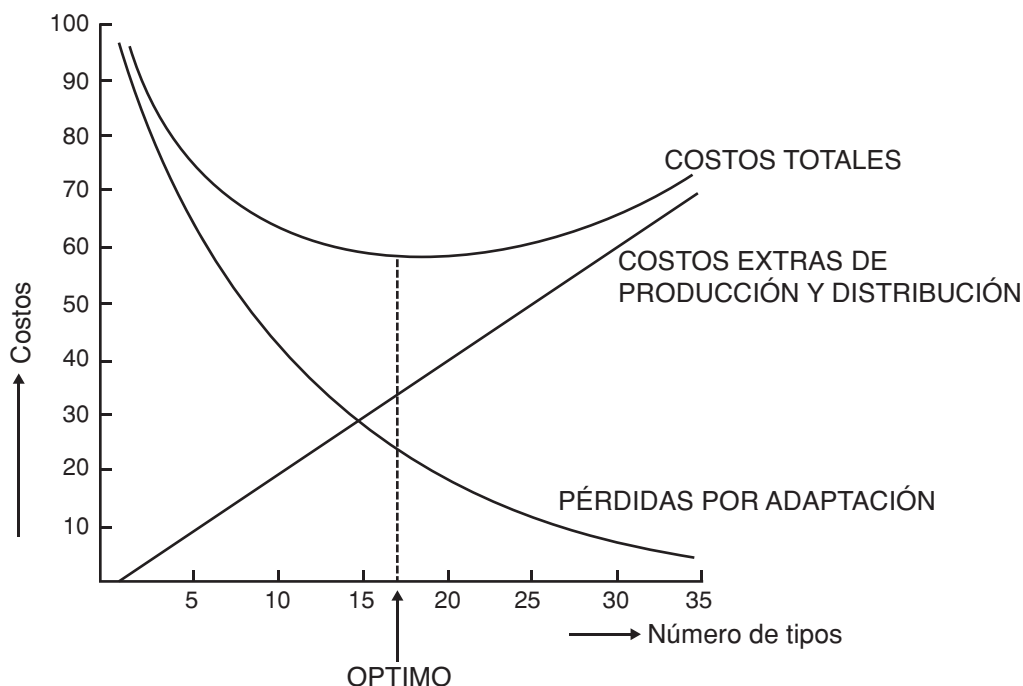


Figura 12. Número óptimo de tipos

El desarrollo de la estandarización de dimensiones, cuya expresión más sofisticada es la coordinación modular, es precisamente la base de una profunda estandarización y restricción de tipos de elementos, para la construcción y equipamiento de edificios, y para lograr, por medio de la intercambiabilidad, una producción racional de elementos y un máximo de libertad de acción para los proyectistas.

La coordinación modular fija las dimensiones de todos los elementos bajo un común denominador que es el módulo. Internacionalmente, el módulo tiene 10 cm, y en los países anglosajones, 4

pulgadas. De ahí que las dimensiones de los elementos modulares son múltiplos de este módulo. Se entiende por la dimensión modular la dimensión de los elementos más el ancho de las juntas basadas en la tolerancia.

Todas las dimensiones se refieren a una grilla modular, compuesta por tres series de planos que definen cubos de 10 cm. La modulación de cualquier elemento o cualquier conjunto, implícita o explícitamente, está siempre basada en la grilla modular.

La aplicación práctica de la teoría modular está gobernada por tres reglas principales:

- Cada uno de los componentes debe encajar en la grilla modular.
- Sólo los cierres, elementos en contacto con la intemperie y accesorios pueden cruzar las líneas de las grillas entre componentes.
- Una junta modular se hace entre el espacio entre dos componentes.

Un aspecto importante en el desarrollo de un sistema práctico de coordinación modular es la fijación de las tolerancias óptimas para la fabricación y el montaje.

La coordinación modular no puede degenerar en un juego más o menos abstracto de dimensiones, sobre la base de “medidas humanas”, como sucede con la estandarización. No es un tema de técnica ingenieril, sino un método de ingeniería humana.

3.2.3. Producción en serie

La capacidad industrial de producir bienes en forma masiva debe atribuirse a un notable incremento de la productividad del trabajo humano, incremento que ha podido lograrse fundamentalmente a través del desarrollo de nuevos métodos de producción.

La aplicación de dichos métodos ha hecho factible la producción de bienes en gran escala y a relativamente bajo costo, permitiendo así los requerimientos de una demanda masiva.

En la industria corriente, cuando se habla de producción en serie o en línea, se quiere indicar con ello una disposición de áreas de trabajo:

- en que las sucesivas operaciones se colocan siguiendo las secuencias del proceso, en zonas inmediatas y mutuamente adyacentes;
- en donde el material se desplaza a un ritmo uniforme, a través de una serie de operaciones equilibradas,
- que permiten una actividad simultánea guiando el producto hasta el fin de su proceso a través de un camino directo.

Este tipo de producción responde a algunos principios básicos y exige, para ser viable, el cumplimiento de ciertos requisitos.

3.2.3.1. Principios básicos

- **Mínima distancia recorrida:** Al disponerse las áreas de trabajo en forma inmediatamente adyacente, cada operación comienza donde termina la anterior; cada obrero toma el trabajo donde lo deja el que lo precede.
- **Circulación del trabajo:** Implica un movimiento continuo a un ritmo uniforme fijado por la línea.
- **División del trabajo:** Significa el eficaz empleo de la mano de obra, en cuanto permite dividir la obra en tareas y asegurar una operación y especialidad a cada trabajador según un método preestablecido.
- **Operaciones simultáneas:** Hace posible que a lo largo de toda la línea los obreros estén rea-

lizando más tareas simultáneamente, en lugar de terminar de una vez cada operación en todas y cada una de las piezas o productos.

- Operación en bloque: Significa que la línea se considera como una sola unidad de producción en la que una serie de operaciones o un grupo de operarios están asignados a un determinado producto.
- Trayectoria fija: La trayectoria queda establecida cuando se planea o diseña la línea; así, la posibilidad de desviaciones y de trabajo perdido se hace mínima. La idea básica es preparar la trayectoria fija y mantener el material moviéndose sobre ella.
- Mínimo tiempo y material en proceso: La producción en línea permite obtener un flujo rápido de material (mediante una secuencia fija de operaciones), con operaciones simultáneas. Esto garantiza en cada momento un mínimo de tiempo y de material invertidos en la unidad de producción.
- Intercambiabilidad: La intercambiabilidad de piezas y componentes constituye un imperativo. Los materiales, y las partes componentes deben estar normalizadas de acuerdo a estándares dimensionales, de unión y de calidad, de manera de permitir su empleo en cualquier unidad de producción.

La producción en línea se beneficia de esta condición de identidad y, al mismo tiempo, depende de ella en grado sumo.

La viabilidad de la producción en serie exige, como se ha señalado, el cumplimiento de ciertos requisitos.

3.2.3.2. Requisitos

- Cantidad: El volumen de la producción debe ser suficiente para cubrir el costo de preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- Equilibrio: Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- Continuidad: Una vez puesta en marcha la línea, debe continuar funcionando, dado que la detención en un punto corta la alimentación al resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovechamiento continuo de materiales, elementos, etcétera.

Con la aplicación de estos principios, y cumplidos los requisitos, es posible obtener junto a un significativo incremento de la productividad del trabajo humano, una apreciable disminución en los costos de producción y en el tiempo insumido por éste.

Aceptados estos principios y requisitos que rigen la producción en serie, veamos cómo se pueden aplicar en la construcción, especialmente en desarrollos seriados (construcción de viviendas, proyectos lineales, como gasoductos, redes, etcétera).

En la industria corriente se trata de elaborar en plantas fijas un producto siempre móvil, que se desplaza frente a los operarios durante sus distintas fases de montaje; en la construcción, por el contrario, se trata de construir una obra fija con una organización móvil.

No obstante esta característica diferencial que se plantea en términos de movimiento relativo entre producto y recursos, es posible aplicar a la construcción los principios básicos de la producción en serie y las técnicas de las líneas de producción, ya que es perfectamente factible lograr en estos casos los requisitos de cantidad, equilibrio y continuidad exigidos por la técnica, y poner en práctica sus principios de aplicación.

En la Figura 13 se trata de ejemplificar este movimiento relativo entre producto y recursos, y cómo se avanza en el proceso de construcción.

Es importante tener presente este análisis, dado que va a ser básico para comprender, cuando nos refiramos a distintas herramientas de programación, aquellas que son adecuadas para este tipo

Producción en serie

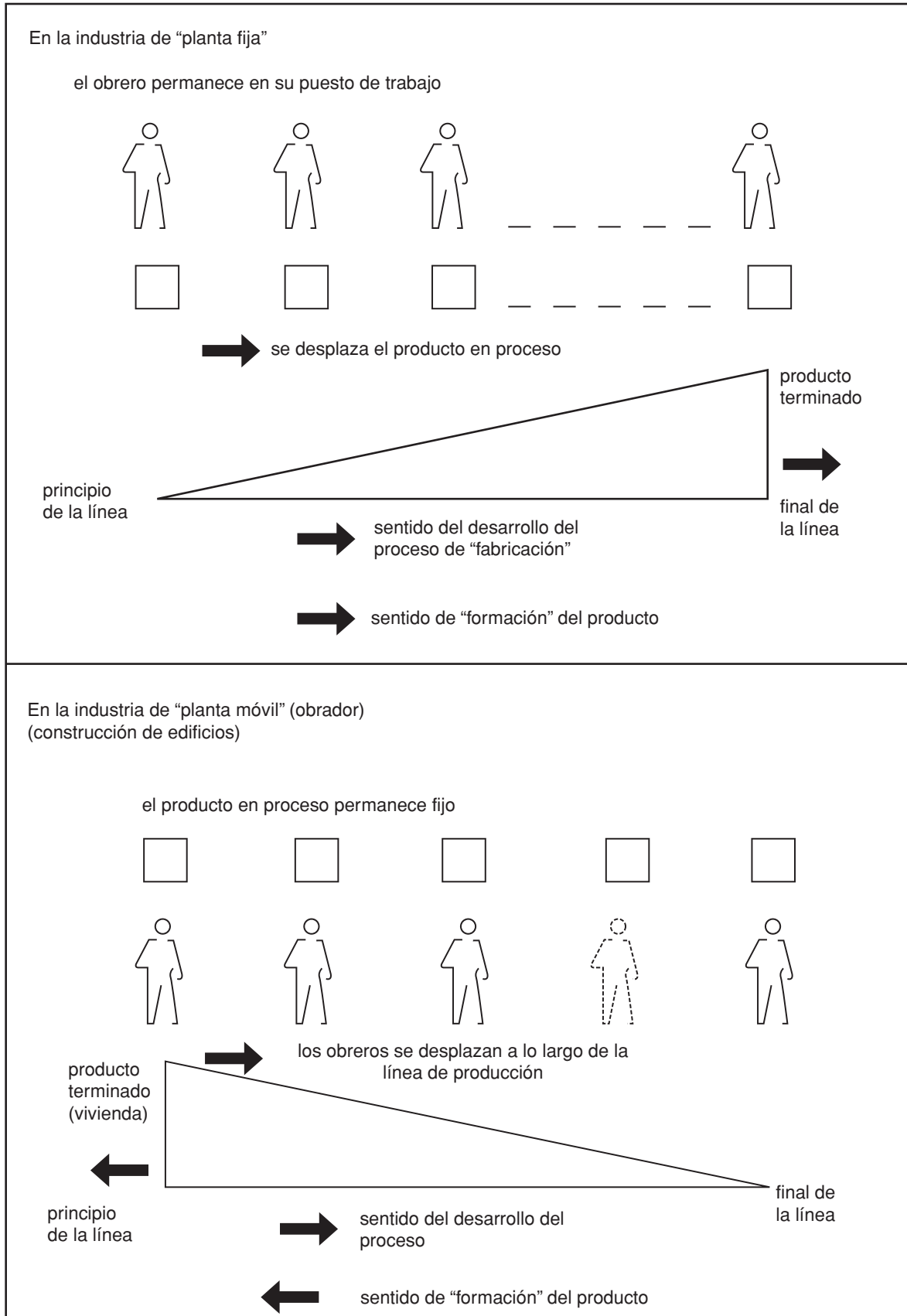


Figura 13. Producción en Serie

de construcciones: Programación por líneas de balance y Programación rítmica. Para ello, se verá la conveniencia de que se respeten:

- i) el requisito de identidad de las unidades de trabajo a encarar y
- ii) el tamaño de la serie.

3.2.4. Efecto de repetición

Uno de los problemas más críticos que afectan a la mayoría de los países es la incapacidad que tiene la industria de la construcción para satisfacer la demanda cada vez más creciente de todo tipo de obras; esto es especialmente más serio en el sector de la vivienda.

En esta situación, es natural que se busquen medidas que ayuden a incrementar sustancialmente la productividad de la industria de la construcción.

La solución generalmente aceptada reside en la aplicación de los principios de la producción industrial en todo el proceso de construcción. Cualquier producción industrial está basada en la fabricación de productos idénticos en largas series y en la aplicación, tanto como sea posible, de especialización y mecanización en el proceso de producción.

El problema es cómo aplicar estos principios, por ejemplo, en la construcción de viviendas, ya que este sector presenta una serie de problemas técnicos, organizativos, económicos, estéticos y sociales que no son comunes en otros productos destinados al consumo masivo.

Se tratará de establecer la influencia sobre la productividad de la mano de obra, de los costos de construcción, de la escala de producción y el grado de repetición de las operaciones llevadas a cabo en el obrador.

Se acepta como un cliché que la industrialización implica, entre otras cosas, la integración de proyecto y la construcción (diseño-producción); sin embargo, rara vez se consideran las posibilidades, problemas y consecuencias de esta integración.

Los proyectistas y los constructores ven el mundo en forma distinta y tratan de maximizar también cosas distintas y conflictivas.

El arquitecto, por ejemplo, diseñando un proyecto de viviendas, plantea como una buena solución un proyecto variado de prototipos con el propósito de cubrir en forma más amplia las necesidades funcionales de los distintos ocupantes. Él necesita variedad para satisfacer las condiciones variables de los distintos obradores. Al constructor y al fabricante de componentes, en cambio, no les gusta la variedad. Ellos desean series largas a fin de poder lograr el uso repetitivo de un rango limitado de elementos estándar, con el objeto de obtener las ventajas muy reales que surgen de la repetición.

Este conflicto debe ser resuelto por un compromiso que no es nada fácil, porque las diferencias se desarrollan en idiomas diferentes. Pareciera ser, en consecuencia, que la integración entre el diseño y la producción es un problema de comunicación.

Se necesitan mejores medios para que el proyectista comunique sus intenciones al constructor, y se necesita mayor realimentación de la información de los constructores, fabricantes de materiales y componentes a los proyectistas.

Naturalmente, para que esta barrera se rompa, es necesario que exista posibilidad de desarrollo y, consecuentemente, continuidad para que puedan formarse equipos de trabajo interdisciplinarios de forma tal que se pueda avanzar iterativamente hacia soluciones comunes que incrementen la productividad, sin sacrificar principios inherentes a cada uno de los sectores.

Es fundamental prestar atención al problema de la continuidad de trabajo en los obradores, a pesar de las condiciones externas adversas.

El problema esencial reside en que las series por repetir a menudo no son suficientemente grandes como para permitir un tiempo operativo estable, antes de terminar los trabajos. Este hecho, junto con la incertidumbre sobre el número de factores externos que afectan los tiempos operativos, explica los problemas de todo tipo que se presentan en la elaboración de los programas de trabajos. La

ejecución de las operaciones de construcción está caracterizada, en consecuencia, por la improvisación, en lugar de la organización.

Como en la industria manufacturera, la productividad de la mano de obra y los costos de producción dependen de la tecnología usada y de la extensión de la rutina desarrollada por los operarios. Ambos factores son considerados y favorablemente afectados por la escala de producción y el grado de repetición. A pesar de ello, muchos empresarios de la construcción subestiman la importancia de la continuidad de trabajo.

La llave para una máxima productividad en trabajos repetitivos es lo opuesto a la improvisación, y está dada fundamentalmente por la planificación, organización cuidadosa y mantenimiento escrupuloso de la continuidad del trabajo.

La tipificación de diseños basados en una adecuada investigación de los requerimientos de los usuarios debería proveer la base para la estandarización y coordinación dimensional de la construcción.

El efecto de repetición en las operaciones de construcción y los procesos en el obrador brinda una sucesiva reducción del tiempo requerido para ejecutar operaciones idénticas realizadas repetida y sucesivamente.

3.2.4.1. Influencia sobre el tiempo operativo

El efecto básico de la repetición en las operaciones de construcción y procesos realizados en el obrador es la reducción del tiempo requerido para realizar operaciones idénticas ejecutadas en forma repetida y sucesiva. La influencia favorable de la repetición sobre el tiempo operativo se debe al incremento de la productividad de la mano de obra obtenida por la práctica, pero también a sucesivas mejoras del método de trabajo y disposiciones en los entornos inmediatos del lugar de operación, así como a un más eficiente encadenamiento de las cuadrillas.

Para fines analíticos y de programación, el incremento gradual de la productividad de la mano de obra obtenida por repetición es generalmente representado por medio de curvas de perfeccionamiento, que muestran la interacción entre el tiempo operativo y el número de operaciones completadas (Fig. 14).

La forma general que adoptan las curvas de perfeccionamiento es bien conocida; el tiempo operativo siempre se reduce en forma pronunciada al comienzo de la secuencia del trabajo, mientras que la reducción en el tiempo decrece sucesivamente en función de la magnitud de la serie. Con el objeto de planificar en forma científica los trabajos repetitivos, se han hecho muchas investigaciones tendientes a encontrar una fórmula general o modelo teórico que por razones de espacio no desarrollaremos en este trabajo.

Mencionaremos simplemente que existen trabajos efectuados por Wright y el Instituto Noruego de la Construcción, en este sentido.

Wright desarrolló una fórmula que cumple la siguiente regla: el valor medio acumulado del tiempo operativo se reduce en un 20% cuando se duplica el número de operaciones idénticas.

El Instituto Noruego desarrolló para la industria de la construcción una fórmula que puede expresarse en estos términos: la parte del tiempo operativo que puede disminuir por adquisición de rutina se reducirá a la mitad después de un número constante de repeticiones.

Todas las fórmulas desarrolladas tienen sus objeciones, si bien ponen en evidencia el concepto fundamental.

Una fórmula de decrecimiento de tiempo, para que sea de uso cómodo, debe implicar:

- Que se refiera en primer lugar al tiempo ideal que se espera obtener antes de cubrir completamente las operaciones. Así es como se establece más fácilmente la determinación de los equipos y materiales a utilizar.
- Que los tiempos de la mano de obra de las operaciones precedentes puedan establecerse multiplicando ese tiempo ideal por un coeficiente ligado al número de orden de la opera-

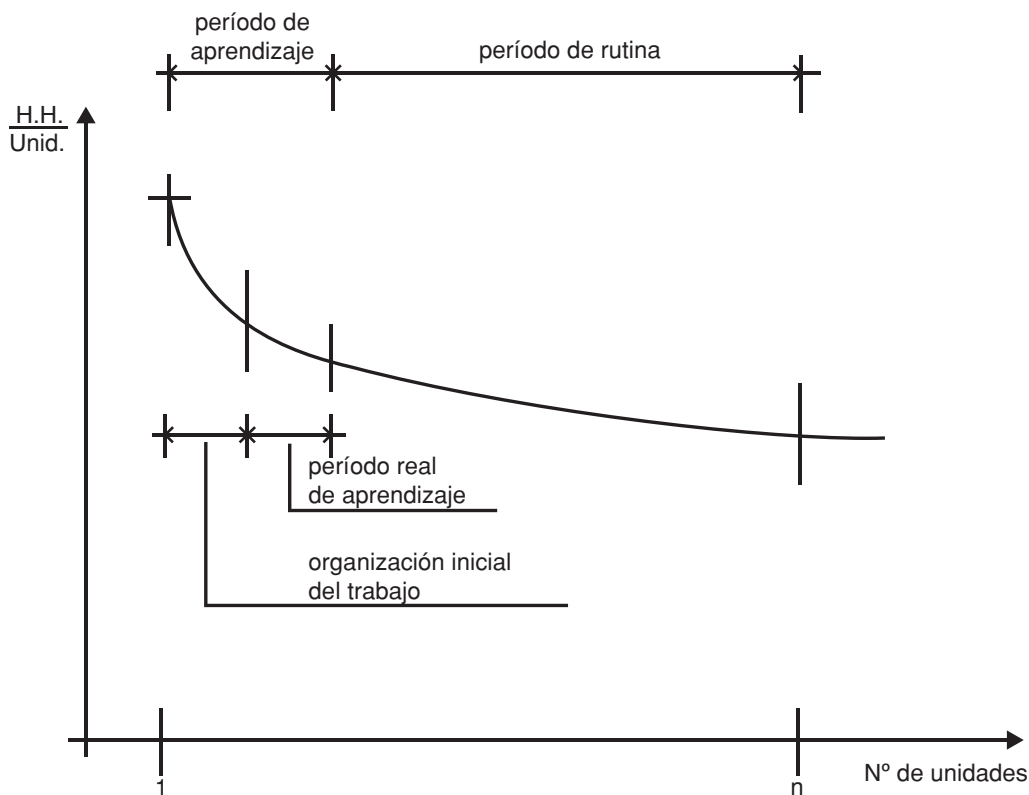


Figura 14. Curva de mejoramiento o de adquisición de rutina

ción. Esto lleva a determinar una fórmula donde el coeficiente multiplicador tienda a 1 cuando el número de orden de la operación tienda a infinito.

- Que los coeficientes multiplicadores puedan ser ajustados a la naturaleza del trabajo, y que en particular se pueda imponer un valor del coeficiente multiplicador próximo al valor 1 para una operación donde el número de orden pueda ser fijado.
- Que sea capaz de poder confrontarse la curva teórica con las observaciones que se hagan en el obrador.

La fórmula que responde a estas premisas se denomina de “decrecimiento del tiempo ideal asintótico”. No la desarrollaremos aquí, pero el que esté interesado puede consultar: GILLIARD, Roger: *Coût des travaux de génie civil*, Paris, Dunod, 1971.

En la mayoría de los procesos estudiados pueden observarse dos fases fundamentales: una fase de adquisición de rutina, durante la cual el mejoramiento gradual de la productividad de la mano de obra se obtiene a través de pequeños cambios en los métodos de trabajo y organización, y una segunda fase, que se denomina de rutina.

Algunos consideran que la primera fase puede a su vez ser subdividida en otras dos:

- la organización inicial del trabajo, que depende del conocimiento y la habilidad del organizador del trabajo;
- la fase real de aprendizaje de la operación, que es el período durante el cual los trabajadores están aprendiendo cómo realizar el trabajo.

En la mayoría de los casos se arriba a un tiempo de operación aproximadamente estable, durante la etapa de rutina.

El incremento de la productividad de la mano de obra debida a la repetición es el resultado combinado de un mejor conocimiento, mejor organización y mejor coordinación de la operación. Los resultados dependen de varios factores.

- Cuando se trata de operaciones simples, ello implica un número mínimo de instrucciones y los resultados son más favorables.
- Cuando el grado de incremento de la productividad es inversamente proporcional a la complejidad de la operación, los resultados son más favorables.
- Cuando hay mayor grado de mecanización, también son más favorables.
- Según el tamaño de la cuadrilla, la coordinación varía. Cuanto mayor es la cuadrilla, mayor es la dificultad.
- División del trabajo y especialización de cuadrillas para distintas actividades favorecen los resultados.
- Hay experiencias que muestran que las mejoras por repetición son mayores en actividades no tradicionales que en las tradicionales. La noción de tradicional implica que la operación en cuestión es más o menos conocida por el operario y la etapa de aprendizaje ya ha sido pasada.

El porcentaje de perfeccionamiento del consumo de tiempo de todo el proceso observado en obradores bien organizados varía entre el 8 y el 13% cada vez que se duplica el número de ejecuciones.

3.2.4.2. Influencia sobre los costos de construcción

Ya vimos en los puntos anteriores que por repetición de operaciones idénticas se obtenía una reducción de la mano de obra.

Éste ya puede ser un objetivo en sí mismo. Se debe tener siempre presente que, aunque no se obtengan ahorros espectaculares en el obrador, por la introducción de grandes series, se obtiene un ahorro en el costo total, a través de los efectos favorables que tiene la repetición sobre los costos de producción de materiales de construcción y componentes, así como sobre los costos de diseño, programación y costos indirectos.

En la mayoría de los casos, un incremento en la productividad de la mano de obra obtenido por repetición de las operaciones de construcción en el obrador va acompañado por una reducción de los costos operativos.

La producción de grandes series afecta a un número de componentes de costos, además de los costos operativos, e indudablemente, el costo total está afectado por todos los factores de la eficiencia económica, de los cuales la repetición es uno de ellos.

El efecto económico de repetición en los obradores se pone en evidencia en un decrecimiento en los costos operativos, debido a una más eficiente organización y ejecución del trabajo, y a un ahorro en los costos indirectos causados por la reducción del tiempo de construcción, a raíz de un incremento en la productividad de la mano de obra.

El ahorro de los costos operativos directos se debe a:

- gradual decrecimiento en los tiempos operativos obtenidos por un trabajo repetitivo (ya visto);
- una mejor organización y una mayor especialización del trabajo, que justifica un equipo mejor y más preciso para la ejecución de las tareas, y también la introducción de nuevos métodos y técnicas.

De esta especialización surge una ventaja adicional y es que se permite usar con mayor alcance obreros no especializados.

Los ahorros indirectos obtenidos de la repetición originan fundamentalmente el incremento del ingreso nacional y es entonces de gran importancia para la economía como un todo. Además la reducción en el tiempo de construcción, influencia favorablemente los factores de costo como: mano de obra, alquiler de equipos, capital, etcétera.

Un factor importante, que influye tanto sobre los costos directos como indirectos, es el tipo de sistema de remuneración. Si se emplea un sistema de salario puramente horario, la ganancia económica que se obtiene por la eficiencia incrementada, aparecerá en términos de menor costo de mano de obra, reflejada en un menor costo de la construcción.

Como los ahorros no reflejarán los resultados del trabajo, los operarios no tendrán un gran incentivo para mejorar su habilidad. Debería esperarse que el efecto de repetición, en consecuencia, sea menor, así como los ahorros de los costos indirectos.

Las ventajas y desventajas de un sistema de pago exclusivamente por rendimiento, son inversas de aquellas vistas de un sistema de salario puramente horario. En muchos casos se ha encontrado que una combinación de ambos sistemas es lo más conveniente y eficiente para ambas partes.

3.2.4.3. Condiciones necesarias para obtener efectos favorables de un trabajo repetitivo

La condición básica es la continuidad del trabajo, y las operaciones por realizar deben ser idénticas (continuidad operativa) y ejecutadas por los mismos operarios, siempre que sea posible, sin interrupciones (continuidad ejecutiva).

En efecto, la ruptura de la continuidad puede, bajo ciertas condiciones desfavorables, neutralizar casi completamente el efecto de repetición.

Las condiciones desfavorables pueden originarse por factores externos, pero también por una inadecuada organización. En síntesis, los factores siguientes contribuyen para obtener un efecto más favorable de la repetición de tareas en los obradores:

- Planos de arquitectura, estructura e instalaciones que aseguren una identidad máxima de operaciones.
- Tamaño adecuado de proyectos que permitan una especialización suficiente, así como el espacio necesario para cada una de las cuadrillas involucradas (área de trabajo).
- Adecuada programación y organización del trabajo en el obrador.
- Actualizada dirección y supervisión de los trabajos.

3.2.4.4. Programación y organización de trabajos repetitivos

La programación previa y la organización sistemática de los trabajos están fuera de toda cuestión; en caso contrario, la eficiencia de la construcción dependerá exclusivamente de la habilidad de la dirección para improvisar y del grado de flexibilidad de los trabajadores.

En el caso de procesos constructivos altamente repetitivos, se ha encontrado muy efectivo organizar el trabajo de acuerdo con principios muy similares a aquellos usados en la producción masiva de bienes de consumo en cintas de producción. Ya dijimos que veremos oportunamente, cuando consideremos las distintas herramientas de programación, que con los programas por líneas de balance y programación rítmica, se obtienen sustanciales ahorros en términos de consumo de mano de obra, y de costos de construcción.

En este capítulo, y a los fines de ejemplificar lo que dijimos sobre el efecto de repetición, haremos referencia a un ejemplo concreto desarrollado en Holanda sobre 16 series de viviendas.

Se evaluaron esas 16 series de viviendas tradicionales, teniendo en cuenta:

- eficiencia del desarrollo urbano (*master plan*);
- eficiencia del diseño de la vivienda (prototipo);
- eficiencia de la organización de la ejecución.

En otras palabras, se ha buscado la integración entre los procesos de diseño y de producción. La intención fue determinar si, como se esperaba, los factores mencionados tenían la influencia favorable sobre el número de horas-hombre por vivienda, y si así era, poder cuantificarla.

Se examinó la relación que había entre el número de horas-hombre por vivienda para un determinado número de la serie y la eficiencia de los tres factores mencionados.

Los resultados de ese estudio, llevado a cabo para las viviendas 1, 5, 15, 30, 60, 120 y 240 de las series, se indican en el siguiente cuadro y están graficados en la Fig. 15.

Curva	Horas/ hombre por vivienda en relación con el N° de la serie							Promedio
	1	5	15	30	60	120	240	
1	2.620	2.040	1.730	1.570	1.420	1.290	1.210	1.380
2	2.430	1.860	1.530	1.340	1.180	1.040	960	1.140
3	1.240	1.010	890	850	830	800	790	830
4	1.090	920	810	710	665	630	610	660

W. J. Van Nieuwkerk, Industrialization of house - Building in the Netherlands

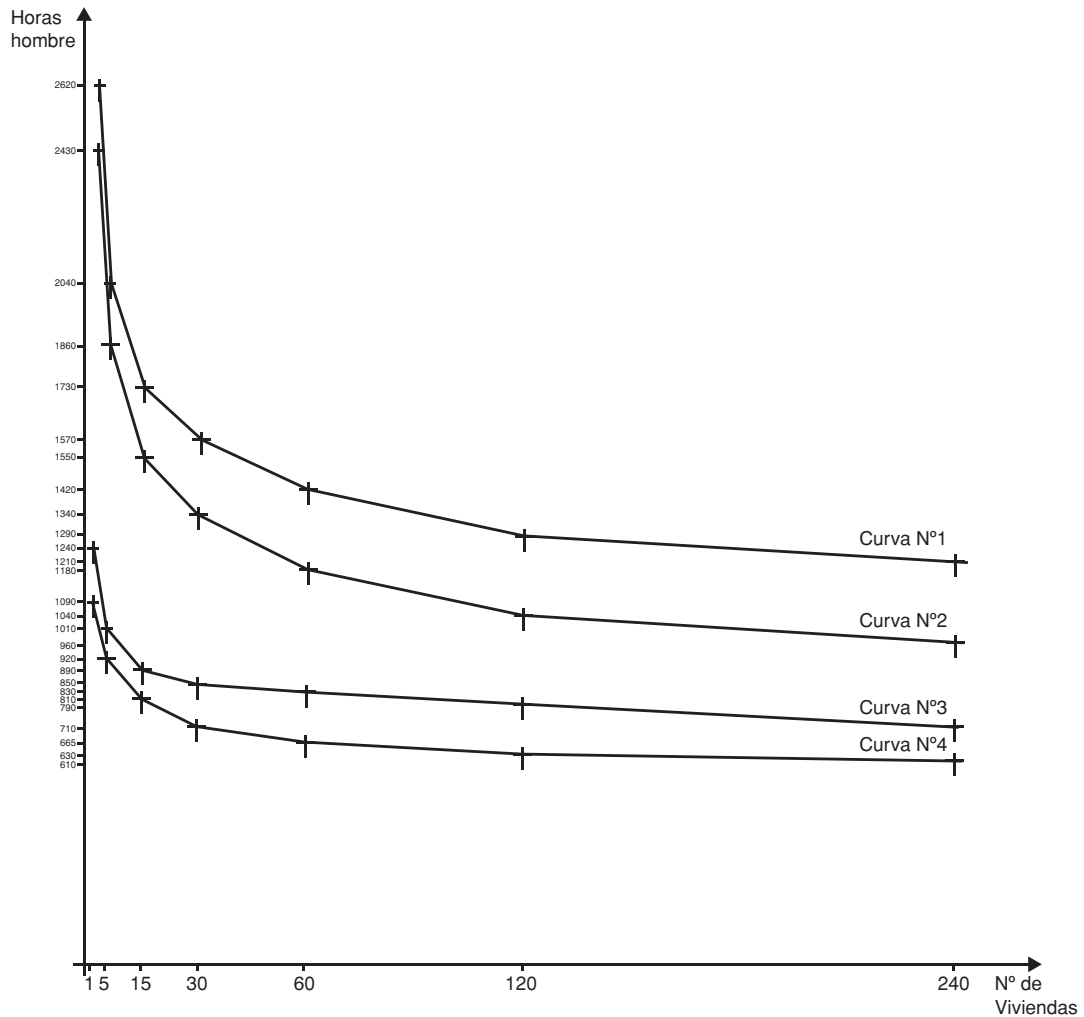


Figura 15. Relación entre el consumo de mano de obra en el obrador y la eficiencia de la planificación, diseño y organización del obrador

La Curva 1 muestra el decrecimiento de horas-hombre por vivienda para las series, para el caso de producción seriada y con indeficientes planos de urbanización, diseños de viviendas y organización de la ejecución.

Si sólo se hace eficiente el desarrollo urbano, el decrecimiento está reflejado por la Curva 2. Si, además, el diseño de los prototipos de viviendas se hace eficiente, el decrecimiento está representado por la Curva 3.

Finalmente, se obtiene el máximo ahorro de la mano de obra con una eficiente conjunción de planos de desarrollo urbano, diseño de las viviendas y organización de la ejecución. Esto está indicado en la Curva 4.

Como puede apreciarse en este ejemplo real, el hecho de haber trabajado en equipo no perdiendo nunca de vista la vinculación diseño-producción permite pasar de un consumo de 2620 horas-hombre por vivienda, a 610 horas-hombre, para la vivienda 240, en un proyecto altamente estudiado y detallado.

Si se produce una interrupción en el curso de la ejecución de la secuencia de operaciones idénticas, ya sea en forma parcial o total, la curva de perfeccionamiento mostrará una discontinuidad, cuya forma general es la que se muestra en la Figura 16.

La interrupción más común es por la discontinuidad en la ejecución, y ocurre cuando una cuadrilla que realiza una secuencia de operaciones idénticas tiene que interrumpirlas por algún período de tiempo.

Si la interrupción es comparativamente corta y no se ha cambiado el área de trabajo, como, por ejemplo, interrupciones para comer, los operarios no pierden mayormente sus habilidades durante dicha interrupción y el proceso de producción continuará casi invariable. Si, por el contrario, la interrupción es mayor y los trabajadores son ocupados en otro tipo de actividades, o el área de trabajo se desorganiza como consecuencia de otras actividades, la interrupción llevará a una seria reducción en la capacidad de la cuadrilla.

El proceso de perfeccionamiento deberá recomenzar con una capacidad bastante por debajo de la obtenida antes de la interrupción, pero el grado de perfeccionamiento será más rápido en la segunda etapa. Obviamente, si la secuencia de trabajo se interrumpe repetidamente, la curva de perfeccionamiento divergirá sustancialmente de la que surgiría sin interrupciones.

Este efecto es mayor para operaciones donde se requiere más tiempo para adquirir la rutina.

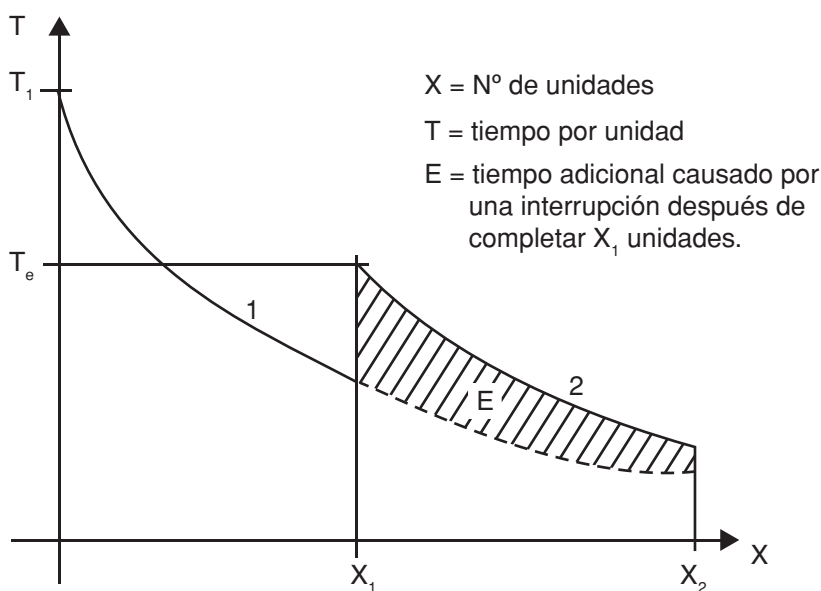


Figura 16. Influencia de las interrupciones

Es evidente que un cambio completo de la cuadrilla ocupada causa los mismos problemas de adquisición de rutina que la sufrida por la cuadrilla original.

Es posible que algo de la experiencia ganada por la cuadrilla original pueda ser aprovechado por el nuevo equipo. Si el equipo original no se cambia completamente, el efecto sobre el rendimiento dependerá fundamentalmente de la importancia del operario reemplazado.

El cambio de personal que realiza actividades simples de carácter auxiliar tendrá pequeño efecto en el trabajo, mientras que el reemplazo de un operario clave en el equipo puede ser tan importante como cambiar a todo el equipo.

3.2.4.5. *Suficiente área de trabajo*

Si todas las diferentes cuadrillas ocupadas en la construcción de un proyecto pudieran trabajar simultáneamente en el mismo lugar, sin ninguna pérdida de tiempo, una a continuación de la otra, en largas secuencias de trabajo de idénticas operaciones, se debería contar con adecuada área de trabajo. Éste es un aspecto sumamente importante, en particular cuando se está en presencia de un edificio de muchos pisos, donde las diferentes cuadrillas, cuando terminan su trabajo en un piso, deben poder comenzar en el siguiente.

Si la construcción incluye procesos húmedos, por ejemplo, el fragüe del hormigón colado *in situ*, es necesario extender el área de trabajo para tener en cuenta el tiempo requerido para tales procesos.

Si el espacio de trabajo no es suficiente, se producirán discontinuidades ejecutivas en la operación, con efectos serios en la productividad de la mano de obra.

La provisión del área de trabajo suficiente es obviamente una función del tamaño del proyecto y dependerá de la naturaleza y el grado de especialización del trabajo.

En trabajos adecuadamente programados y coordinados, se requiere menor área de trabajo. Sobre esto volveremos al tratar el tema de programación rítmica.

3.2.4.6. *Influencias de origen externo*

El factor externo más importante es el tiempo. La lluvia, el viento, el frío o, eventualmente, la nieve, bajan los rendimientos y algunas veces es imposible obtener cualquier tipo de trabajo organizado. En zonas de trabajo estacional, estos inconvenientes pueden ser superiores a cualquier otro de los que afectan a los trabajos de construcción.

Otro factor externo importante para tener en cuenta es la altura de los edificios. Algunos trabajos de investigación indican que este efecto es despreciable en el caso de edificios por debajo de los 20 pisos, y comienza a sentirse cuando se excede este límite. Así, por ejemplo, los operarios tardan más en llegar a sus lugares de trabajo, la entrega de materiales se hace más dificultosa y el viento es más difícil de contrarrestar.

3.2.4.7. *Efecto de terminación*

Cuando una serie de operaciones está llegando a su fin, se observa un cierto incremento en los tiempos operativos por unidad. Es decir, las últimas operaciones requieren más tiempo que aquellas que las preceden inmediatamente. Este “efecto de terminación” puede ser debido a la distensión instintiva que se produce cuando se está por lograr un objetivo. Más aún, en esta etapa hay a menudo un relajamiento en la supervisión, así como un cierto grado de desorganización. Algunas veces este efecto se atribuye a la sensación que se crea entre los obreros de que no tendrán otro trabajo cuando el presente se haya terminado.

Finalmente, algunos estudios indican que se crea cierta laxitud debido a la frecuente repetición de actividades y operaciones idénticas.

Si bien estos efectos deben ser tenidos en cuenta, en la programación de los trabajos son mucho menos relevantes que las dificultades que se originan cuando se introduce una nueva operación.

Lo que parece ser el efecto de terminación podría ser atribuido en muchos casos a un trabajo adicional requerido por la ejecución de las últimas operaciones en las series.

3.3. Estudio del trabajo

3.3.1. *Tiempo total invertido en un trabajo*

Seguiremos, para estos temas, los conceptos básicos tan claramente expresados en el libro editado por la OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT): *Introducción al Estudio del Trabajo*, Ginebra, 1962.

La historia del estudio del trabajo, en su sentido más amplio, es tan antigua como la historia del hombre. El hombre siempre buscó mejorar la forma de realizar sus tareas esenciales, buscando caminos más fáciles, mejores y más efectivos.

La tensión impuesta sobre las empresas manufactureras por la revolución industrial de finales del siglo XVIII llevó a que se lograran técnicas formales de estudio de trabajo, tal como se conocen actualmente. En este sentido, F. W. Taylor puede ser considerado como el “padre de la dirección científica”.

Tanto la dirección como los obreros coincidían con el concepto: “una jornada justa de trabajo con una paga diaria justa”, pero nadie sabía cuantitativamente qué constituía un “justo día de trabajo”, y Taylor encontró la respuesta a esta situación con el desarrollo de medidas detalladas y exactas de los elementos que componen un trabajo, llamándolos “tiempos estándar”.

A continuación, veremos más en detalle estas técnicas.

El tiempo invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o producir una cantidad determinada de obra puede descomponerse de la forma que se indica en la Figura 17.

3.3.1.1. *Contenido básico de trabajo*

El contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo irreducible que se invierte en efectuar un trabajo.

Éstas son evidentemente condiciones teóricas perfectas que rara vez se encuentran en la práctica; se dan si el diseño o las especificaciones son perfectos, el proceso o método de construcción u operación se lleva a cabo a la perfección y no hay pérdida de tiempo de trabajo por ningún motivo. En general, los contenidos básicos son muy superiores a los previstos.

Se evalúa en horas-hombre u horas-máquina.

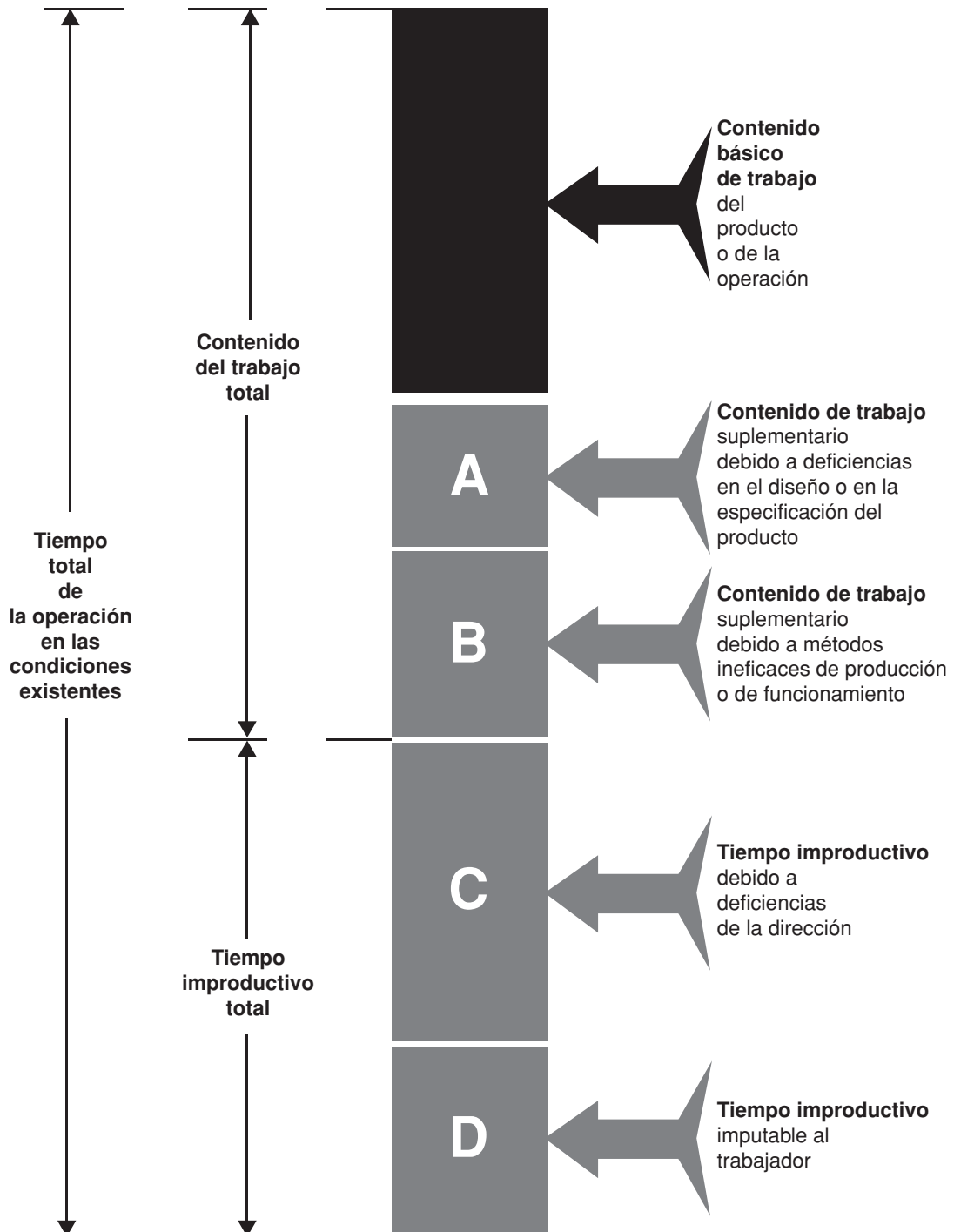
Los elementos que aumentan el contenido básico de trabajo son los siguientes:

A) Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del proyecto:

El proyecto o alguna de sus partes pueden estar diseñados de tal forma que resulte imposible emplear métodos o procedimientos de construcción más económicos. Algunas causas pueden ser:

- Falta de normalización. Ya vimos la ventaja de la estandarización y, consecuentemente, el efecto de repetición.
- Incorrecta fijación de normas de calidad por exceso o defecto, que incrementen el contenido básico del trabajo.
- Posible necesidad de efectuar cortes o generar residuos por no tener en cuenta las características intrínsecas del material a usar. Un ejemplo que permite sintetizar todo esto es un solado para un piso no modulado diseñado con piezas hexagonales.

Figura 17. Cómo se descompone el tiempo de fabricación



Por consiguiente, la primera medida para aumentar la productividad y reducir el costo es suprimir en el diseño y las especificaciones todas las características que tiendan a causar un exceso en el contenido de trabajo, que tanto los proyectistas como los directores puedan evitar.

B) Contenido de trabajo suplementario debido a métodos de construcción ineficaces: Éstos son tiempos suplementarios por deficiencias inherentes al proceso de construcción.

Como ejemplos, esto puede suceder si se utilizan máquinas de un tipo o tamaño inadecuado, si no funcionan correctamente, si se utilizan herramientas manuales que no corresponden, si el *lay-out* del obrador o lugar de trabajo entraña movimientos innecesarios o pérdidas de tiempo, etcétera.

C) Tiempo improductivo debido a deficiencias de la dirección:

Es el tiempo durante el cual los hombres o las máquinas, o ambos, permanecen inactivos porque la dirección no ha sabido planificar, dirigir, coordinar o inspeccionar eficazmente.

Esto puede producirse, entre otras causas, por no preverse la secuencia de las operaciones, mala programación de los abastecimientos, falta de mantenimiento de equipos e instalaciones, incumplimiento de las normas de higiene y seguridad, falta de condiciones de trabajo que permitan una tarea continuada del operario, etcétera.

D) Tiempo improductivo imputable a los trabajadores:

Es el tiempo durante el cual el hombre o la máquina, o ambos, permanecen inactivos por motivos que puede remediar el trabajador.

Ejemplos en este sentido pueden ser: ausentarse al trabajo sin justificación, llegar tarde, no comenzar a trabajar inmediatamente después de registrar su entrada o hacerlo despacio deliberadamente.

Otras causas pueden ser: trabajar con descuido, originando desechos o repeticiones del trabajo, o no observar las normas de seguridad, sufriendo u originando accidentes por negligencia.

Está demostrado que si se mejoran las condiciones indicadas anteriormente, el tiempo improductivo de los trabajadores, ya de por sí disminuye.

Naturalmente, todas las causas indicadas motivan algún tipo de improductividad, razón por la cual la dirección debe recurrir a todas las técnicas disponibles para lograr tiempos mínimos de ejecución y, consecuentemente, máxima productividad, con los recursos existentes.

Para lograrlo, es fundamental la actuación de la dirección con la cooperación de los trabajadores, utilizando los conocimientos técnicos especiales adecuados.

Dirigir es organizar y controlar las actividades humanas para obtener un resultado determinado. Para ello, es fundamental que el director de obra sepa. Es importante que además haga, pero, fundamentalmente, *que sepa-hacer*.

Una técnica de dirección es un procedimiento sistemático de investigación, planificación y control susceptible de ser aplicado a todos los problemas de dirección de una categoría determinada, dondequiera que se planteen.

La dirección dispone de una serie de herramientas para mejorar la productividad, reduciendo esos trabajos suplementarios e improductivos ya vistos. Ninguna de ellas funciona independientemente; cada una influye sobre las otras. Es impensable una planificación adecuada de los programas de trabajo o el establecimiento de buenos sistemas de remuneración por rendimiento, sin normas claras que permitan fijar la medida del trabajo.

La normalización también facilitará el control de los materiales, etcétera.

En el Cuadro 1 se indican, para distintas situaciones, los medios o herramientas disponibles para aumentar la productividad.

Veremos con más detalle una de esas técnicas: el estudio del trabajo.

3.3.2. Estudio del trabajo

“Yo puedo entender cómo el estudio del trabajo puede ser aplicado en trabajos altamente repetitivos o en fábricas, pero tengo mis dudas de que pueda ser aplicado exitosamente en la industria de la construcción; las condiciones son tan diferentes...”.

Esta aseveración es muy común cuando se discuten estos temas con aquellos que no están familiarizados con estas técnicas, y puede ser refutada fácilmente. Es posible demostrar que el estudio del trabajo sí puede ser aplicado en la construcción, dado que, en síntesis, es útil para aumentar la productividad y disminuir los costos.

Cuadro 1 - Medios directos de aumentar la productividad

Método	Tipo de mejora	Medios	Costo	Rapidez de obtención de los resultados	Mejoramiento posible de la productividad	Papel del estudio del trabajo
Inversión de capital	1. Desarrollar nuevos procedimientos básicos o mejorar fundamentalmente los existentes.	Investigación básica Investigación aplicada Instalación experimental	Elevado	Generalmente varios años	Sin limitación evidente	Estudio de métodos para facilitar el funcionamiento y la conservación en la fase inicial.
	2. Instalar maquinaria o equipo más modernos o de mayor capacidad productora o modernizar los existentes.	Adquisiciones Investigación del proceso	Elevado	Inmediatamente después de la instalación.	Sin limitación evidente	Estudio de métodos para mejorar la disposición de los locales y el funcionamiento.
	3. Reducir el contenido de trabajo del producto.	Investigación del producto Desarrollo del producto Mejoramiento de los métodos de dirección Estudio de métodos	Comparado con el de 1 y 2, no muy grande	Generalmente varios meses	Limitada, como la que cabe esperar de 4 y 5, pero debe preceder siempre a la acción prevista en dichos epígrafes.	Estudio de métodos para mejorar los diseños que facilitan la producción.
Mejor dirección	4. Reducir el contenido de trabajo del proceso.	Investigación del proceso Instalación experimental Planificación del proceso Estudio de métodos Adiestramiento de los operarios	Reducido	Inmediatamente	Limitada, pero frecuentemente de gran trascendencia.	Estudio de métodos para reducir el desperdicio de tiempo y esfuerzo del proceso, suprimiendo los movimientos innecesarios.
	5. Reducir el tiempo improductivo de instalaciones y operarios (ya sea imputable a la dirección o a los trabajadores).	Medida del trabajo Política de ventas Normalización Desarrollo del producto Planificación y control de la producción Control de materiales Conservación planificada Política de personal Mejoramiento de las condiciones de trabajo Adiestramiento de los operarios Remuneración por rendimiento	Reducido	Pueden ser lentos al principio, pero su efecto crece rápidamente.	Limitada, pero frecuentemente de gran trascendencia.	Medida del trabajo para investigar las prácticas existentes, localizar el tiempo improductivo y fijar normas de rendimiento para: A. Planificar y controlar la producción. B. Utilizar las instalaciones. C. Controlar el costo de la mano de obra. D. Determinar el sistema de remuneración por rendimiento.

El estudio del trabajo es la expresión que se utiliza para designar las técnicas del estudio de métodos y de la medida del trabajo mediante las cuales se asegura el mejor aprovechamiento posible de los recursos humanos y materiales, para llevar a cabo una tarea determinada.

El estudio del trabajo está especialmente relacionado con la productividad, puesto que se utiliza para aumentar la producción obtenida de una cantidad determinada de recursos, sin requerir nuevas inversiones de capital; la eleva utilizando los recursos existentes. No es un sustitutivo de una buena administración, sino un instrumento de dirección.

El estudio del trabajo es eficaz por ser sistemático tanto en la investigación como en la solución que aporta a los problemas, y puede jugar un rol relevante en la construcción, a pesar de las características especiales que tiene esta actividad.

En la definición que hemos indicado más arriba, hablamos de estudio de métodos (EM) y de la medida del trabajo (MT). La relación que guardan entre sí está reflejada en la Figura 18, y las definiciones respectivas son:

El estudio de métodos es el registro, análisis y examen crítico sistemático de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo un trabajo, y el desarrollo y la aplicación de métodos más sencillos y eficaces.

La medida del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el contenido de trabajo de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

En la figura 18 se pueden apreciar los pasos que se deben seguir en cada una de esas dos áreas, que, por razones didácticas, se presentan en forma separada, pero, como se aprecia y se verá, están íntimamente interrelacionadas.

El procedimiento básico para el estudio del trabajo consiste en ocho etapas fundamentales, tres de las cuales son comunes a los procedimientos del EM y a la MT.

Estas etapas son las siguientes:

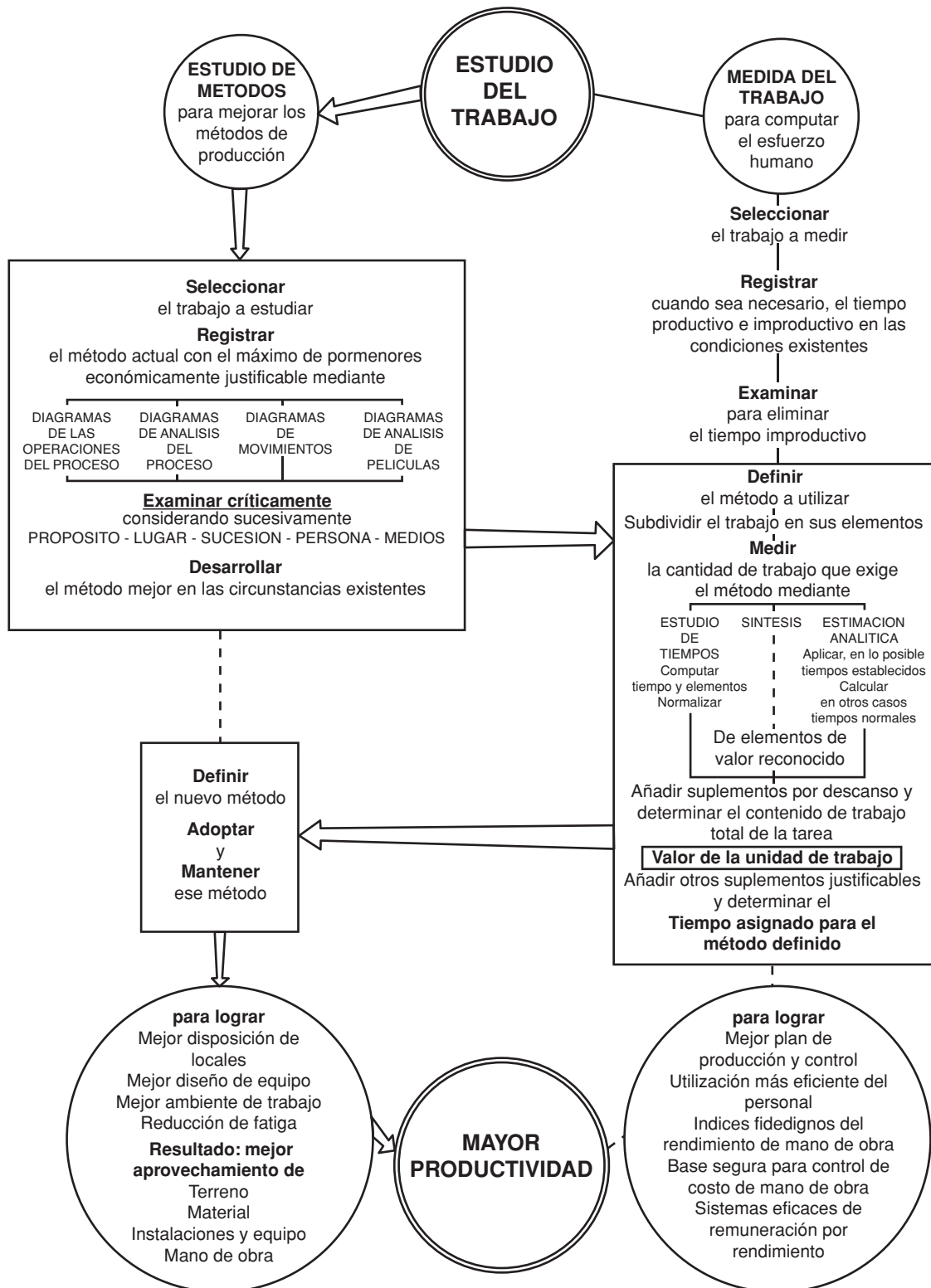
- Seleccionar el trabajo o proceso a estudiar.
- Registrar, mediante la observación directa, cuanto sucede, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo de los datos de la forma más conveniente para su análisis.
- Examinar los hechos registrados con espíritu crítico, analizando cada acción, teniendo presente: el propósito de la actividad, el lugar donde se lleva a cabo, el orden en que se ejecuta, quién la ejecuta y los medios empleados.
- Desarrollar el método más económico habida cuenta de todas las circunstancias.
- Medir la cantidad de trabajo que exige el método elegido y calcular un tiempo medio para su ejecución.
- Definir el nuevo método y el tiempo correspondiente para que pueda ser identificado en todo momento.
- Adoptar el nuevo método como práctica general con el tiempo fijado.
- Mantener la nueva norma mediante un procedimiento de control adecuado.

Veremos sintéticamente estos procedimientos separados para EM y MT.

Antes de aplicar el ET, es necesario establecer buenas relaciones de trabajo, y el especialista en ET debe cumplir ciertos requisitos y cualidades, como educación y experiencia práctica; cualidades personales como sinceridad y honradez, entusiasmo, interés humano, tacto, buena presencia y confianza en sí mismo.

Por otro lado, cuando se trata de mejorar los métodos de trabajo en una obra u obrador, se deben garantizar condiciones de trabajo que permitan a los obreros ejecutar sus tareas sin fatiga innecesaria. Las malas condiciones de trabajo son antieconómicas y las mejoras, aunque con frecuencia muy pequeñas, pueden originar notables aumentos de productividad. De nada sirve mejorar la disposición de un lugar de trabajo o los métodos usados por el trabajador utilizando procedimientos altamente técnicos, si se pierden horas por efecto de malas condiciones de trabajo. No hay que usar un microscopio si previamente se puede usar una cinta métrica.

Figura 18. Estudio del trabajo



Algunas de esas condiciones de trabajo a tener en cuenta son: limpieza de todas las áreas, iluminación adecuada, ventilación, calefacción y refrigeración, color, ruido, espacio adecuado, limpieza y conservación, prevención de accidentes e incendios (existen tablas y especificaciones correspondientes para evaluar cada uno de estos parámetros, en función de la tarea a ejecutar, que se pueden ver en la bibliografía específica).

3.3.2.1. *El estudio de métodos*

La definición formal ya la hemos visto, pero la descripción más simple para recordar es que con el EM se busca “encontrar mejores caminos para hacer un trabajo”.

En los trabajos de construcción se pueden identificar tareas que pueden ser mejoradas por la introducción del estudio de métodos y que se pueden manifestar por los siguientes síntomas:

- Excesivo tiempo de ejecución.
- Cuello de botella en el flujo de los materiales.
- Excesivos desperdicios.
- Frecuentes interrupciones de equipos.
- Tareas agotadoras o fatigantes.
- Atrasos en los programas.
- Pérdida de calidad.
- Atrasos por y para los subcontratistas.
- Excesivos errores y equivocaciones.
- Escasez de recursos.
- Insuficiente información.
- Congestión en el obrador.
- Malas condiciones de trabajo.
- Incumplimientos.
- Costos excedidos.
- Importantes erogaciones en mano de obra.
- Diseño poco eficiente de trabajos auxiliares.
- Mal diseño de obradores.

Los procedimientos del estudio de métodos son usados para analizar y reducir la incidencia de tales problemas, siguiendo los pasos que se detallan en forma sintética a continuación:

Paso 1. Definir el problema:

La naturaleza de los trabajos de construcción es propicia para analizar métodos mejorados, dado que en la mayoría de los casos los trabajos previos de planificación y programación han sido hechos en forma apresurada o deficiente.

La mayor dificultad que se presenta para decidir si se encara el EM, es determinar si los beneficios que se lograrán, comparados con los esfuerzos y costos que se insumirán, lo justifican. En este sentido conspiran los frecuentes cambios de procedimientos que se presentan en los obradores. Sin embargo, los problemas indicados más arriba justifican su selección para su implementación.

Naturalmente, habrá ciertas ocasiones donde será necesario efectuar un análisis preliminar para determinar si realmente son relevantes los factores para justificar el estudio.

Con los objetivos claros para el estudio en cuestión, será posible entonces considerar el grado de detalle que se debe seguir.

Paso 2. Registro:

Después de la selección de la tarea a estudiar, se deben registrar todos los hechos. Para tareas básicas, es suficiente con escribir el proceso, pero para situaciones más complejas, los elementos

independientes involucrados son demasiado numerosos y consecuentemente se requieren otros medios. Por ejemplo, las áreas de mayor ineficiencia para un grupo individual de trabajadores pueden ser relevadas y cuantificadas por el uso de “muestreo de actividades” o “análisis de los estudios de demoras del sobrestante o capataz”. A las actividades que se desarrollan según secuencias de eventos, a veces es mejor registrarlas sobre gráficos, cuadros y diagramas similares a los diagramas de redes utilizados para la planificación. Otras veces se requiere un registro en un cronograma, en forma tal que se puedan apreciar las interacciones y se puedan reflejar en un diagrama de barras o en un gráfico de actividades múltiples.

Todas las técnicas de registro deben ser consideradas como un conjunto de herramientas, de las cuales debe ser elegida la más conveniente, de acuerdo con el tipo de registro y grado de detalle que se requieran.

Cualquier técnica de registro que se utilice debe poseer dos cualidades: ser simple de aplicar y entender, y ser presentada en una forma que permita sucesivos exámenes y mejoras.

i) El uso de símbolos: La forma más usual de registro es escribir los hechos; pero esta descripción escrita, en lugar de ser un proceso simple, puede resultar sumamente tedioso, dado que a menudo es difícil visualizar el proceso como un conjunto, simplemente a través de un registro escrito.

Por esta razón, se usan símbolos que, combinados en forma conveniente, permiten un análisis sintético.

Todo trabajo puede ser descompuesto en cinco tipos de eventos, que pueden representarse con un símbolo, como los indicados en la Figura 19.

Cualquier proceso puede, de esta forma ser representado con una serie de símbolos, con los cuales se registra la información esencial del evento. Este registro de secuencia de los eventos se denomina “diagrama de procesos” y permite visualizar y examinar en forma sistemática todos los hechos salientes del proceso completo.

ii) Diagramas de procesos: En sus diversas modalidades, es el primero de los elementos aludidos. *Es la representación gráfica de la sucesión de hechos o fases que se presentan al aplicar el método y el procedimiento de trabajo, clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual. Es un modo de dar forma visible a un procedimiento con el propósito de mejorarlo.*

La forma más simple de estos diagramas de procesos sólo registra los hechos principales, en términos de operaciones e inspecciones.

El diagrama de las operaciones del proceso es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso o procedimiento, con indicación de los puntos de entrada de los materiales.

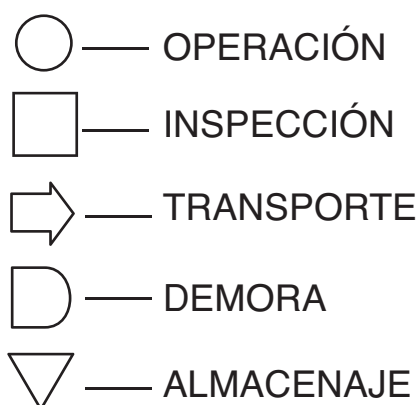


Figura 19. Símbolos



Figura 20. Diagrama de operaciones

La Figura 20 ilustra lo indicado para un ejemplo simple de mezclado y colado de hormigón.

Naturalmente, este tipo de representación puede tener un uso considerable, para determinar qué partes del proceso deben ser examinadas con mayor detalle. En estos casos, y para mayor detalle, se usan los cinco símbolos en un “diagrama de flujo de proceso”. Estos diagramas se pueden usar para procesos que involucran tanto a hombres como a equipos o máquinas, pero no se debe juntar a ambos en un mismo diagrama, a los fines de evitar confusiones. Por tal motivo, se los debe analizar en forma separada.

El diagrama de flujo del proceso indica las diversas actividades a que da lugar un trabajo, anotando todas ellas por medio de los símbolos apropiados.

La Figura 21 muestra el flujo de proceso para materiales, ejemplificado para el mezclado de hormigón.

Es fundamental tener en cuenta que todos estos gráficos son medios para llegar a un fin, pero no son fines en sí mismos. Sirven como base para un examen crítico. Es conveniente agregar en estos gráficos todo tipo de datos cuantitativos para contar con un cuadro más completo.

iii) Diagramas de hilos y modelos: Sobre un diagrama de procesos, las distancias involucradas por cualquier movimiento pueden ser registradas por el símbolo correspondiente, pero esto a veces no es una indicación suficiente del verdadero problema a atacar. Puede ser necesario considerar el camino actual del movimiento seguido por el sujeto del estudio, y para este fin se utiliza el “diagrama de hilos”.

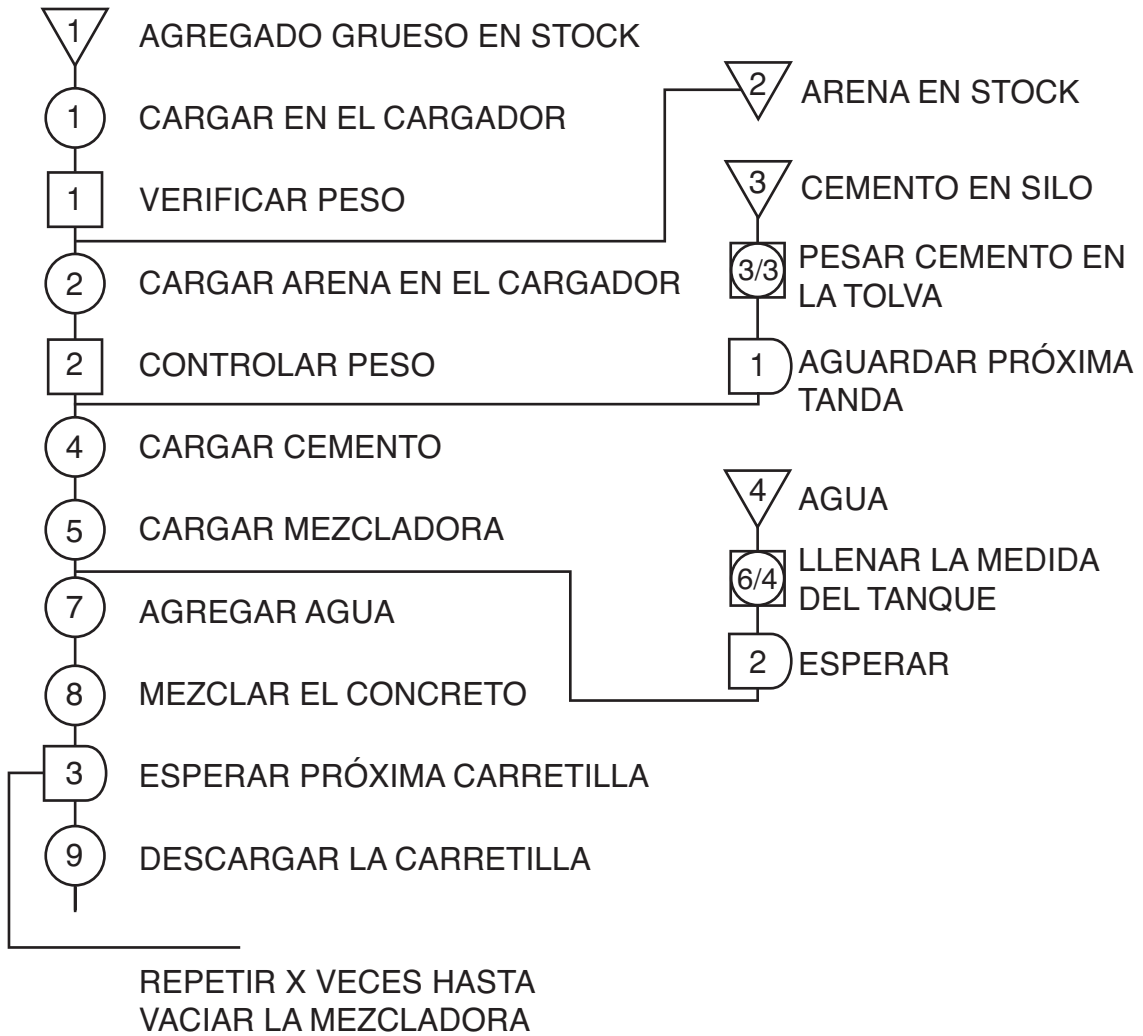
El diagrama de hilos es un gráfico a escala en el que se trazan, en general mediante un hilo, los movimientos efectuados en una zona determinada durante cierto período, a fin de mostrar la frecuencia de los mismos entre los diversos puntos y determinar la distancia recorrida.

Es muy usado cuando se está en presencia de movimientos repetitivos, que dificultan el análisis satisfactorio.

En estas circunstancias, se pueden registrar, sobre un plano en escala con hilos, los movimientos involucrados en el recorrido, con el uso de alfileres fijados en las posiciones en las que tiene lugar el proceso. La longitud de los hilos usados, referidos a la escala en que se está trabajando, da la distancia recorrida por el sujeto sobre el diagrama. La Figura 22 es un ejemplo de su utilización.

Es una herramienta utilísima para el mejor y más eficiente diseño de obradores y la manipulación de materiales, dado que permite entender fácilmente cualquier cambio que se quiera introducir.

Los diagramas de hilos cuando son completos, pueden revelar tres hechos valiosos:



RESUMEN

○	OPERACIONES	9
□	INSPECCIONES	4
➔	TRANSPORTES	0
⌊	DEMORAS	3
▽	ALMACENAJES	4

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso - Material Tipo (Mezcla de Concreto)

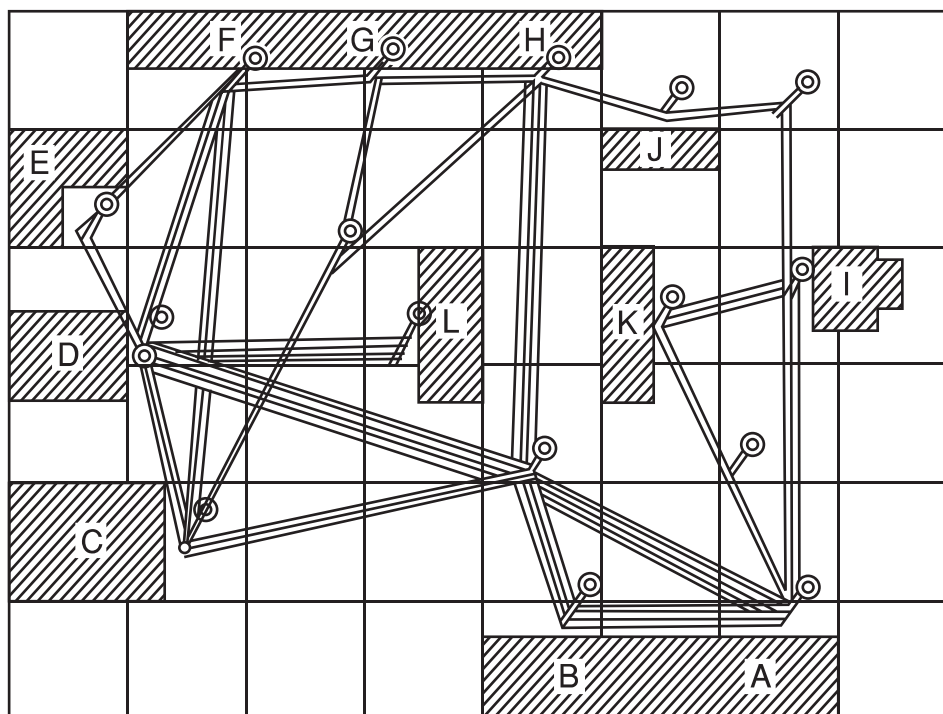


Figura 22. Diagrama de hilos

- En los lugares donde se encuentran o cruzan muchos hilos, se muestran los puntos de congestión.
- Según el espesor de las líneas de los hilos, se muestran los máximos flujos de movimiento.
- Midiendo el hilo usado se puede determinar la distancia total recorrida por los hombres o materiales.

Los modelos también se usan, pero son costosos y sólo se justifican para situaciones muy especiales, como, por ejemplo, problemas de posición y movimiento de grúas.

iv) Diagrama de actividades múltiples: Las técnicas de registro que hemos descrito están relacionadas con un sujeto a la vez.

En muchas ocasiones, los eventos deben ser considerados teniendo en cuenta la forma en que afectan a varios sujetos simultáneamente. Esto se da particularmente cuando se estudia un equipo de hombres o un trabajo que involucra a máquinas o equipos.

Un examen de cómo juegan estos distintos sujetos y cómo están coordinados frecuentemente muestra que existen tiempos ineficientes durante el proceso que pueden ser eliminados. Para estos casos, el “diagrama de actividades múltiples” es sumamente útil.

Es una modalidad del diagrama de procesos en el que se registra la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios o de varias máquinas.

En el mismo se registran sobre una escala de tiempos común los eventos que afectan a los distintos sujetos. En la Figura 23 se ejemplifica, para el mezclado de hormigón, dónde aparecen los dos sujetos principales, la mezcladora y el operario. Se agrega una escala en minutos. Cuando se analiza este tipo de diagramas, el objetivo, como se puede ver fácilmente, es obviamente tratar de que, con un método mejorado, los tiempos en blanco, ineficientes, sean reducidos al máximo.



Figura 23. Diagrama Hombre-Máquina

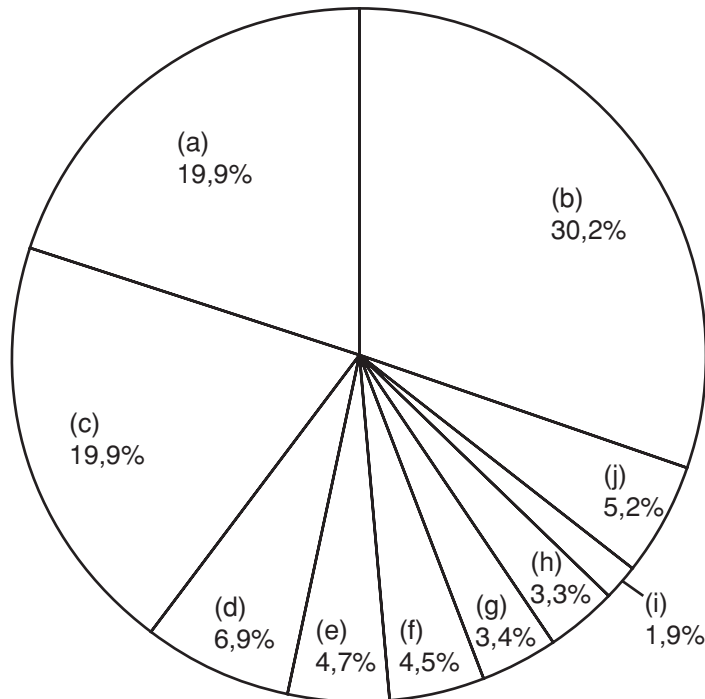
v) Análisis de demoras registrados por el jefe de obra: Uno de los métodos más eficientes que se pueden usar a menudo para registrar problemas de producción es preguntar a los propios trabajadores. El método consiste en preguntarles para que identifiquen y estimen los tiempos perdidos y sus causas al finalizar el día de trabajo. Este tipo de estudio muestra áreas de ineficiencia provocadas por causas ajenas a las inherentes a los rendimientos de los propios trabajadores, tales como mala programación en la entrega de materiales, falta de información, problemas con equipos, etcétera. Para ello se prepara un formulario como el que se indica a título de ejemplo en la Fig. 24, que se cumplimenta adecuadamente, y luego, por el estudio de métodos, se puede incrementar la eficiencia.

<u>Demoras registradas por el Jefe de Obra</u>			
Parte del contrato _____			
Nombre del Jefe de Obra _____			
Evaluación diaria (fecha) _____ N° en cuadrillas _____			
Problemas causantes de demoras			
H.H. perdidas			
	N° de horas	x	N° de hombres = H. hombre
<ol style="list-style-type: none"> 1. a) Espera de materiales en el obrador b) Idem entregas exterior 2. Espera equipos y herramientas 3. Demora de accesos 4. Roturas de plantas 5. Cambios/ Rehacer trabajos <ol style="list-style-type: none"> a) Errores de diseño b) Errores de obra 6. Mover a otras áreas 7. Espera de información 8. Pérdida de continuidad 9. Areas de trabajo sobrecargadas 10. Inclemencias de tiempo 11. Otras 			
Comentarios			

Figura 24. Formulario para análisis de demoras

Este tipo de análisis permite obtener los siguientes beneficios:

- Se da una vinculación directa de la dirección con el jefe de obra y de éste con los sobrestantes y capataces, y facilita una discusión de los problemas y su solución.
- Se ponen claramente en evidencia las demoras de un determinado grupo de obreros.
- Se obtiene información sobre aspectos particulares, tales como materiales, interferencia de subcontratistas, problemas con la documentación de proyecto, disponibilidad de equipos, etcétera.
- Se monitorea todo el proyecto.
- El estudio es económico y puede ser realizado regularmente por personal no entrenado.



- | | |
|--|----------------------------|
| (a) Cambios/ rehacer trabajos | (f) Demora de accesos |
| (b) Movimiento de otras áreas de trabajo | (g) Espera de información |
| (c) Rotura de planta | (h) Pérdida de continuidad |
| (d) Espera de materiales | (i) Areas sobrecargadas |
| (e) Espera de herramientas y equipos | (j) Inclemencias de tiempo |

Figura 25. Diagrama de resultados del estudio del Jefe de Obra

Los resultados pueden reflejarse en un diagrama como el que se indica en la Fig. 25:

Paso 3. Análisis del método presente y desarrollo de alternativas:

Luego de haber registrado de la forma más ajustada posible y utilizando los diagramas más adecuados según el caso, se debe analizar los resultados para determinar el camino a seguir.

El proceso de análisis requiere un examen crítico de cada una de las operaciones registradas en forma de preguntas y respuestas, como se indica a continuación (los norteamericanos lo denominan el método de las “5W”: what, where, when, who, why).

Propósito

¿Qué se logró?

¿Es necesario? ¿Por qué?

¿Qué otra cosa se podría haber hecho?

¿Qué se debería hacer?

Lugar

¿Dónde se hizo?

¿Por qué ahí?

¿Dónde podría haberse hecho?

¿Dónde debería ser hecho?

Secuencia

- ¿Cuándo se hizo?
- ¿Por qué en ese momento?
- ¿En que otro podría haberse hecho?
- ¿Cuándo debía ser hecho?

Persona

- ¿Quién lo hizo?
- ¿Por qué esa persona?
- ¿Quién otro podría haberlo hecho?
- ¿Quién debería hacerlo?

Medios

- ¿Por qué se hizo?
- ¿Por qué de esa forma?
- ¿Cómo podría haberse hecho?
- ¿Cómo debería hacerse?

Esta evaluación crítica, que tiene el valor de ser realizada en forma sistemática, deber ser efectuada sin prejuicios y con libertad de criterio. No se deben aplicar “ideas brillantes” antes de haberse encarado esta etapa tan importante del estudio, dado que es la que nos permite tener una clara radiografía del trabajo que se está haciendo, y la que nos permitirá realmente encarar las mejoras que estamos buscando.

Paso 4. Desarrollo:

Luego de que se ha examinado todo el proceso, se han eliminado los aspectos injustificables y se mantienen aquellos que deben permanecer, es ahora posible pasar a desarrollar propuestas realistas y constructivas para mejorar. Éstas deben ser conforme a estándares de seguridad, calidad, disponibilidad de nuevos recursos, producción y costos.

De esta forma se pueden obtener métodos más simples de trabajo, reducción de demoras, transporte, tiempo de las operaciones, etc., que conducen a una eficiencia mejorada.

Paso 5. Instalar y mantener:

Después de que se ha desarrollado un método mejorado, las prácticas de trabajo anteriores deben ser reemplazadas y se debe encarar un trabajo de persuasión y discusión con el personal tanto directa como indirectamente involucrado, a los fines de que el nuevo método sea aceptado.

Algún tipo de incentivo puede facilitar la tarea, pero estos costos serán recuperados por el incremento global de la productividad. Además, aquellos requerimientos asociados con las nuevas propuestas no deberían pasar por alto aspectos como: tareas temporarias extras, mejor programación de los materiales, mejora en el mantenimiento de los equipos, más supervisión requerida de dirección, etcétera. Finalmente, el nuevo método instalado debe ser mantenido, monitoreado y comparado con las expectativas previstas, y revisado, si fuera necesario.

3.3.2.2. La medida del trabajo

Como dijimos, también se lo denomina estudio de tiempos.

El objetivo de la MT es la evaluación del trabajo humano, y juega una parte fundamental en la etapa de registro descripta anteriormente.

Es obvio que el trabajo sólo puede ser medido cuando es conocido y que, para una circunstancia dada, los métodos propuestos son los mejores disponibles.

La aplicación de los datos obtenidos con esta técnica puede ser extendida y aplicada a:

- Determinación adecuada de la mano de obra en las actividades de la construcción.
- Fijación de estándares para el rendimiento de la mano de obra y la utilización de equipos.
- Provisión de bases para objetivos de incentivos económicos.
- Provisión de base para el control de costos por la fijación de objetivos estándar de rendimientos.
- Determinación del método más económico de los alternativos que surgen del EM.

Tener datos sobre tiempos confiables es fundamental tanto para computistas y presupuestistas como para programadores en las empresas constructoras. Para ello y para que los datos tengan valor, deben ser obtenidos en forma planificada y no en forma desorganizada o con prácticas de trabajo ineficientes.

El estudio de tiempos busca cuantificar aquellos factores que interfieren con las condiciones estándar, con el objeto de establecer el tiempo “propio” de la actividad.

Ya vimos su definición y podríamos agregar que es la aplicación de técnicas para establecer el tiempo en que un trabajador calificado puede llevar a cabo un trabajo determinado según un rendimiento definido.

Una vez que el trabajo y el método han sido definidos, el tiempo para determinar los rendimientos puede ser medido por una variedad de técnicas, tales como: estudio de tiempos, muestreo de las actividades, método de los tiempos de movimientos predeterminados (MTM), estimación analítica, síntesis y otros.

I) Estudio de tiempos:

De todas las técnicas mencionadas, probablemente ésta es la que se usa más ampliamente, y es más útil en la industria de la construcción. Se adapta para evaluar desde un obrero hasta una cuadrilla de operarios, y puede ser muy precisa y detallada o, cuando se justifica, de carácter más general.

Las etapas en que se divide un estudio de tiempos, son las siguientes:

- i) medida de los tiempos
- ii) valoración (*rating*)
- iii) extensión o generalización
- iv) tolerancias más contingencias

El trabajo a ser analizado debe ser separado en elementos, a fin de facilitar la síntesis subsiguiente. Por ejemplo, una grúa puede ser usada para levantar un encofrado y la armadura, colar el hormigón, etcétera. Por lo tanto, puede ser conveniente tener mediciones para distintas alturas de elevación, tiempos de movimiento e inactivos, en forma tal de poder tener un tiempo del conjunto, por ejemplo: colar hormigón a determinada altura del edificio. Otro ejemplo podría ser la operación: cargar una carretilla con 40 ladrillos, transportarla 30 metros, descargarla en el lugar de colocación por los albañiles y volver.

En este caso, los elementos en que se descompone la operación total serían cargar la carretilla, luego caminar 30 metros, siguiendo con descargar la carretilla y por último volver caminando los 30 metros. Éste sería el ciclo completo de la operación.

Para esta descomposición en elementos se deben seguir cinco reglas básicas:

- Los elementos no deben tener una duración menor a 0,10 minutos. Éste es el tiempo mínimo necesario para poder leer el reloj, registrar el tiempo y cualquier otra información útil, y observar al operario.
- Los puntos que separan cada elemento deben ser claramente discernibles tanto en forma visible como auditiva; esto marca el fin de un elemento y el inicio de otro.
- Los elementos deben ser tomados en forma tal que permitan aislar variaciones en los esfuerzos. Dicho en otros términos, no todos los elementos exigen el mismo nivel de esfuerzo.

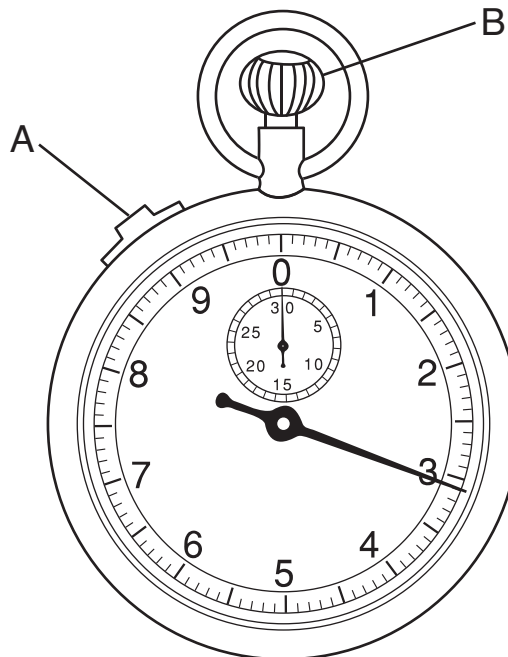
- El trabajo controlado para una máquina o material debe ser considerado como un elemento distinto del que se hará para el obrero. Esto es porque el obrero puede variar el tiempo incrementando o disminuyendo su esfuerzo, mientras que las máquinas, en general, tienen una velocidad constante, y en el caso de los materiales, dependen de sus características para su colocación.
- Las empresas deberían disponer de datos básicos o bancos de datos, que podríamos definir como “elementos comunes”, que pueden ser usados para cualquier medición. Esto es sumamente útil para poder componer tiempos por el método de “Síntesis”, que veremos más adelante.

Para la toma de tiempos es importante definir qué instrumento se usará. La elección dependerá básicamente del tipo y la duración de la tarea.

Para trabajos que insumen tres o cuatro días de duración, como, por ejemplo, el montaje de una grúa o planta de hormigonado, donde los resultados se medirán en horas o medias horas, se puede usar cualquier reloj. Para trabajos que requieren un cierto número de horas, como, por ejemplo, colar hormigón, o colocar encofrados especiales, donde los resultados se pueden medir en horas y minutos, un reloj con segundero puede ser suficiente. Para trabajos que insumen minutos y fracciones de minuto, tales como colocar ladrillos, cortar un tirante de madera, caños, etc., se requiere un registro de tiempos más fino y preciso, para lo cual se usa un reloj con una aguja de detención, cuyo modelo más usual es el que se muestra en la Figura 26.

La aguja más larga registra un minuto por cada vuelta, y el cuadrante está graduado en centésimas (centiminutos), mientras que el cuadrante pequeño, con su aguja, registra en forma acumulativa hasta 30 minutos.

En consecuencia, para el estudio de tiempos no siempre es necesario usar estos últimos relojes de precisión que son habitualmente usados en la industria.



A = Corredera para iniciar y detener el movimiento.
B = Corona para dar cuerda. Al ser presionada, las manecillas vuelven a cero.

Figura 26. Cronómetro de minuto decimal

Elegido el instrumento, la metodología a seguir es igual en todos los casos.

Es aconsejable dibujar un esquema del área de trabajo e indicar detalles como condiciones del lugar, clima, fecha, nombre de los trabajadores que se están estudiando, proximidad del abastecimiento de materiales, etcétera. Cuanto mayor sea este tipo de información, mejor será la aplicación de los datos. Luego se registran los tiempos insumidos en la ejecución de cada elemento.

El número de observaciones dependerá del grado de exactitud que se persiga o que se requiera. Es muy difícil decir cuál debe ser el tamaño de la muestra o el número de observaciones a efectuar, pero en forma genérica se puede decir que deben ser suficientes como para reflejar todos los posibles hechos cambiantes que se producen durante una jornada de trabajo.

Estos tiempos se anotan en planillas preparadas con antelación, en las que se describe la tarea, los elementos que la integran, fecha, tiempos sucesivos tomados para el elemento (tiempos observados), cantidades ejecutadas durante esos tiempos y comentarios generales como espera de materiales, espera por instrucciones, problemas con herramientas o equipos, etcétera. En el formulario adjunto se ejemplifica un tipo de estas planillas (Fig. 27).

Supongamos que se hicieron diez lecturas para un determinado elemento y el tiempo promedio fue de 0,67 minutos. Surgen una serie de preguntas, dado que no sabemos si este tiempo promedio es representativo del que le insumiría a otros trabajadores, ya que hemos elegido uno en particular y debería ser válido para toda la jornada de trabajo.

El procedimiento para contestar o mejorar estos interrogantes es la *valoración*.

La valoración estándar se define como la correspondiente al valor promedio en que un trabajador calificado puede hacer su trabajo, sobre la base de que lo hace de acuerdo con un método especificado y está motivado para aplicarlo a su trabajo. Si la valoración estándar se mantiene y se toma el descanso apropiado, un trabajador puede lograr el rendimiento estándar a través del día de trabajo o turno.

Para analizar esta valoración se debe tener en cuenta, cuando se están tomando los tiempos, si el trabajador lo está haciendo en forma rápida, normal o lenta. Indudablemente, ésta es una percepción subjetiva, aunque, para un analista experimentado, existen parámetros para apreciarlo. Como guía para darnos idea de ello, podemos considerar que una persona normal camina a un ritmo de valor estándar cuando camina aproximadamente a 4,5 kilómetros por hora sobre un camino llano, sin carga y con ciertos descansos; o que se reparten 52 cartas en medio minuto. Estos parámetros nos dan una “sensibilidad” sobre los ritmos de trabajo.

Existen escalas que permiten calificar el trabajo observado como se indica a continuación (100 representa la valoración estándar o normal):

- 125: Muy rápido. Obreros muy habilidosos y muy motivados.
- 100: Activo. Obrero calificado motivado.
- 75: No rápido. Habilidad promedio, desinteresado.
- 50: Muy despacio. No hábil y desmotivado.

Se adjunta un cuadro con escalas de valoración (Fig. 28):

El cálculo del tiempo básico o normal para una tarea es, en consecuencia:

$$\text{Tiempo básico o normal} = \text{tiempo observado} \cdot \frac{\text{valoración fijada}}{\text{valoración estándar}}$$

En la práctica, un obrero no puede lograr estos valores de rendimiento a través de todo el día de trabajo sin cierto descanso y relajación, razón por la cual se deben agregar al tiempo básico indicado o calculado tiempos adicionales que contemplan tolerancias y contingencias.

a) Tolerancias: Se incluyen en ellas los siguientes conceptos, que son ciertamente subjetivos, aunque existen tablas que permiten, en alguna medida, acotarlas o valorarlas.

Escalas de Valoración

Valoración normal			Descripción	Velocidad de marcha comparable ¹ (Millas por hora)	
60	75	100			
40	50	67		Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.	2 (3,2 km)
60	75	100	Ritmo normal	Constante, premeditado, como de operario que no trabaja a destajo, pero que lo hace bajo dirección competente; en apariencia lento, pero no desperdicia tiempo deliberadamente mientras se le observa.	3 (4,8 km)
80	100	133	Ritmo en trabajo por piezas	Activo, experto, como de operario medio adiestrado en trabajo a destajo; logra con seguridad el nivel de calidad y precisión fijado.	4 (6,4 km)
100	125	167		Muy rápido; el operario da muestras de gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, bastante superior a las del operario medio adiestrado.	5 (8 km)
120	150	200		Extraordinariamente rápido; concentración y esfuerzo intenso que es improbable pueda mantener durante largos períodos; actuación de «virtuoso», que sólo pueden efectuar unos pocos trabajadores sobresalientes.	6 (9,6 km)

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association Department of Work Study.

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.

Figura 28. Ejemplos de los niveles de rendimiento con arreglo a las tres principales escalas de valoración

Cualquier trabajo que se realiza está acompañado por períodos de descanso, para compensar la energía consumida, y períodos para necesidades personales. Para ello, es fundamental tener presente la cantidad de energía gastada o la fatiga inducida por el trabajo. Existen seis aspectos básicos a considerar cuando se tiene en cuenta la tolerancia para descanso para un elemento de trabajo. Éstos son:

- Básico: Es una tolerancia mínima para necesidades personales que siempre se tiene en cuenta y que es independiente de si el trabajo es fácil o difícil: el rango va del 8 al 12%.
- Postura: Se refiere a la posición del cuerpo durante la tarea (del 2 al 10%).
- Atención: Se refiere al tipo de concentración que requiere la tarea (2 al 5%).
- Condiciones: Considera las condiciones ambientales en que se desarrolla el trabajo (3 al 15%).
- Esfuerzo: Trata de reflejar el efecto de la fatiga como consecuencia del esfuerzo que requiere la tarea (del 20 al 50%).
- Monotonía: Refleja una tolerancia por monotonía tanto mental como muscular (2 al 5%).

Se agrega “Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales” (Fig. 29).

Cuando se consideran todas las tolerancias indicadas para una operación, rara vez excede el 40%. Si se excede este valor, se debe prestar seria atención y consecuentemente tratar de mejorar la operación por estudio de métodos, probablemente introduciendo algún elemento mecánico que permita reducir el esfuerzo o mejorar las condiciones. En la construcción, el rango oscila entre el 15 y el 30%.

b) Contingencias: Existen muchas circunstancias que se presentan durante una jornada de trabajo, pero su ocurrencia es azarosa y en el conjunto no tiene mayor incidencia.

Ocasionalmente, el trabajador se encuentra con material de una pobre calidad que le requerirá mayor atención; otras veces, recibirá nuevas instrucciones del capataz. Todo ello implica la pérdida de algunos minutos y consecuentemente se debe hacer alguna provisión en este sentido. Estos pequeños tiempos adicionales se toman como un porcentaje del día de trabajo; así, si se piensa que se han perdido 20 minutos en 8 horas de trabajo en el día, se agrega aproximadamente el 4%. Naturalmente, dependerá de la tarea, pero, en su conjunto, no debería exceder el 5%.

II) Tiempo estándar:

El objetivo final de la medida del trabajo es determinar el tiempo estándar para un elemento de una operación.

Se define como el tiempo básico más las tolerancias por descanso y contingencias. Se mide en horas o minutos estándar.

Ejemplo:

Supongamos, para una determinada tarea, que, luego del estudio realizado, llegamos a:

Tiempo básico: 1,25 minutos.

Tolerancia por descanso: 26%.

Contingencias: 6%.

$$\text{Tiempo estándar} = 1,25 \times \frac{132}{100} = 1,65 \text{ minutos estándar}$$

Este tiempo estándar tiene tres características principales:

- Se refiere a un método operacional específico y definido.
- La velocidad de trabajo o valoración del trabajador está en un nivel conocido.
- Las partes constituyentes del tiempo estándar son conocidas y cualquier variación que se produzca en cualquiera de ellas puede ser ajustada en forma separada.

Estas propiedades hacen que los tiempos estándar sean una base valiosa para muchas actividades, tales como: estimaciones (cómputos y presupuestos), planificación y programación, incentivos, presupuestos y control.

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		E. Condiciones atmosféricas ³ (Calor y humedad)	
	Hombres	Mujeres	
Suplemento por necesidades personales	5	7	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de Kala (Milicalorías/cm2/segundos)
Suplemento base por fatiga	4	4	Suplemento ⁴
2. SUPLEMENTOS VARIABLES		16 0	
	Hombres	Mujeres	14 0
A. Suplemento por trabajar de pie.....	2	4	12 0
B. Suplemento por postura anormal			10 3
Ligeramente incómoda	0	1	8 10
Incómoda (inclinado)	2	3	6 21
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	5 31
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (Levantar, tirar o empujar)			4 45
Peso levantado en kilos			3 64
2,5	0	1	2 100
5	1	2	F. Concentración intensa
7,5	2	3	Hombres
10	3	4	Mujeres
12,5	4	6	Trabajos de cierta precisión
15	5	8	0
17,5	7	10	Trabajos de precisión o fatigosos
20	9	13	2
22,5	11	16	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos
25	13	20 (máx.)	5
30	17	-	G. Ruido
35,5	22	-	Continuo
D. Mala iluminación ²			Intermitente y fuerte
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Intermitente y muy fuerte
Bastante por debajo	2	2	Estridente y fuerte
Absolutamente insuficiente	5	5	5
			H. Tensión mental
			Proceso bastante complejo
			1
			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos
			4
			Muy complejo
			8
			I. Monotonía
			Trabajo algo monótono
			0
			Trabajo bastante monótono
			1
			Trabajo muy monótono
			4
			J. Tedio
			Trabajo algo aburrido
			0
			Trabajo aburrido
			2
			Trabajo muy aburrido
			5

Figura 29. Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales

III) Estimación sintética:

Muchas tareas en los trabajos de construcción no son repetitivas. Los proyectos tienen fundaciones distintas, diferentes condiciones de suelo, etcétera. Y para establecer estimaciones, sería ne-

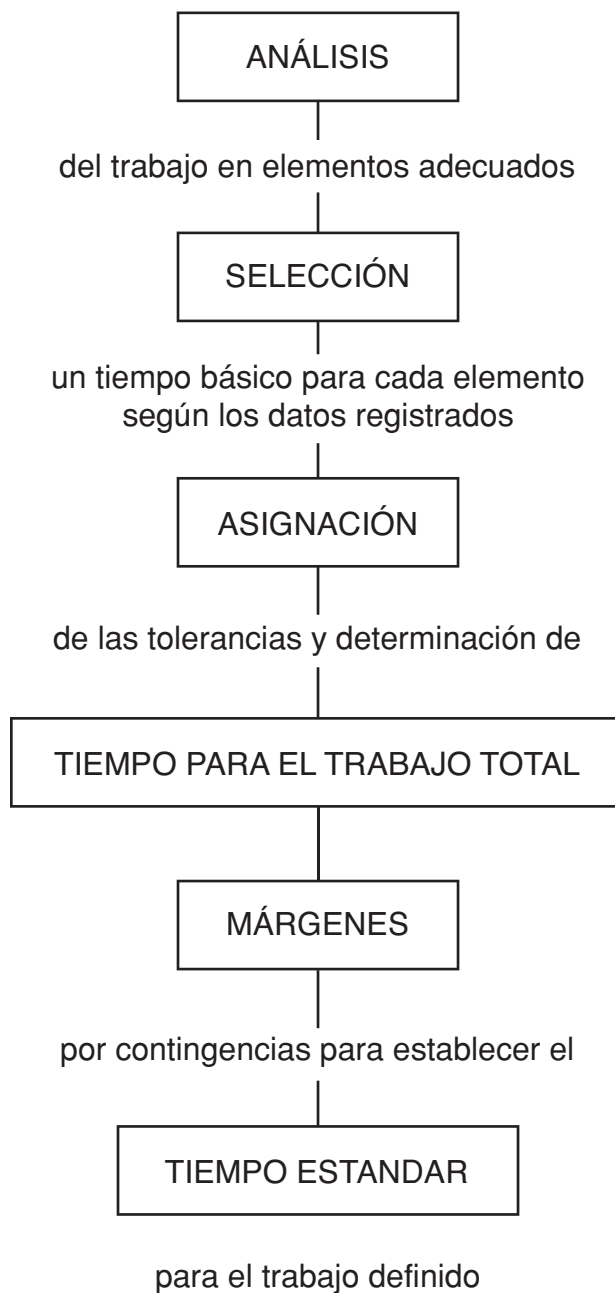


Figura 30. La estimación sintética

cesario encarar estudios de tiempos para cada tipo de encofrado que se construyera. Los resultados serían útiles, en consecuencia, si se construyeran fundaciones idénticas y sucesivas.

Para evitar estas situaciones desventajosas, se desarrolla una técnica de síntesis, siguiendo el camino que se indica en el esquema de la Fig. 30.

Un detallado estudio de la medida del trabajo muestra que hay una base subyacente de elementos repetitivos en la mayoría de los trabajos de construcción.

Cuanto menor sea el tamaño de esos elementos, más fácil será el armado del tiempo contenido en el trabajo. Entonces, por experiencia, el tiempo del trabajo contenido en una tarea, por ejemplo,

para los trabajos de encofrado de fundaciones mencionados más arriba, y el método según serán realizados pueden ser abiertos en elementos y determinados. El tiempo básico de cada elemento es seleccionado según los datos básicos disponibles, y la síntesis de esos elementos más las tolerancias y contingencias adecuadas dan el tiempo estándar para esa actividad, de acuerdo con rendimientos estándar.

No hay duda de que, en la medida en que más se desarrolle el banco de datos, incrementado por los aportes individuales, el uso de datos estándar incrementará la seguridad de las estimaciones.

IV) Muestreo del trabajo:

Como ya se ha dicho, los trabajos de construcción implican gran variedad de especialidades trabajando en múltiples situaciones diferentes. Registrar el nivel de productividad en esas condiciones no siempre es fácil, dado que rara vez las condiciones son lo suficientemente estables como para realizar tareas de análisis, como algunas de las indicadas.

Por este motivo, estas técnicas no son fácilmente aplicadas en la construcción, y no son aceptadas sin cierta reacción negativa. La producción puede variar según amplios márgenes, por razones de mal tiempo, mal funcionamiento o rotura de equipos, comunicaciones inadecuadas, poca continuidad en el trabajo y muchas otras. Pero el director necesita saber en todo momento si en el obrador se está trabajando eficientemente o no.

El método de control de costos juega una parte importante en este sentido, como veremos; sin embargo, el tiempo que pasa entre la observación y el informe generalmente es demasiado largo como para detectar partes ineficientes de trabajo que permitan acciones correctivas en caso de ser necesario.

La técnica conocida como *muestreo del trabajo o muestreo de las actividades* es un método que provee a la dirección una herramienta confiable para realizar un trabajo similar de estudio de tiempos, sin muchas de las desventajas que surgen cuando se aplican a trabajos de la construcción.

Esta técnica está basada en los métodos estadísticos de muestreo.

En la industria es muy usual y tiene un amplio campo de aplicación en los controles de calidad. Si en una fábrica que produce miles de piezas por día se quisiera controlar si se satisfacen todas las especificaciones y normas de calidad para cada una de ellas, sería un trabajo prácticamente imposible y además demandaría un costo elevado. En lugar de ello, se toma un determinado número de piezas para ser examinadas, y se acepta que el resultado de este examen parcial es válido para la totalidad.

En la construcción, esto es muy común y es lo que se hace cuando se toman probetas para conocer la calidad del hormigón, o cuando se toman algunos trozos de barras de acero para analizar la calidad de toda una partida, o cuando se corta una puerta placa para ver si cumple con las especificaciones indicadas, etcétera.

Este número representativo de componentes seleccionados para su examen se llama *muestra* y puede variar en tamaño desde una pequeña a una gran cantidad, a los fines de obtener la determinada información que se busca. La totalidad de los elementos se denomina *universo*.

La confiabilidad que surge del examen de una simple muestra dependerá de:

- del tamaño de la muestra tomada;
- del tamaño del problema o ítem que se visualiza;
- del grado de precisión aceptable que se desea.

Veamos algunos ejemplos para entender el método.

El director de obra puede percibir que la eficiencia del conjunto de obreros que trabajan en el obrador es baja. Para tener una rápida idea de esta presunción, recorre la obra y registra aquellos obreros que trabajan y aquellos que no lo hacen.

Este estudio preliminar de campo brinda una información básica antes de llevar a cabo el estudio completo de muestreo. Así determinamos, en esa rápida visión:

$$\% \text{ de actividad} = \frac{\text{Número de obreros activos}}{\text{Total de obreros observados}} \cdot 100$$

Naturalmente, si esta observación causa preocupación, debe encararse la investigación adecuada, para confirmarla.

El número total de obreros observados debería estar entre el 70 y el 80% del total de los obreros involucrados. Obviamente el estudio de campo indicado sólo puede brindar una guía, dado que el número de observaciones ha sido muy bajo.

Supongamos que estamos analizando el uso de un montacargas, y hemos hecho 80 observaciones durante 3 días, anotando para cada una de ellas, si está trabajando o no. De estas 80 observaciones, vimos que en 24 estaba inactivo y en 56, trabajando. De esto podríamos rápidamente deducir que el montacargas trabajó el 70% del tiempo y el 30% estuvo desocupado.

Ésta es indudablemente una guía valiosa, pero para obtener una respuesta más confiable debemos considerar el tema con mayor detenimiento.

En efecto, los tres requerimientos que vimos más arriba que debe cumplir la muestra no se han cumplido.

La teoría en que está basado este método surge de la estadística, y por ser un tema tan específico, no lo desarrollaremos aquí, pero se puede ver en la bibliografía que se adjunta.

Utilizaremos una fórmula que vincula todos esos factores

$$N = \frac{Z^2(1-P)}{y^2 \cdot p}$$

donde:

N = número de observaciones.

y = grado de precisión requerida para "p" expresada como una parte decimal de la unidad.

p = tamaño del ítem visualizado (probabilidad del resultado).

Z = es un valor que se obtiene de tablas estadísticas y depende del nivel de confianza requerido para la estimación; generalmente se toma igual a 2, que corresponde a un 95% de confianza (dos desviaciones estándar).

De la fórmula vista también se puede despejar "y":

$$y = 2 \cdot \sqrt{\frac{1-p}{N \cdot p}}$$

A los fines de revisar, en el ejemplo visto, la precisión de los resultados, para nuestro caso: N = 80; p = 30% e "y" es el porcentaje de precisión que estamos tratando de analizar:

$$y = 2 \cdot \sqrt{\frac{(1-0,30)}{80 \cdot 0,30}} = \pm 0,33 (\pm 33\% \text{ de precisión})$$

Este grado de precisión es válido para tener una guía, pero es inaceptable para poder tomar decisiones más ajustadas. Para ello generalmente se acepta una precisión de $\pm 10\%$.

Por tal motivo, y para nuestro ejemplo, aplicando la fórmula que nos permite determinar el número de observaciones a realizar, para una precisión de $\pm 10\%$, surge:

$$N = 4 \cdot \frac{(1-p)}{y^2 \cdot p}$$

$$N = 4 \cdot \frac{(1 - 30)}{(0,10)^2 \cdot 0,30} = 933 \text{ observaciones}$$

Éste puede parecer un número muy considerable de observaciones, y podría ser necesario realizarlas a través de un periodo superior a tres días, pero la confiabilidad buscada define el límite.

Con estos principios simples y las fórmulas vistas, se puede extender el uso del muestreo del trabajo para resolver problemas más detallados.

Consideremos, a título de ejemplo, una empresa constructora que nota que la sobrecarga de trabajo administrativo por parte de los jefes de obra los aleja o distrae de la dirección y supervisión de los trabajos en el obrador.

Este tipo de problema es ideal para el uso de la técnica de muestreo de actividades, dado que puede ser incluido en el estudio más de un jefe de obra, sin que sea necesario recurrir a un experto a tiempo completo dedicado en cada obrador, para el registro y análisis de la información necesaria.

El primer paso es decidir cuál será la subdivisión del trabajo a ser registrado, qué parte del tiempo total es ocupada por cada uno de los elementos en forma aproximada.

Esto puede ser obtenido por un pequeño trabajo piloto o, mejor aún, pidiendo a cada uno de los participantes en el estudio que hagan su propia estimación.

Cuando se han recolectado y compaginado todas las estimaciones, el resultado puede ser algo parecido a esto:

i) Trabajo administrativo:	25%
ii) Reuniones, discusión y acuerdos con terceros:	10%
iii) Dirección y supervisión en el obrador:	55%
iv) Descanso y tiempo inactivo:	10%

Como vimos, el objetivo del estudio es determinar la carga del trabajo administrativo y el ítem visualizado está estimado en el 25%. En este caso, el grado de precisión requerido debería ser, digamos, $\pm 6\%$.

Aplicamos la fórmula vista para determinar el número de observaciones necesarias:

$$N = 4 \cdot \frac{(1 - p)}{y^2 \cdot p}$$

$$N = 4 \cdot \frac{(1 - 0,25)}{(0,06)^2 \cdot 0,25} = 3333 \text{ observaciones (adoptamos 3350)}$$

Aceptemos que la empresa tiene cuatro obras en cuyos obradores se pueden hacer las observaciones. El número de días necesarios para recolectar todas las observaciones previstas es:

$$\frac{3500}{4 \cdot 40} = 21 \text{ días}$$

Con esta información se preparan las planillas necesarias para la observación diaria

Sería necesario efectuar aproximadamente 5 observaciones por hora, para una jornada de 8 horas, para tener 40 observaciones por día.

Es importante tener en cuenta que las observaciones deben ser hechas según intervalos determinados al azar, a fin de evitar cualquier influencia por eventos sistemáticos.

Hay tablas de números al azar, pero una manera igualmente efectiva y más familiar de hacerlo es a través de la guía telefónica, para lo cual se toma cualquier hoja al azar, y luego se toman los cuatro últimos dígitos que reflejen posibles horas de observación. Por ejemplo: 0927 significa que debo hacer la observación exactamente a las 9 horas 27 minutos. De esta forma se prepara la tabla que contempla las observaciones que se harán al azar cada día.

Obviamente, se deben preparar para todos los días las correspondientes planillas que se harán nuevamente, con nuevos números al azar.

Este trabajo se puede encomendar a cualquier persona o empleado, aunque no tenga ningún conocimiento específico. Sólo tiene que registrar lo que observa, siguiendo estas tres simples reglas:

- Ser fiel a las horas indicadas en que debe hacer las observaciones y registrarlas con honestidad.
- Registrar rigurosamente la actividad que ve en el preciso minuto; no la actividad previa ni la que le sigue.
- Hacer las observaciones en forma discreta. El sujeto debe saber que se está haciendo el estudio, pero no es necesario recordárselo en cada lectura.

Una vez que se ha iniciado el estudio del muestreo de las actividades, los resultados se vuelcan en las planillas día por día. Los mismos se deben sumar y resumir como sigue:

		Elementos			
Día Nº 1	Obrador	1	2	3	4
	A	8	4	25	3
	B	10	3	21	6
	C	10	6	20	4
	D	9	5	24	2
Totales		37	18	90	15
Porcentajes		23,12	11,25	56,25	9,38

Los resultados del día 2 se suman a los del día 1, y se obtienen acumulados y porcentajes totales. Estos resultados acumulados pueden ser pasados a gráficos de control como el que se indica en continuación (Fig. 31).

Los resultados de los porcentajes acumulados pueden “saltar” durante los primeros días del estudio, pero luego tienden a un valor constante en la medida que se obtienen más y más resultados.

En el ejemplo se puede ver que esto sucede en el día 14, en el cual se han hecho ya 2240 observaciones. El resultado es ligeramente mayor que el anticipado, aproximadamente 26,25%, y en este momento se puede verificar el grado de precisión de este valor obtenido.

$$y = 2 \cdot \sqrt{\frac{(1 - 0,2625)}{2240 \cdot 0,2625}} = 0,0706$$

Es decir, que a esta altura del estudio la precisión es $\pm 7,06\%$.

Si bien es cierto que es ligeramente superior al 6% de precisión que nos habíamos impuesto, podemos tomar los valores como ciertos dada la tendencia constante que se observa y la reducción de tiempo que logramos en el estudio.

Así como se ha analizado el elemento Nº 1, “Trabajos administrativos”, se puede hacer del mismo modo el análisis para los otros elementos, en forma similar.

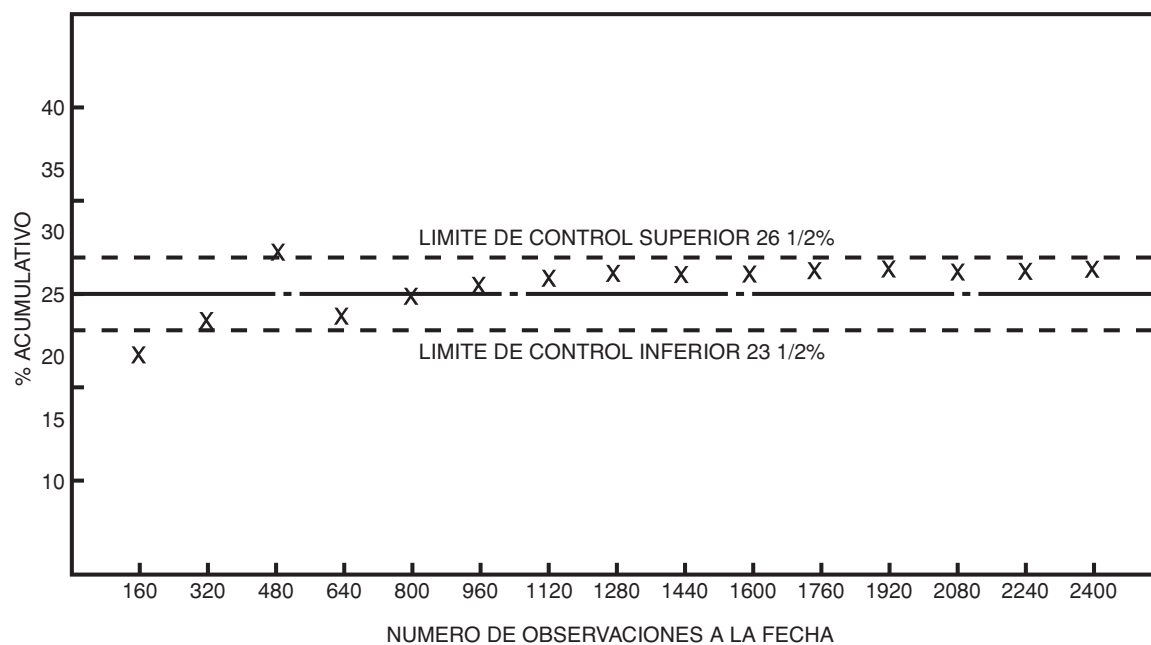


Figura 31. Gráfico de control del muestreo de actividades para elementos

Aceptemos que el resultado completo del estudio es el siguiente:

Elemento	Descripción	% acumulado
1	Trabajos administrativos	26,25
2	Reuniones, discusiones y acuerdos con terceros	18,75
3	Dirección y supervisión en el obrador	49,50
4	Descanso o tiempo inactivo	5,50

El hecho complementario del estudio, quizás inesperado, es que se dedica un porcentaje relevante a reuniones, y tal vez también este elemento merezca un análisis para su reducción.

Existen muchas y variadas aplicaciones de este método, particularmente donde una situación global necesita un análisis para identificar los posibles problemas o cuellos de botella en la producción.

Como un medio de control, puede ser usado para asegurarnos de que se dé un estado requerido de hechos y examinar las causas por las que no se dan.

El estudio del muestreo del trabajo o actividades, y sus ventajas, puede ser sintetizado de la siguiente manera:

- Toda la información puede ser obtenida de acuerdo con un determinado grado de precisión, sin una observación continua.
- Mientras se requiere de alguien con cierta experiencia para el diseño y control del estudio, la observación puede ser hecha por cualquier persona no entrenada en conjunción con otras obligaciones.
- Las actividades de un número de hechos, como hombres y máquinas, pueden ser estudiadas en forma simultánea.

Valor de producción: Esta técnica, si se aplica cuidadosamente, se puede usar para obtener datos sobre la cantidad producida, para ser usados en estimaciones y programación de actividades.

Cuando se registra el número de observaciones para cada operación o elemento, se valoriza el nivel de rendimiento de los operarios o las máquinas para cada observación, según la escala de valoración descripta previamente para el estudio de tiempos, y la valoración media para la operación se calcula conjuntamente con el tiempo insumido como una proporción de la actividad total. Si el tiempo total insumido por la actividad también ha sido registrado, entonces el tiempo básico de las operaciones también puede ser calculado.

Ejemplo: Supongamos que estamos analizando la tarea de encofrado de un entrepiso y dentro de ella queremos analizar en detalle la “colocación de encofrados”. Siguiendo la metodología ya explicada, determinamos que, sobre un total de 400 observaciones, para esta operación se registró que se estaba operando 148 veces, es decir, un 37,0% del total.

O, dicho en otros términos, del total de la tarea se insume el 37% del tiempo en la “colocación”; el resto se dedica a “desencofrar”, “limpieza de los encofrados”, descanso, etcétera. Si la valoración media que se tomó es de 85, la superficie a encofrar es de 50 m² y se ejecuta durante 40 horas por una cuadrilla integrada por 5 carpinteros.

Entonces:

Tiempo básico para la operación “colocación de encofrado” = $0,37 \cdot 40 \cdot 0,85 = 12,6$ horas o $12,6 \cdot 5 = 63$ horas-hombre.

Producción básica = $50/63 = 0,8$ m² por hora-hombre.

El tiempo estándar debe contemplar tolerancias y contingencias. Entonces:

Producción estándar = $50/(63 + \text{tol.} + \text{cont.}) = \text{m}^2$ por hora-hombre.

Hasta aquí analizamos algunos temas que nos permitirán pensar y actuar teniendo siempre presente que es nuestra obligación ser más productivos, y por el otro lado, disponer de más elementos técnicos precisos para la planificación, programación y control de la obra. Consideramos que, si bien son materias complementarias, ayudan indudablemente a tener una percepción y un desarrollo del rol más eficientes.

4. ÁREAS DE CONOCIMIENTO BÁSICAS O FUNCIONALES

Luego de analizar en forma sintética los temas que consideramos y denominamos conceptuales, veremos más en detalle las herramientas que son fundamentales para una eficiente gestión de dirección, porque, como dijimos más arriba, el *comitente espera que su director de obra cumpla el alcance de su cometido garantizando que la obra se hará de acuerdo con los plazos, presupuesto, nivel de calidad y especificaciones comprometidos. Consecuentemente, éstas son sus obligaciones primarias, y se lo evaluará en función de cómo las cumpla.*

La primera de estas áreas de conocimiento es la “Gestión del tiempo”.

4.1. Gestión del tiempo

Construire c’est prévoir.

La gestión del tiempo de la obra incluye los procesos necesarios para lograr la conclusión de la misma a tiempo.

Estos procesos incluyen lo siguiente:

- *Definición de las actividades:* identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para la obra.
- *Establecimiento de la secuencia de las actividades:* identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma.
- *Estimación de recursos de las actividades:* estima el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad que conformará el cronograma.
- *Estimación de la duración de las actividades:* estima la cantidad de días laborables que serán necesarios para completar cada actividad.
- *Desarrollo del cronograma:* analiza las secuencias de las actividades, la duración de las mismas, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma de la obra.
- *Control del cronograma:* controla los cambios del cronograma durante la ejecución de la obra.

Estos procesos interactúan entre sí.

En algunos proyectos, especialmente los más simples, el establecimiento de las actividades, la estimación de los recursos, la estimación de la duración y el desarrollo del cronograma están tan estrechamente vinculados, que se consideran como un proceso único que puede ser realizado por una única persona en un tiempo relativamente corto.

Estos procesos así discriminados conforman lo que se conoce más genéricamente como: plani-

ficación-programación-control. A veces, bajo la denominación genérica de *Programación* se involucra todo el proceso de gestión de tiempos.

La industria de la construcción es inherentemente incierta por su propia naturaleza: proceso competitivo de las licitaciones, evolución de las ventas, los estándares de producción para los distintos obradores y el clima son todas variables. De allí la importancia que tiene, a los fines de mitigar o controlar estas variables, un prolijo estudio de planificación, programación y control.

La planificación es una necesidad fundamental, dado que, sin ella, obtener un resultado específico para una fecha determinada se transforma en un tema de azar.

La planificación es un proceso continuo y debe ser sensible a los cambios, flexible en su enfoque y rigurosa en su aplicación. Como lo planteara Peter Drucker: “los planes son buenas intenciones si no se transforman inmediatamente en un arduo trabajo”; y agregaba: “la planificación no significa prever el futuro, sino pensar en las decisiones que debemos tomar hoy para prever las consecuencias que tendrán en el futuro”.

Nosotros planificamos nuestras vacaciones con bastante antelación. No es suficiente viajar de A a B en un cierto tiempo, también es necesario usar la ruta más económica. Esto implica adaptar los medios del viaje para asegurar el mínimo costo, mientras cumplimos con el límite de tiempo que nos hemos impuesto. Aquí vemos, con un simple ejemplo, la vinculación que existe entre tiempo, método y costo.

Antes de comenzar la planificación, deben definirse claramente los objetivos y, consecuentemente, los resultados requeridos.

A veces, estos objetivos son claros, y otras, no lo son tanto y dependen de una serie de variables. En la construcción, esto es lo general.

Con el objeto de lograr las metas fijadas, se deben seguir varios pasos u objetivos (a veces se llaman mojones). Son submetas más precisas que las metas, y están orientados hacia la acción. Para recordar fácilmente y como ayuda para definir objetivos, George Doran (1981) creó una metodología que llamó S.M.A.R.T.:

- Specific:* Ser específico en la determinación del objetivo.
- Measurable:* Establecer indicadores medibles del progreso o avance.
- Assignable:* El objetivo debe poder ser asignado a alguien para ser ejecutado.
- Realistic:* Determinar qué puede ser realizado en forma realista dentro del presupuesto, tiempo y recursos disponibles.
- Time-related:* Establecer cuándo se puede lograr el objetivo, es decir, su duración.

A veces se confunden objetivos con aspiraciones vagas. Por ejemplo, decir “quiero tener más dinero” o “quiero encontrar el verdadero amor” o “quiero recibirme el próximo año”: si a estas aspiraciones les aplicamos la regla S.M.A.R.T., veremos fácilmente que no son objetivos.

La planificación es la estrategia; es el qué; implica un enfoque cuali-cuantitativo. Significa, en realidad, prever qué y cómo se va a hacer. Está referida al futuro.

El programa es la táctica; es cuándo, implica un enfoque temporal. Es la conversión del plan de acción de un proyecto en un programa de tiempos operativo. Las tácticas deben responder a una estrategia. Una estrategia buena puede fracasar por una mala táctica.

Se debe conocer, pues, la naturaleza cuantitativa y cualitativa de los factores involucrados para lograr los resultados buscados.

En los negocios hay un dicho: “Una planificación sin la acción es fútil; la acción sin una planificación es fatal”. Sun Tzu lo escribió hace siglos: “La estrategia sin táctica es el camino más lento hacia la victoria. La táctica sin estrategia es el ruido que precede a la derrota”. Y por último, Savielly Grigorievich Tartakower decía: “La táctica consiste en hacer algo cuando hay algo que hacer; la estrategia, en saber qué hacer cuando no hay nada que hacer”.

La etapa de planeamiento incluye:

- Identificación y dimensionamiento de los elementos (tareas).
- Definición de procesos de funcionamiento.

- Equipos y materiales a utilizar.
- Técnicas de ejecución.
- Calidad requerida.
- Mano de obra necesaria.

Estos datos necesarios surgen de un análisis detallado de toda la documentación inherente al proyecto a ejecutar y que se va a reflejar en un minucioso “Cómputo y presupuesto”.

Planteada la planificación, se puede encarar la programación. Esto es, analizar las restricciones tecnológicas y fijar la duración de las tareas, es decir, la conversión de un plan de acción en un programa de tiempos operativo.

La programación es el marco organizativo que sirve de base para la ejecución de un proyecto específico según métodos específicos y al más bajo costo posible.

Es una herramienta de dirección por medio de la cual podemos anticipar probables efectos o eventos que pueden cambiar las actividades y objetivos de un plan propuesto. Nos permite influenciar y controlar la naturaleza y el sentido de cualquier cambio y determinar qué acciones pueden ser necesarias para obtener los resultados deseados.

El programa, en consecuencia, da respuesta a un número de aspectos tales como:

- qué operaciones deben realizarse;
- en qué secuencia;
- la forma en que cada una de dichas operaciones debe realizarse;
- el momento en que debe comenzarse cada una de las operaciones y su duración;
- número de operarios;
- equipo necesario;
- materiales necesarios y cantidades en función del tiempo;
- dónde deben realizarse las operaciones.

Es la determinación consciente de los medios de acción, el fundamento de las decisiones, hechos y estimaciones consideradas. Sin un programa efectivo, la acción se torna completamente intuitiva.

Es muy común la impaciencia que surge antes de empezar la construcción de un proyecto, y se ponen en duda la necesidad y el costo de una adecuada programación. El comitente está impaciente: “empecemos a trabajar”. En este sentido, es conveniente tener presente que es una buena norma dedicar el 90% del tiempo a pensar y el 10% a ejecutar, y no al revés. El insumo más económico en esta etapa es el cerebro. Esto nos permitirá reducir riesgos o minimizarlos. En caso contrario, el director (así como todos los involucrados) se transforma en un “gerente de crisis”.

La experiencia genera un buen juicio, pero un buen juicio proviene de una mala experiencia.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en esta etapa es que la primera idea no siempre es la mejor. Nuestra obligación profesional es lograr la “mejor opción”.

Obviamente, para que una programación sea eficaz, como sucede en general con todos los temas técnicos, el costo de su implementación debe ser inferior a los beneficios que ella proporciona. Es bastante difícil este análisis. El costo de la programación equivale, básicamente, al número de horas-profesional invertidas en las etapas de planificación-programación y control de la obra. Lo difícil es medir las ventajas inherentes. ¿Cuánto tiempo y dinero se ha ahorrado con respecto a la misma obra si ésta no se hubiera programado? (Este tema fue desarrollado en un trabajo muy conocido para aquellos que les interesa la industrialización de la construcción, por el profesor Dr. Gerhard Dressel, del Institut für Arbeitswissenschaft de Stuttgart, quien comparó los costos y tiempos de dos proyectos iguales, uno sin una adecuada programación, realizado según la experiencia del subcontratista, y el otro con un elaborado programa de trabajos. Los resultados mostraron una ventaja total en la productividad, medida en un 7% de ahorro en tiempo y un 27% en el costo total).

Ésta, quizás, es la causa fundamental de la reticencia de muchos para programar las obras en forma profesional.

“Es mejor un mal plan que ningún plan”. Otro argumento en contra de la programación de las obras lo constituye la errónea creencia de que el no cumplimiento del programa significa el fracaso de la programación.

Si bien es cierto que el hecho de que si se cumpliera el programa exactamente como lo previmos correspondería a la situación óptima, esto es utópico, ya que la construcción de una obra, desde el principio hasta el final, es un proceso tan complejo, en el cual intervienen tantos factores de distinta naturaleza, permanentemente vulnerables por diversas contingencias, que sería ingenuo pensar que, por mucha experiencia que tenga el programador, el programa se cumplirá rigurosamente sin ningún tipo de variaciones.

También se argumenta que un programa detallado no puede ser mantenido en tiempos de incertidumbre en la provisión de mano de obra y materiales, y que el mal tiempo puede inevitablemente demorar los trabajos y distorsionar el programa.

Muchos agregan que no es posible planificar y programar un trabajo por adelantado, porque todos los detalles del trabajo se van determinando después de haberse iniciado las actividades en el obrador y, como consecuencia, el programa puede ser modificado seriamente por variaciones subsecuentes.

La meta de una programación es aumentar la productividad de la construcción, basada en una reducción de los tiempos de ejecución y de los costos de construcción. El programa es una herramienta, un modelo, para lograr esta meta.

Por otro lado, es el único medio que permite un control adecuado de todo el proceso constructivo, permitiendo tomar adecuadas medidas correctivas cuando corresponden, así como la obtención de valiosa información para el análisis de futuras obras, que es el verdadero activo, tanto de las empresas como de los directores de obra.

A través de las distintas herramientas de programación que veremos, podremos apreciar toda la metodología a seguir.

¿Quién y para quién se programa?:

Mucha gente necesita planes –programas de trabajos propuestos– de variada complejidad, para distintos propósitos. En la industria de la construcción, el tipo de programadores puede ser agrupado por el rol que juega su organización en el proceso de construcción. En este sentido, hay tres tipos de programadores: la organización del cliente o comitente, los ingenieros, arquitectos o diseñadores, y el contratista o constructor.

i) El cliente o comitente: La organización del cliente o comitente está interesada en la programación de todo el proyecto desde la adquisición, por ejemplo, de la tierra, hasta el uso productivo de lo que se construirá en ella. En primer lugar, está interesado en determinar los tiempos en que deberá hacer las distintas erogaciones y, consecuentemente, hacer las correspondientes previsiones y el conjunto de todas las decisiones estratégicas vinculadas con la gestión del proyecto.

En este caso, operará satisfactoriamente con actividades que durarán semanas o meses, en lugar de días.

Más tarde usará el programa de construcción para el control del avance.

ii) Los diseñadores o proyectistas (ingenieros, arquitectos): Los ingenieros, en el caso de ingeniería civil, o los arquitectos, en el caso de obras de arquitectura o el *Project Manager*, tienen normalmente la responsabilidad de preparar los programas que usará el cliente para tomar las decisiones estratégicas que vimos en el párrafo anterior.

Además, el equipo de diseño tiene que dirigir sus propios recursos y es a través del programa del proyecto que determinará el orden en que las distintas etapas serán diseñadas: personal necesario, costo, generación del conjunto de documentos para las licitaciones, etc., para luego poder realizar el adecuado control.

La duración de las actividades, en estos casos, generalmente está expresada en semanas, en lugar de los tiempos mayores utilizados por los clientes o comitentes.

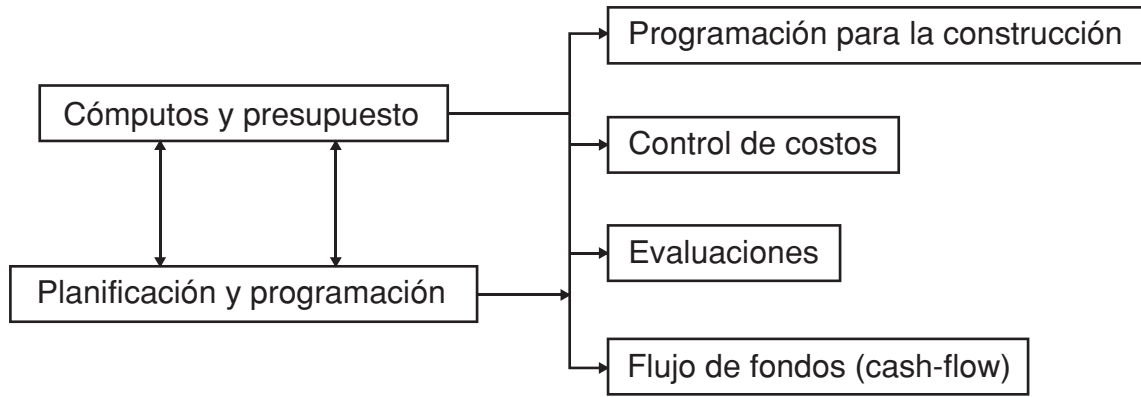


Figura 32

iii) El constructor: La organización del constructor es una de las tres partes, en el proceso de construcción, que pone el mayor esfuerzo en el proceso de planificación y programación, dado que los resultados de una programación detallada, monitoreada y controlada se reflejarán directamente en las utilidades de los contratos y de la empresa.

La planificación del contratista está dividida entre la etapa de las estimaciones y la producción. En la Figura 32 se puede apreciar esta interrelación.

Se puede ver que la planificación-programación es una parte integral del proceso de estimación. Sintéticamente, la estimación evalúa el uso de los recursos en términos de costos y la programación en término de tiempo; la suma de los dos nos permite determinar el flujo de fondos.

Para el director de obras es básico conocer todos los detalles de esta programación, para poder monitorearlo y controlarlo durante todo el proceso de construcción, evaluando los posibles cambios que por distintos motivos surgen durante la obra.

En este caso, el programa se desarrolla en semanas o días, e incluso, para ciertas situaciones, en medios días.

4.1.1. Técnicas de programación

Las técnicas más comunes y más ampliamente usadas en la construcción son: el gráfico de barras (Gantt), el gráfico de barras vinculadas, el análisis por redes (CPM-PERT) –indicando las actividades ya sea sobre flechas o sobre nodos– y, para trabajos repetitivos, programación rítmica y líneas de balance.

Desarrollaremos con ejemplos estas técnicas.

4.1.1.1. Gráficos de Gantt

Uno de los métodos más viejos y que todavía es de los más útiles para la presentación de información referida a programación es el Gráfico de Gantt (también llamado gráfico de barras), desarrollado alrededor de 1917 por Henry I. Gantt, un pionero en el campo de la “dirección científica”.

El gráfico de Gantt muestra, para un número determinado de tareas, reflejadas en una escala de tiempos horizontales, lo programado y la situación de progreso actualizado. Estos diagramas de barras constituyen las herramientas de programación más fáciles de entender. Aun cuando se utilicen métodos más sofisticados, como los basados en el análisis de redes, el programa de trabajo emergente es presentado en forma de diagrama de barras.

Hay varias ventajas en el uso de gráficos de Gantt. En primer lugar, aunque puede contener mucha información, la misma se puede entender fácilmente. Permite tener una visión clara del estado de la obra y su actualización es relativamente fácil, en tanto y en cuanto no se hagan grandes cambios en el programa o alteraciones significativas.

La otra ventaja relevante es que es fácil de construir y no es necesario para ello recurrir a un diagrama de redes, como sucede con los métodos PERT o CPM; no obstante ello, veremos, con los ejemplos que desarrollaremos a continuación, esa interrelación.

En la Figura 33 se muestra un diagrama típico de Gantt: una lista de actividades con sus inicios, duraciones y terminaciones, representadas por barras en una escala de tiempos. El nivel de detalle de las actividades dependerá del uso que se le dará al programa. Por ejemplo, un director de obra estará conforme con una actividad tan general como “construir fundaciones”, pero la empresa encargada de la ejecución de la estructura hará una apertura de la misma en otro nivel de detalle, como “excavación”, “fijar armaduras”, “encofrado lateral”, “hormigonado”, etcétera. De la misma forma, la escala de los tiempos se debe elegir acorde con el propósito del usuario. Para el primer caso, se puede elegir semanas, pero para el segundo, días e incluso medios días.

También se indica en la figura el uso como diagrama de control según el avance. Generalmente, se indica con una barra llena la duración prevista para cada una de las actividades, y debajo de ellas, con otra representación o color, la indicación del avance para una determinada fecha. En la figura se indica, por ejemplo, este control para la semana 7.

Una forma más completa de estos diagramas es el diagrama de las “barras vinculadas”. Ver la Figura 34, que vincula una actividad con sus precedentes, que tienen que ser completadas antes de

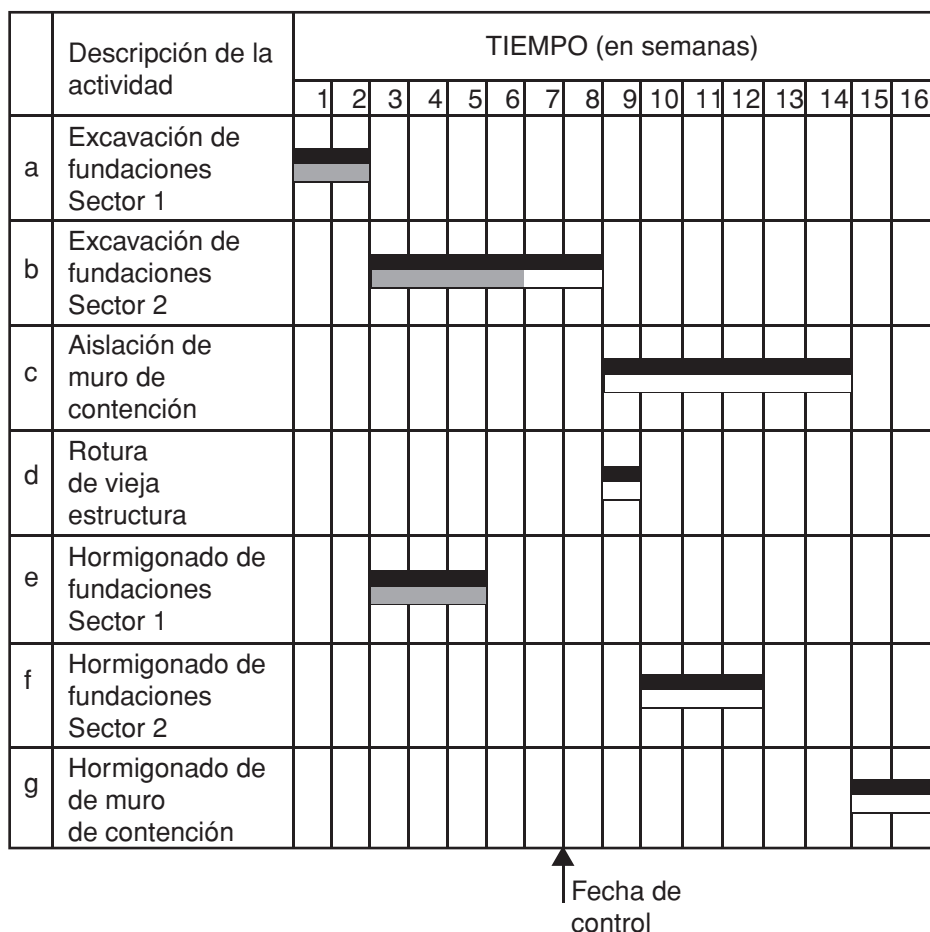


Figura 33. Diagrama de Gantt

	Descripción de la actividad	TIEMPO (en semanas)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a	Excavación de fundaciones Sector 1	4	4														
b	Excavación de fundaciones Sector 2			4	4	4	4	4	4								
c	Aislación de muro de contención									2	2	2	2	2	2		
d	Rotura de vieja estructura								2								
e	Hormigonado de fundaciones Sector 1			3	3	3											
f	Hormigonado de fundaciones Sector 2									3	3	3					
g	Hormigonado de muro de contención															3	3

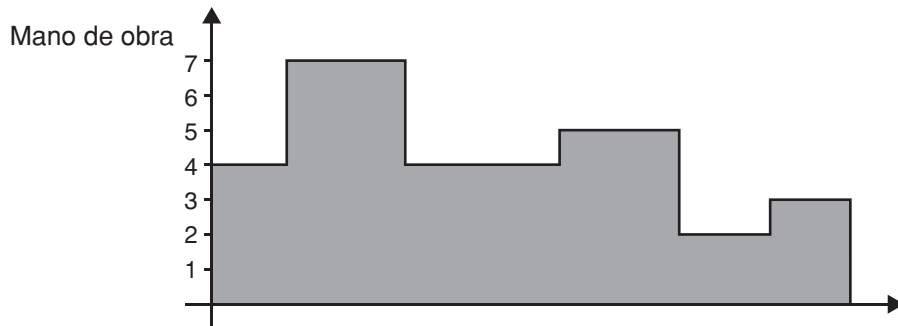


Figura 34. Diagrama de barras vinculadas y agregado de esquema de recursos

que la misma pueda ser iniciada. De la misma forma se determinan las vinculaciones entre una actividad y las que le suceden, que dependen de que la actividad precedente esté terminada. Esta representación tiene la ventaja de que los efectos de la demora de cualquier actividad se ven fácilmente. Asimismo, el tiempo disponible para cada actividad también se visualiza. En el ejemplo, la actividad *e* comienza en la semana 3 y termina en la semana 5, pero se puede apreciar que la última fecha antes de que interfiera con la siguiente actividad que le sucede (actividad *f*) se termina en la semana 9. O sea que esta actividad tiene un “margen” o un tiempo extra disponible antes de que una demora afecte a otras actividades. Otras, en cambio, no tienen margen disponible y deben ser terminadas en tiempo a los fines de no atrasar el programa; por ejemplo: Actividad *b*. Ésta es normalmente denominada actividad crítica.

El diagrama de barras también es útil para el cálculo de los recursos requeridos para el proyecto. Se agrega para cada actividad el recurso considerado, por ejemplo, mano de obra necesaria, y

sumando, se tiene para cada semana la cantidad de obreros necesarias, como se indica en el gráfico debajo de la Figura 34.

El diagrama de Gantt (de barras) más el agregado del gráfico de los recursos son muy útiles para determinar el contenido del trabajo en término de horas-hombre o horas-máquina. Cálculos similares hechos en el obrador permiten chequear el contenido de trabajo previsto en las estimaciones y determinar si los métodos de trabajo elegidos producen un beneficio o una pérdida. El control de costos resultará más efectivo con este tipo de constataciones que si nos basáramos simplemente en costos históricos.

Los diagramas de barras son un medio muy útil de comunicación entre todos los participantes. La principal ventaja, como se ha dicho, es la simplicidad. Es un documento de fácil interpretación. El programa emergente, que se denomina “Programa general de trabajos”, permite obtener otros, que se denominan secundarios, para previsión de compras de materiales, fechas de subcontrataciones, entrada de equipos y otras necesidades.

Si el diagrama de barras se produce manualmente en un papel, y no como un producto emergente de un programa de computación, entonces está limitado a un tamaño, según el proyecto, que no debería exceder las 50 actividades. Más de esta cantidad implica una gran tarea de preparación por la dificultad de visualizar todas las vinculaciones entre tareas, y además, no son fáciles la actualización y la reprogramación en caso de ser necesarias.

Entonces, la principal limitación de los gráficos de barras confeccionados manualmente es la dificultad en el manejo de los datos, razón por la cual hay una tendencia a la no actualización y rápidamente entra en desuso, desacreditado y no respetado.

4.1.1.2. Análisis por redes (CPM-PERT)

El análisis por redes ofrece todas las ventajas por permitir el manipuleo del uso de los datos de planificación en sistemas informáticos. Los datos que surgen de la planificación en una red están vinculados a través de la lógica que define las relaciones entre las actividades. De allí que se pueden hacer cambios en los datos vinculados con actividades en forma individual, por ejemplo, duración, recursos, etc., o se pueden hacer cambios en las relaciones lógicas entre actividades, y recalcular y volver a representar sus consecuencias. Además, los pasos para generar y procesar una red están definidos más claramente y ofrecen un enfoque más riguroso para planificar y programar operaciones complejas. El mayor rigor impuesto por el diagrama lógico produce modelos más realistas del trabajo propuesto. Por último, sólo a través de un análisis por redes existe la posibilidad de usar computadoras para los cálculos.

Los pasos para producir una red son los siguientes:

- a. Listado de actividades: EDT (elaboración detallada de tareas) o WBS (*work breakdown structure*).
- b. Elaboración de la red mostrando las relaciones lógicas entre actividades.
- c. Asignación de la duración de cada actividad, produciendo el programa y determinando los tiempos de inicio y terminación de cada actividad, así como los márgenes disponibles.
- d. Asignación de los recursos requeridos.

Cuando se confeccionan los diagramas de barras *b* y *c*, se producen en un solo paso, y consecuentemente, para proyectos complejos, no es fácil considerar distintas alternativas.

Hay dos formas más usuales de representar las actividades en las redes: sobre flechas o en los nodos. Esta última forma usualmente se denomina diagrama de precedencias.

Cada uno de estos enfoques presenta prácticamente las mismas posibilidades y su uso es una cuestión de preferencia personal del programador.

Antes de describir el método, veamos la definición de algunos términos que serán utilizados en el desarrollo de las redes.

Terminología:

- **Actividad:** Es una tarea o conjunto de tareas que son requeridas por el proyecto y que insumen recursos y tiempos para su realización.
- **Evento o nodo:** Es el resultado de completar una o más actividades. Es un estado final identificable que ocurre a un tiempo determinado. Los eventos no insumen recursos.
- **Red:** La combinación de todas las actividades (generalmente representadas por flechas o arcos) y eventos (a menudo representados por nodos en el comienzo y fin de cada arco) define el proyecto y las relaciones de precedencia de las actividades. Las redes usualmente se dibujan partiendo de la izquierda y siguiendo hacia la derecha. Las cabezas de las flechas ubicadas sobre los arcos se usan para indicar la dirección del flujo, esto es, mostrar las propias precedencias. Antes que un evento pueda ser logrado o realizado, todas las actividades que lo preceden inmediatamente deben haberse completado. Éstas son llamadas sus predecesoras. Entonces, un evento representa un instante en el tiempo, en el cual cada una y todas las actividades predecesoras han sido terminadas. Son simples puntos en la red, condiciones del sistema que pueden ser reconocidas.
- **Camino:** Es el conjunto de actividades conectadas (o eventos intermedios), entre dos eventos cualquiera de la red.
- **Críticas:** Son actividades, eventos o caminos, los cuales, si se demoran, demorarán la terminación del proyecto. El camino crítico de un proyecto se entiende como la secuencia de actividades (y eventos críticos) que conectan el evento de inicio de un proyecto con el evento final.

Para transformar el plan del proyecto en una red se debe conocer qué actividades conforman el proyecto y, para cada una de ellas, cuáles son sus predecesoras y/o sucesoras.

Una actividad puede estar en cualquiera de estas condiciones: a) puede tener una sucesora pero no una predecesora; b) puede tener una predecesora pero no una sucesora; c) puede tener ambas predecesoras y sucesoras. En el primer caso se trata de una actividad que es inicio de la red. En el segundo caso es la última de la red. Y en el tercer caso está en el medio de la red.

Las interconexiones dependen de las relaciones tecnológicas descritas en el plan de acción (planeamiento).

Ya dijimos más arriba que hay dos formas más usuales de confeccionar las redes: indicando las actividades por flechas (*AOA-activities on the arrows*) o indicando las actividades en los nodos (*AON-activities on the nodes*). El uso de una u otra forma es un tema de preferencia personal. Ambos tienen sus adeptos y ventajas.

Desarrollaremos los siguientes ejemplos utilizando el primero de ellos.

Para cada una de las flechas que representan las actividades de la red, debemos hacer tres preguntas, con el objeto de mantener la lógica correcta:

- ¿Qué actividades deben ser completadas antes que la actividad analizada pueda comenzar?
- ¿Qué actividades no se pueden iniciar hasta que esta actividad se complete?
- ¿Qué actividades no tienen relación lógica con esta actividad y pueden, en consecuencia, realizarse al mismo tiempo?

La red que satisface esas preguntas reflejará las relaciones lógicas de todas las actividades. Veamos, con un simple ejemplo, cómo se construye la red, partiendo de un plan de acción.

Tareas	Precedencia	Tiempo (días)
a	—	5
b	—	4
c	a	6
d	b	2
e	b	5
f	c, d	8

Partimos con el nodo 1 como inicio. Las actividades *a* y *b* no tienen predecesoras, y, consecuentemente, partiendo del nodo 1, se representan con dos flechas que terminan en los nodos 2 y 3, respectivamente. Como ya se indicó, la cabeza de la flecha indica el sentido del flujo de la red.

La actividad *c* continúa a la *a*; la *d*, a la *b*; y la actividad *e* también continúa a la *b*. Las agregamos a la red y numeramos los nodos en forma consecutiva de izquierda a derecha, a medida que avanzamos con la confección de la red. Obviamente, no pasa nada si no se usa esta convención, pero la práctica indica que es la más conveniente.

Ahora vemos que la actividad *f* debe continuar cuando se completaron *c* y *d*, pero *cualquier actividad debe tener su origen en un nodo y sólo uno*. Entonces, es claro que las actividades *c* y *d*, que preceden a *f*, deben terminar en el mismo nodo en el que se origina *f*.

El plan de acción de nuestro ejemplo no indica que se requiera otra actividad para terminar el trabajo, por lo que llegamos al final del plan, y la red queda configurada como se puede ver en la Figura 35.

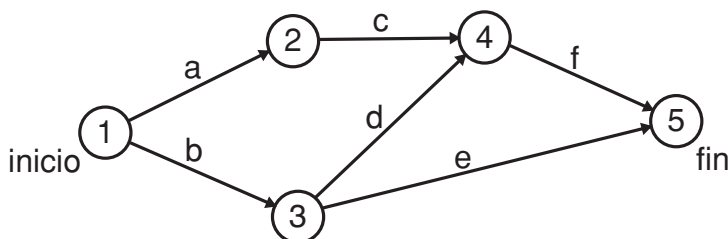


Figura 35. Ejemplo de construcción de una red

Este proceso de dibujar y redibujar la red es laborioso y tedioso. Si la lista de actividades asociadas con el proyecto es larga, con interrelaciones complicadas, esta forma de elaborar las redes puede insumir mucho tiempo. Existen programas de *software* que pueden generar estas redes.

Generalmente, la construcción de una red no es tan lineal, y se requerirá la introducción de tareas “ficticias” para indicar determinadas precedencias. Se indican con una línea de trazos. Las actividades ficticias no tienen duración, ni insumen recursos. Su único propósito y necesidad de utilización es reflejar una relación o restricción tecnológica.

Veamos algunos ejemplos de la necesidad de su utilización.

La Figura 36 muestra el uso correcto de una actividad ficticia si dos actividades distintas ocurren entre los mismos dos eventos. Una actividad se identifica por sus nodos de inicio y terminación, así como por su denominación (su nombre). En la mayoría de los programas de computación que se usan para determinar el camino crítico y el tiempo para las redes se requiere que los nodos identifiquen claramente qué actividad es. En nuestro ejemplo puede aparecer que *a* y *b* sean la misma, ambas partiendo del nodo 1 y terminando en el 2.

La Figuras 37 y 38 muestran el uso de actividades ficticias en ejemplos un poco más complejos.

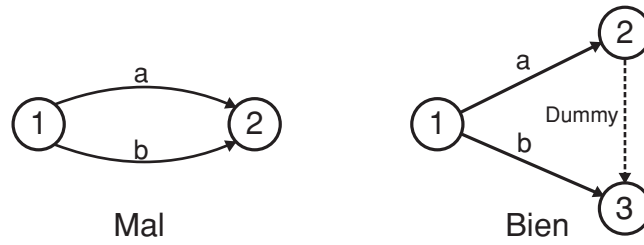
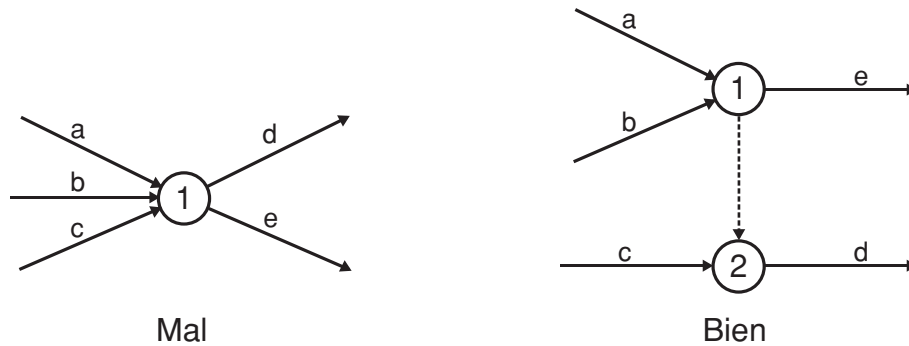


Figura 36. Red con actividades concurrentes



En este caso, la actividad *c* no es necesaria para iniciar la *e*.

Figura 37

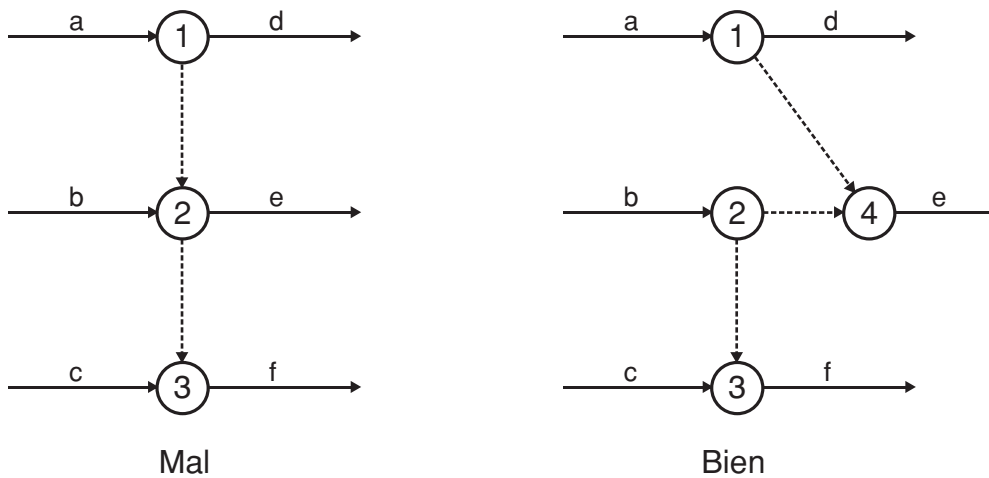


Figura 38

En este caso, *a* precede a *d*; *a* y *b* preceden a *e*; *b* y *c* preceden a *f*, pero *a* no precede a *f*.

Hasta ahora, y con los ejemplos simples que hemos visto, podemos elaborar o construir la red, que, como dijimos, nos muestra la secuencia que siguen las actividades que integran el proyecto; pero lo que en realidad nos interesa como elemento de dirección y control es obtener el cronograma de trabajos, esto es, lo que llamamos el “Programa general de trabajos”, y para ello debemos ir al paso siguiente, que es fijar los tiempos de las actividades y determinar la duración general y final del proyecto.

Antes de resolver algunos ejemplos, debemos aclarar que nos hemos referido a programación por redes indicando que pueden ser CPM o PERT, y existen pequeñas diferencias en ambos métodos, pero metodológicamente son muy similares.

CPM (Critical Path Method) es quizás el que más se usa en la industria de la construcción; en cambio, PERT (Program Evaluation and Review Technique) nació y se usó más en proyectos de investigación y desarrollo.

PERT estuvo orientado estrictamente al elemento tiempo de los proyectos y usa la estimación probabilística de los tiempos de las actividades, que ayuda a determinar la probabilidad en que un proyecto puede terminarse para una fecha dada.

CPM, por el otro lado, usa un tiempo determinado para las actividades del proyecto, y fue pensado para controlar los aspectos tanto de tiempo como de costos del mismo.

Ambas técnicas identifican el “camino crítico” del proyecto, cuyas actividades no pueden ser demoradas, y también aquellas que tienen “margen” y, consecuentemente, podrían ser demoradas sin atrasar el proyecto total.

Tratar de considerar diferencias más sutiles no es el objetivo de este libro, dado que para nuestros fines podemos usar indistintamente la denominación CPM-PERT, y vamos a ver las diferencias en su utilización con dos simples ejemplos.

En primer lugar, veamos un ejemplo utilizando el método CPM, para lo cual usaremos las mismas actividades y duraciones que vimos para el ejemplo del diagrama de barras Gantt.

Siguiendo el método explicado para confeccionar las redes, la red para este caso sería la que se indica en la Figura 39.

Como ejemplo, la actividad *f* está identificada por los nodos 4 y 5.

Se debe estimar el tiempo requerido por cada una de las actividades; esta estimación estará basada en el conocimiento que se tenga del trabajo, la experiencia, los registros de trabajos anteriores y estudios de trabajo. Una vez que se ha estimado la duración de cada una de las actividades, la misma se indica sobre la flecha correspondiente de la red lógica.

Se calcula luego el tiempo más temprano de ocurrencia de cada evento o nodo y se registra en el sector izquierdo de los rectángulos indicados sobre cada uno de ellos. Así se determina el *tiempo más temprano de inicio de cada actividad*.

El cálculo respectivo y su resultado están indicados en la figura anterior. Por ejemplo, el tiempo más temprano para el evento 1 es 0, naturalmente, porque es el origen, el inicio del proyecto. El tiempo más temprano del evento 2 es 0 más 2 = 2; el tiempo más temprano para el evento 3 es 2 más 6 = 8, y así, siguiendo. El punto a tener en cuenta es cuando convergen dos caminos o cadenas de actividades, como sucede en el ejemplo en el evento 4. En estos casos el camino más largo es el que determina el tiempo más temprano posible del evento. Para el evento 4, el camino vía el evento 3 produce un tiempo temprano de 8 más 1 = 9, el cual es mayor que el que se determina siguiendo el

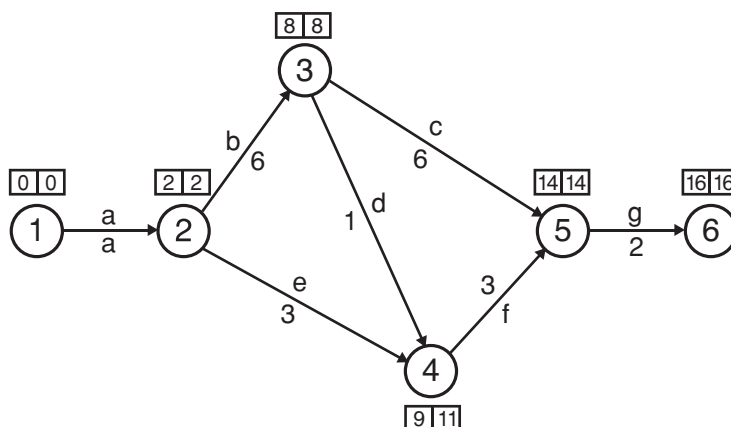


Figura 39. Red de actividades con tiempos

camino desde el evento 2, que produce un tiempo temprano de $2 + 3 = 5$; por lo tanto, 9 es el tiempo más temprano para el evento 4. El cálculo de los tiempos más tempranos de los eventos, hecho como se ha indicado, se denomina “paso hacia adelante”.

El proceso inverso, es decir, el “paso hacia atrás”, permite determinar *el tiempo más tardío para el evento, esto es, el último tiempo posible para que se pueda terminar una actividad, sin demorar la fecha de terminación del proyecto.*

Estos tiempos se calculan y registran en el cuadrado derecho del rectángulo que se ha dibujado sobre cada nodo, y son los indicados en la figura anterior. El tiempo más tardío de terminación del evento 6 se toma como 16 semanas: el correspondiente al evento 5 es $16 - 12 = 4$ y el del evento 4 es $16 - 3 = 13$. El evento 3 tiene dos actividades que salen de él y el tiempo más tardío para este evento se calcula considerando el tiempo más temprano o menor de los tiempos más tardíos. Por ejemplo, un cálculo para el evento 3 desde el evento 4 es $13 - 6 = 7$, y el otro es $13 - 1 = 12$; entonces, el tiempo más tardío para el evento 3 es 7. Si el evento 3 fuera de un tiempo mayor que 7, el tiempo para completar las actividades 3-5 y 5-6 extendería el proyecto por encima de la fecha de terminación de 16 semanas.

Habiendo completado los pasos hacia adelante y hacia atrás, se conocen, pues, los tiempos más tempranos y tardíos de cada evento o nodo, y de esta forma se pueden calcular los *márgenes* de tiempo disponibles para cada una de las actividades. Las actividades críticas son aquellas que no tienen margen y cuyos tiempos más tempranos y más tardíos de los eventos coinciden, y la diferencia de tiempos entre el evento inicio y el de terminación es igual a la duración de la actividad.

Márgenes:

La Figura 40 representa una de las actividades extraídas del ejemplo desarrollado más arriba. Los tiempos indicados están referidos a los de los eventos y tienen los siguientes significados. *El tiempo más temprano de inicio del evento* es el tiempo más temprano en que la actividad puede comenzar. *El tiempo más tardío de terminación del evento* es el último tiempo en que la actividad puede terminar sin demorar la finalización del proyecto. *El tiempo más tardío de inicio del evento* es el tiempo más tardío en que la actividad precedente puede terminar. Por último, *el tiempo más temprano de terminación del evento* es el tiempo más temprano en que la actividad siguiente o sucesora puede comenzar.

Conociendo estos tiempos, se pueden calcular los márgenes totales y libres, como se indica en la Figura.40.

El margen total es la cantidad de tiempo que una actividad podría ser extendida o demorada sin interferir con la fecha final del proyecto. Es el tiempo total disponible para la actividad menos su duración, esto es, el tiempo tardío del evento final menos el tiempo más temprano de inicio, menos la duración de la actividad.

Si el margen total de una actividad es usado o consumido completamente, entonces algo del margen total de la actividad que le sucede también es usado.

El margen libre es la cantidad de tiempo por el cual una actividad podría excederse o demorarse sin interferir con la actividad siguiente o sucesora. Se calcula como el tiempo más temprano de terminación del evento final de la actividad menos el tiempo más temprano del evento inicio, menos la duración de la actividad. El margen libre supone que los tiempos, tanto precedente como sucesivo de la actividad, comienzan lo más temprano posible.

Usando el ejemplo, el margen total de la actividad 2 - 4 es $11 - 2 - 3 = 6$ y el libre es $9 - 2 - 3 = 4$.

La diferencia entre los márgenes total y libre es considerada a veces como *margen de interferencia*. Este margen es muy raramente usado en los cálculos.

Asignación de recursos:

Para la estimación de la duración de las actividades, se deben tener en cuenta los recursos requeridos por las mismas, los cuales pueden ser indicados en correspondencia con cada flecha de la red. Por ejemplo, una actividad con un contenido de trabajo de 20 carpinteros-días requiere 2 carpinteros durante 10 días. El primero y más extendido uso de asignación de recursos es el que ya se indi-

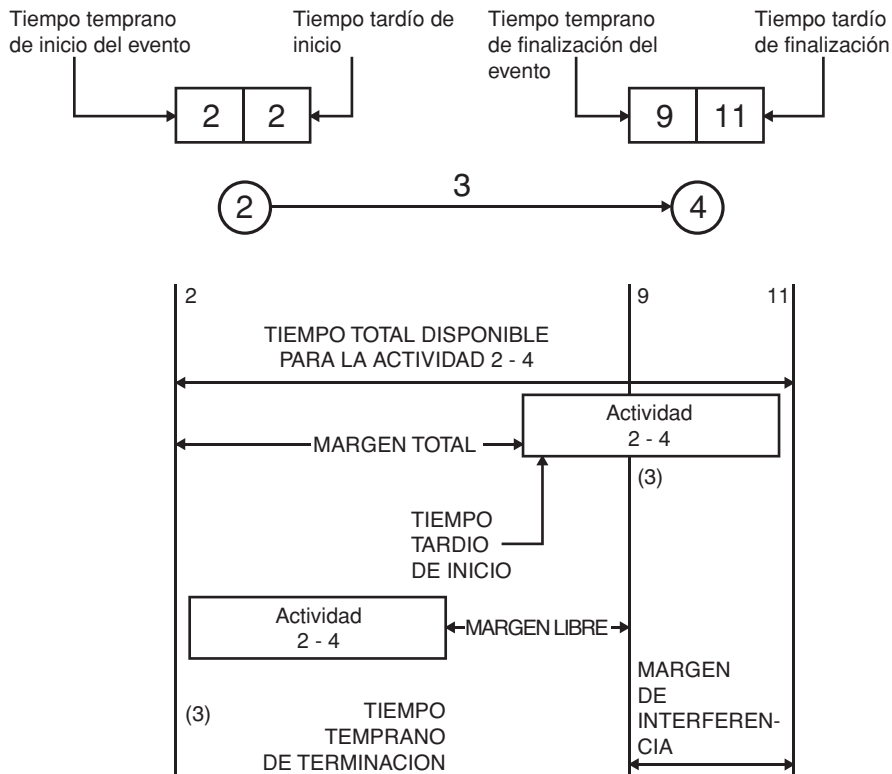


Figura 40. Cálculo de margen

có en la Figura 33, de agregado de recursos para la mano de obra. En la mayoría de los casos no se justifica un enfoque más elaborado. Este gráfico es útil para la asignación del contenido de trabajo, para estimaciones, y puede ser usado conjuntamente con el diagrama de barras vinculado, ya visto. Una apreciación visual del margen disponible entre actividades (indicado con las líneas cortadas) permite una mejor distribución de los picos de demanda del recurso. En la mayoría de las situaciones, este manejo de recursos es suficiente.

Más allá del uso del agregado de recursos, existen dos enfoques para su asignación. Ellos son: cuando el tiempo es limitado, por ejemplo, el proyecto tiene que ser terminado en una fecha específica; y cuando los recursos disponibles son limitados, aunque ello signifique que se extenderá la fecha de terminación.

Veamos primero el caso en que *el tiempo es limitado* y cómo se consideran los recursos.

El cronograma brinda el tiempo mínimo posible para completar el proyecto. Si este tiempo es considerado como el límite, los ajustes en los tiempos de cualquier actividad que puedan afectar los requerimientos de recursos deben ser encarados dentro de los márgenes disponibles. Los pasos a seguir en la asignación de recursos para el caso de la situación de tiempo limitado son:

- Preparar una lista de actividades ordenadas según sus fechas más tempranas de inicio.
- Producir un gráfico de agregado de recursos como se indica en la Figura 41a, basado en esa lista ordenada de inicio más temprano de las actividades. Esto muestra los recursos necesarios, presuponiendo que todas las actividades se inician tan pronto como es posible.
- Preparar una lista de actividades ordenadas según las fechas más tardías de inicio (recorde-mos que la fecha más tardía de inicio de una actividad es la fecha más tardía de terminación menos su duración).

- Producir un gráfico con el agregado de recursos, como se indica en la Figura 41b, basado en esta lista de actividades. Éstos son los recursos que se requieren cuando todas las actividades comienzan tan tarde como es posible.
- Comparando los dos gráficos, se muestran los dos extremos de requerimiento de recursos, es decir, cuando todas las actividades se inician tan temprano o tan tarde como es posible. Entre ellos se puede buscar una solución de compromiso aceptable, manejando las actividades entre esos dos extremos.

Veamos ahora qué pasa cuando *los recursos son limitados*. La elaboración del gráfico es similar, excepto que si la demanda total de recursos excede el límite especificado, entonces hay que demorar la actividad.

Para obtener resultados razonables y que se asignen los recursos a las primeras actividades, las actividades deben ser ordenadas de acuerdo con un sistema de prioridades o según alguna regla de decisión, esto es, que las actividades se ordenen según un *ranking* por el cual sus demandas de recursos se suman a los gráficos de agregado de los mismos. Cada actividad tiene su adecuada prioridad en la cola por los recursos. Es posible que no todas las actividades puedan disponer de los recursos que requieren según la fecha más temprana. En consecuencia, algunas actividades se demorarán hasta que los recursos estén disponibles. El ordenamiento según una prioridad o regla de decisión asegura que las actividades que tienen mayor prioridad serán abastecidas antes. Aquellas con baja prioridad serán demoradas.

Una de las formas más comunes de ordenamiento para fijar las prioridades es la de “tiempo temprano de inicio”. Para actividades que tienen tiempos tempranos de inicio iguales, se necesita una segunda forma de clasificación, y ésta podría ser ordenarlas según el margen total.

En la Figura 41a ya se determinaron las actividades según sus fechas tempranas de inicio como primera prioridad, y en segundo lugar, según sus márgenes totales de menor a mayor. Con este *ranking* se ha representado el gráfico de la Fig. 42. En el mismo se puede apreciar que la actividad 2-4

Actividades comienzo temprano

Actividad	Comienzo Temprano	Margen Total	Duración	Recursos (obreros)
1 - 2	0	0	2	2
2 - 3	2	0	6	4
2 - 4	2	6	3	3
3 - 5	8	0	6	3
3 - 4	8	2	1	1
4 - 5	9	2	3	3
5 - 6	14	0	2	2

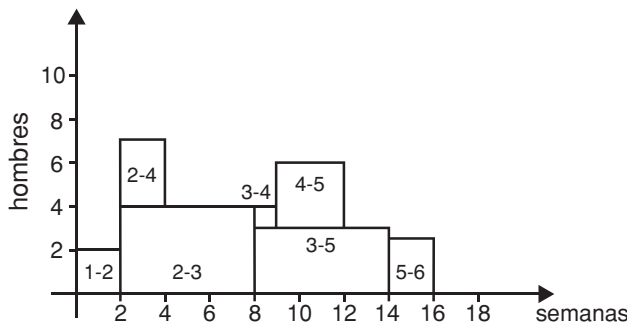


Figura 41 a

Actividad	Comienzo Temprano	Margen Total	Duración
1 - 2	0	0	2
2 - 3	2	0	6
3 - 5	2	0	6
2 - 4	8	6	3
3 - 4	10	2	1
4 - 5	11	2	3
5 - 6	14	0	2

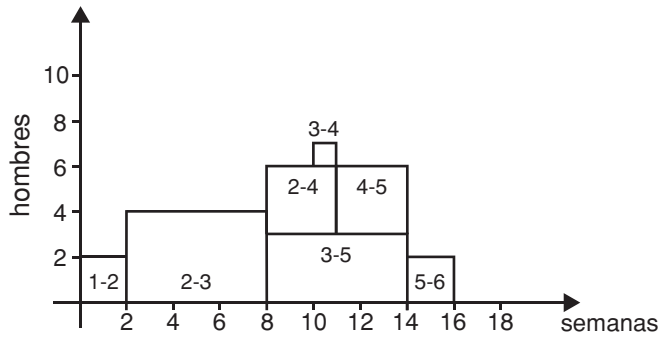
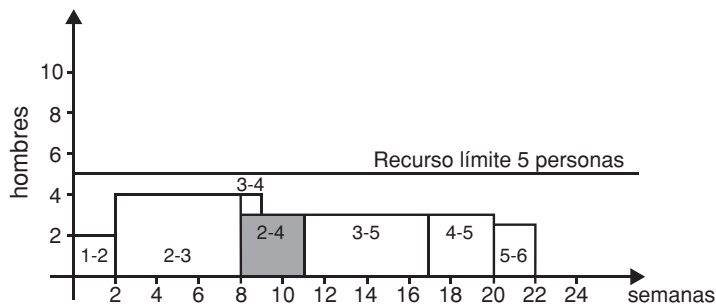


Figura 41 b

Actividad	Fecha Prog. de Inicio
1 - 2	0
2 - 3	2
2 - 4	8
3 - 5	11
3 - 4	8
4 - 5	17
5 - 6	20



Esta sería la 1ª en exceder los recursos

Figura 42

Actividad	Inicio Temprano	Duración	Recurso	Tipo de recurso	Tiempo programado de inicio
1 - 2	0	2	2	C	0
2 - 3	2	6	4	L	2
2 - 4	2	3	3	L	8
3 - 5	8	6	3	L	11
3 - 4	8	1	1	C	8
4 - 5	9	3	3	C	11
5 - 6	14	2	2	C	17

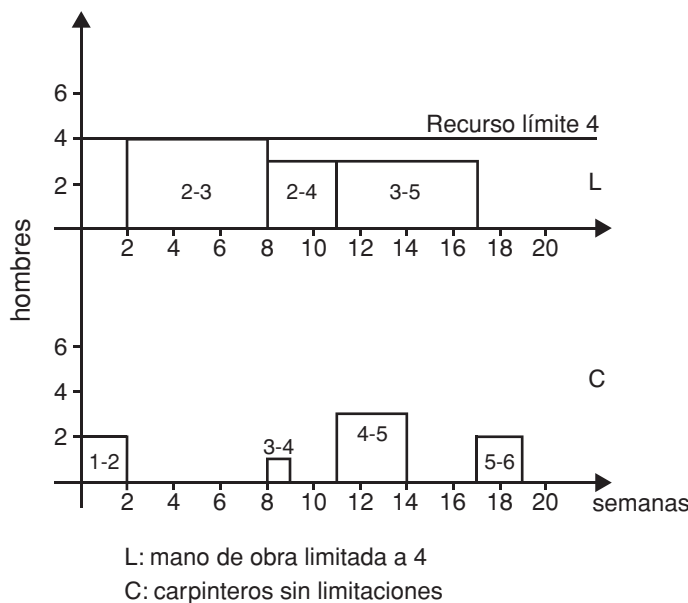


Figura 43. Asignación para dos tipos de recursos

es la primera en exceder el límite impuesto de recursos y, consecuentemente, se demora su inicio de la semana 2 a la 8. Cuando se han asignado los recursos para todas las actividades, como se indica en el gráfico, se puede extraer el listado de las nuevas fechas de inicio de las mismas.

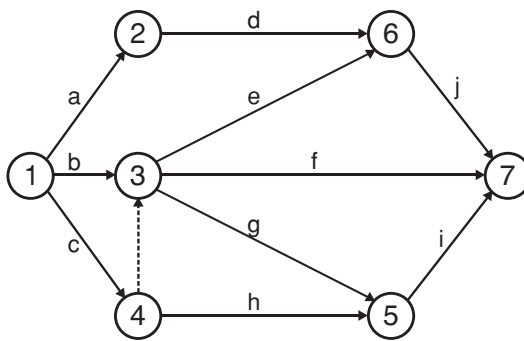
En la Figura 43 se muestran ejemplos similares, pero para dos tipos de recursos; y a los fines del ejemplo, se consideró, para fijar las prioridades, la mayor prioridad para la fecha temprana de inicio, y como menor, la mayor duración.

La elección de las prioridades en las clasificaciones es una decisión del profesional y dependerá de cada caso en particular. Naturalmente, según el criterio que se siga, el gráfico de carga de recursos será distinto.

Ahora desarrollaremos otro ejemplo utilizando los tiempos según la metodología PERT, que además nos permitirá hacer un análisis de incertidumbre sobre la fecha de terminación del proyecto.

Supongamos que estamos en presencia de un proyecto que hemos descompuesto en 10 actividades según el EDT o WBS ya analizados. Preparamos una tabla como se muestra en la Figura 44, indicando las precedencias de cada una de ellas y los tiempos optimistas, más probables y pesimistas

Actividad	Tiempo optimista	Tiempo probable	Tiempo pesimista	Actividades inmediatas anteriores
a	10	22	22	---
b	20	20	20	---
c	4	10	16	---
d	2	14	32	a
e	8	8	20	b,c
f	8	14	20	b,c
g	4	4	4	b,c
h	2	12	16	c
i	6	16	38	g,h
j	2	8	14	d,e



Actividad	Tiempo esperado TE	Varianza σ^2	Desviación estándar, σ
a	20	4	2
b	20	0	0
c	10	4	2
d	15	25	5
e	10	4	2
f	14	4	2
g	4	0	0
h	11	5.4	2.32
i	18	28.4	5.33
j	8	4	2

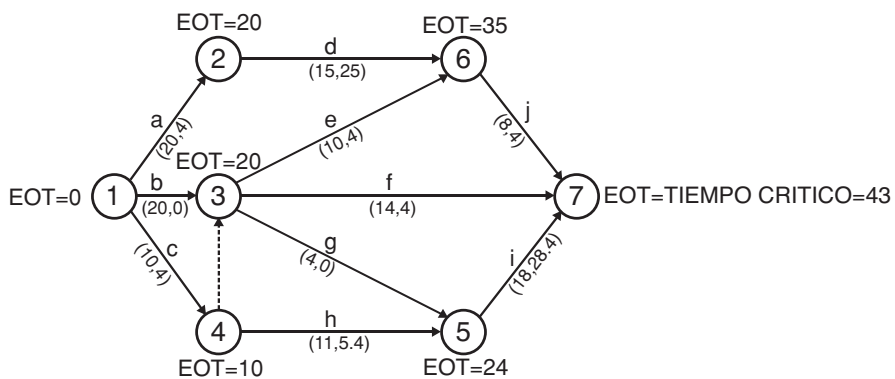


Figura 44. Resolución según PERT

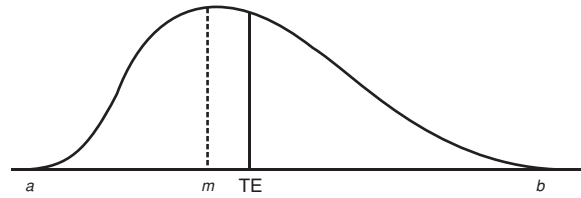


Figura 45. Distribución de todos los tiempos posibles para una actividad

pensados para cada una de ellas. Luego, dibujamos la red correspondiente, como se muestra en la misma figura.

Considerar tres tiempos posibles para cada una de las actividades es una forma de tener en cuenta el *riesgo* asociado con cada una de las actividades.

Este concepto es muy útil para otras áreas de la dirección, como el uso de recursos, o para la determinación de costos.

Hagamos una pequeña digresión para entender qué queremos decir cuando hablamos de tiempos optimistas, pesimistas y más probables.

Pensemos que todos los tiempos posibles para una actividad específica pudieran ser representados por la distribución estadística indicada en la Figura 45, que responde a una distribución asimétrica.

El tiempo más probable, *m*, para la actividad es la moda de esa distribución. En teoría, los tiempos optimistas y pesimistas se seleccionan pensando que el tiempo requerido para la actividad será *a* o mayor al 99% del tiempo. De la misma forma, *b* se estima en forma tal que la duración de la actividad sea el 99% del tiempo *b* o menor.

En consecuencia, el tiempo estimado TE, es:

$$TE = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

Donde

a = tiempo optimista estimado

b = tiempo pesimista estimado

m = tiempo más probable estimado, la moda.

Esta fórmula está basada en la distribución estadística Beta.

TE es una estimación de la media de la distribución. Es un promedio ponderado de *a*, *m* y *b*, con una ponderación de 1-4-1, respectivamente.

Insistimos en que este método puede ser aplicado para determinar el nivel esperado de uso de recursos, dada una estimación apropiada del nivel modal de recursos, así como la estimación optimista y pesimista.

Estos valores de TE, para el ejercicio propuesto, se incluyen en la tabla adjunta también en la Figura 44, donde, además, se agregan valores que miden la incertidumbre para la duración de cada una de las actividades: la variancia y la desviación estándar.

Esto es:

Variancia: $\sigma^2 = [(b - a) / 6]^2$

Y la desviación estándar es igual a la raíz cuadrada de la variancia: $\sigma = (b - a) / 6$

Analicemos también para este ejercicio cómo se determina el camino crítico. Para ello, asumamos que los tiempos están en días laborables. ¿Cuánto tiempo demandará terminar el proyecto?

Debajo de cada una de las flechas representativas de las actividades, indicamos, entre paréntesis, los TE y las variancias calculadas para cada una de ellas (Fig. 44).

Como ya se explicó, se pueden iniciar simultáneamente las actividades a , b y c , dado que no tienen precedentes, y llegaremos al nodo 2 en 20 días, al 3 en 20 días y al 4 en 10 días, que son los tiempos más tempranos de ocurrencia para los nodos respectivos (EOT), o tiempos más tempranos de terminación (EFT), porque ellos representan los tiempos más tempranos en que los nodos suceden. La actividad d , por ejemplo, no puede empezar antes de que haya ocurrido el nodo 2, lo que significa que todas las actividades que preceden al nodo 2 deben ser terminadas. En este caso, la actividad a es la única que lo precede.

Para el nodo 3, no sólo se requiere la terminación de la actividad b , sino que también debe terminarse la actividad c , reflejado por la actividad ficticia indicada. Como se ha ya indicado la actividad ficticia no insume ni tiempos ni recursos, razón por la cual no afecta el tiempo de la red de ninguna forma. El nodo 3 no ocurre hasta que todos los caminos que conducen a él han sido terminados o completados. Entonces el EOT para el nodo 3 es igual al tiempo del camino más largo que llega a él. El camino para el nodo 3 requiere la terminación de la actividad b (20 días), y la terminación de la actividad c y la ficticia (10 + 0 días). Dado que los dos caminos pueden seguirse simultáneamente, se llegará al nodo 3 en 20 días. En consecuencia, el tiempo más temprano (EST) para cualquier actividad que salga del evento 3 es 20 días. Razonando en forma similar, se determinan todos los EOT para los distintos nodos, tal como se los ha reflejado en la figura de la red.

De este análisis, se puede apreciar que existen ocho caminos posibles de actividades, para llegar al nodo final 7. Ellos son:

$$\begin{aligned} a-d-j &= 20 + 15 + 8 = 43 \text{ días} \\ b-e-j &= 20 + 10 + 8 = 38 \text{ días} \\ b-f &= 20 + 14 = 34 \text{ días} \\ b-g-i &= 20 + 4 + 18 = 42 \text{ días} \\ c-h-i &= 10 + 11 + 18 = 39 \text{ días} \\ c-ficticia-e-j &= 10 + 0 + 10 + 8 = 28 \text{ días} \\ c-ficticia-f &= 10 + 0 + 14 = 24 \text{ días} \\ c-ficticia-g-i &= 10 + 0 + 4 + 18 = 32 \text{ días} \end{aligned}$$

El camino más largo de todos ellos es el a-d-j, que requiere 43 días; *es el camino crítico*.

En un ejemplo tan simple como el desarrollado, es fácil encontrar y evaluar cada uno de los caminos de la red que van desde el nodo inicio hasta el final. Pero en la realidad, las redes son mucho más complejas y este camino no es viable. Sigamos, pues, la metodología ya vista.

Cada nodo está caracterizado por el hecho de que una o más actividades van a él. Cada una de esas actividades tiene una duración estimada y se origina en un nodo más temprano. Así como hemos procedido a calcular los EOT de cada uno de los nodos, comenzando por el inicio, ya hemos encontrado el camino crítico y el tiempo de cada uno de los nodos de la red. Por ejemplo el nodo 5 tiene un EOT de 24 días y su camino crítico es b-J, en lugar del c-h, que requiere 21 días, o el c-ficticia-g, que requiere 14 días.

El número de actividades que llegan directamente a un nodo nos está indicando el número de caminos que deberíamos evaluar para encontrar el EOT de cada nodo. Como ya vimos cuando analizamos algunas definiciones, aquí el camino se entiende como el originado por el nodo precedente, no desde el origen. Para el nodo 5, así, determinamos el EOT y los tiempos de las actividades para las dos predecesoras inmediatas. Para el nodo 7, tenemos que hacer 3 evaluaciones: el EOT del nodo 6 más la duración de la actividad j (43 días), el EOT del nodo 3 más la duración de f (34 días) y el EOT del nodo 5 más la duración de i (42 días).

Entonces, no es necesario encontrar, listar y evaluar todos los caminos posibles de inicio-terminación de la red.

Es necesario aclarar en este punto que, para programar las tareas, hemos usado el enfoque “tan pronto como sea posible” (comienzo temprano), pero existen otras situaciones donde se puede seguir el esquema de “comienzo simultáneo”, donde todos los recursos son destinados al principio. Otro enfoque puede ser “terminación simultánea”, donde una facilidad puede moverse hacia su próxima ubicación una vez que todas las tareas han sido completadas. Por supuesto, una demora temprana en el proyecto lleva el riesgo de demorar todo el proyecto si alguna de las otras actividades inadvertidamente también se demora. Una razón importante para usar el enfoque “tan tarde como sea posible” es que se demora el uso de los recursos tanto como se pueda, optimizando en consecuencia el flujo de fondos de la obra, pero de nuevo con un cierto riesgo de demora.

Márgenes:

Hasta ahora nos hemos concentrado en los nodos de la red. Hemos determinado todos los EOT para los jalones del proyecto u obra, es decir, todos los eventos identificables. Ahora es importante y útil analizar las actividades, determinar sus tiempos más tempranos de inicio (EST) y los más tardíos de inicio posibles (LST). Como ya vimos, los EST para una actividad son iguales a los EOT de los nodos de los cuales surgen esas actividades. En nuestro ejemplo, la actividad i no puede comenzar antes de que se haya cumplido el nodo 5, el cual tiene un EOT de 24 días, por lo que la actividad i tiene un EST de 24 días. Una pregunta importante y útil para el director es: ¿cuál es la fecha más tardía (LST) que puede empezar la actividad i , sin que la obra se demore?

Refiriéndonos de nuevo al ejemplo indicado, el mismo tiene un tiempo crítico de 43 días.

La actividad i tiene una duración de 18 días. Consecuentemente, la misma no debe comenzar más allá del día 25 ($43 - 18 = 25$), si se pretende que la obra se termine el día 43. Dado que i no puede empezar hasta que el nodo 5 se haya cumplido, la última fecha de ocurrencia (LOT) para el nodo 5 es también 25. La diferencia entre el LST y el EST se llama *margen de la actividad* i . En este caso, la actividad i no puede empezar más tarde que el día 25, pero podría empezar tan temprano como el día 24; por lo tanto, el margen para ella es 1 día. Es obvio, pues, que todas las actividades que conforman el camino crítico tienen margen 0. No pueden demorarse sin atrasar toda la obra o proyecto.

Veamos otro caso: qué pasa con la actividad f . Su EST es 20, que es igual al EOT del nodo 3, en el cual nace. El LST para la actividad f es: $43 - 14 = 29$. Si f comienza más tarde que el día 29, demorará todo el proyecto. El margen de ella es $LST - EST = 29 - 20 = 9$ días.

Para determinar el margen de cualquier actividad o los LOT de cualquier evento, se procede al análisis del “paso para atrás”, de derecha a izquierda, a través de toda la red, como ya hemos efectuado el análisis hacia adelante para encontrar el camino crítico y los tiempos de todos los nodos (EOT), los cuales son también los EST para las actividades que les suceden. Se debe seguir una única convención: *cuando hay dos o más actividades no críticas en el camino, se calcula el margen para cada una de ellas como si fuera la única actividad del camino*. Es decir, cuando determinamos, por ejemplo, el margen para la actividad i , asumimos que ninguna de las actividades predecesoras está demorada y el evento 5 ocurre según su EOT de 24 días.

De esta forma, es fácil calcular los márgenes para las actividades que son predecesoras inmediatas del nodo final. En cuanto nos dirigimos a las actividades más tempranas es un poco más complejo. Consideremos la actividad g . Recordemos nuestro supuesto que las otras actividades en el mismo camino no han usado ninguno de sus márgenes. Vemos que la actividad i sigue a la g y la g surge del nodo 3. Partiendo del tiempo crítico de la red de 43 días, se restan 18 días para la actividad i y 4 más para la g ($43 - 18 - 4 = 21$). Por lo tanto, la actividad g puede empezar no más tarde que el día 21, sin demorar la red.

El EST para g , que es el EOT del nodo 3, es el día 20, por lo cual tiene un solo día de margen.

Para encontrar el LOT del nodo 3, debemos investigar cada uno de los caminos que salen de él. Ya hemos visto dos caminos, uno con la actividad g y otro con la f . Tengamos en cuenta que f podría empezar tan tarde como el día 29. Para que no se produzca una demora en la red, el evento 3 debería completarse no más tarde que el día 29. Pero la actividad g debe comenzar no más tarde que el día 21, por lo cual el evento 3 debe ser cumplido el día 21, dado que, si no, el camino $g-i$ provocaría una demora.

Consideremos ahora la actividad e , que es la única actividad faltante que comienza en el nodo 3. La misma debe ser completada el día 35 o el evento 6 se atrasará y así toda la red.

Tengamos en cuenta que no es necesario hacer el trabajo hacia atrás desde el nodo final, para encontrar el margen de cualquier actividad que termina en un nodo del camino crítico. Todos los nodos y actividades sobre el camino crítico tienen margen 0; por lo tanto, cualquier actividad que termina sobre ese camino debe llegar al nodo 6 no más tarde que el día 35. El LST para la e es $35 - 10 = 25$, y su EST es el día 20, por lo cual la actividad e tiene 5 días de margen.

Vemos ahora que el LOT del nodo 3 es el día 21, el más temprano de los tiempos requeridos (el más restrictivo), para que ninguna actividad que salga del nodo 3 pueda atrasar la red.

La tabla de la Figura 46 muestra los LST, EST y los márgenes para todas las actividades, así como los LOT, EOT y márgenes de los nodos.

En algunas circunstancias, el director se ve necesitado de negociar una fecha aceptable para la terminación de la obra, que permita cierto margen para la red total. Para nuestro ejemplo, supongamos que esa fecha es 50 días y, por lo tanto, el proyecto tendrá un margen de 7 días.

Incertidumbre en la fecha de terminación de la obra:

Es frecuente que una vez resuelto el programa, nos preguntemos o el comitente nos pregunte: ¿qué probabilidad existe de completar la obra en la fecha final fijada por programa?; o que se quiera fijar la fecha final con un nivel predeterminado de riesgo.

Evento	LOT	EOT	Margen
1	0	0	0
2	20	20	0
3	21	20	1
4	14	10	4
5	25	24	1
6	35	35	0
7	43	43	0

Actividad	LST	EST	Margen
a	0	0	0
b	1	0	1
c	4	0	4
d	20	20	0
e	25	20	5
f	29	20	9
g	21	20	1
h	14	10	4
i	25	24	1
j	35	35	0

Figura 46. Tiempos y márgenes para la red de la Figura 44

Para ello, es muy útil haber determinado las variancias y desviaciones estándar para cada actividad, cuyos valores están reflejados en la tabla de la Figura 44 y la respuesta a los interrogantes planteados no es difícil.

Asumimos que las actividades, estadísticamente, son independientes entre sí; por lo tanto, la variancia de un conjunto de actividades es igual a la suma de las variancias de las actividades en forma individual, que componen el conjunto. Es conocido en estadística que la variancia, por ejemplo, de una población mide la dispersión de esa población, y es igual al cuadrado de la desviación estándar de la población. La variancia que nos interesa a nosotros es la que corresponde a las de las actividades que configuran el camino crítico.

En nuestro ejemplo, esas actividades son las *a-d-j*, y las variancias de las mismas, ya calculadas, son 4, 25 y 4, respectivamente. La variancia del camino crítico es, en consecuencia, la suma de ellas: 33 días. Supongamos que hemos prometido terminar la obra en 50 días. ¿Cuáles son las probabilidades de llegar a esta fecha límite? Para ello se usa la siguiente fórmula, que permite calcular *Z*.

$$Z = \frac{(D - m)}{\sqrt{\sigma m^2}}$$

donde:

D = fecha deseada de terminación.

m = el tiempo crítico de la obra: la suma de todos los tiempos estimados (TE) de las actividades del camino crítico.

σm^2 = la variancia del camino crítico: la suma de las variancias de las correspondientes actividades.

Z = el número de la desviación estándar para una distribución normal (desviación normal estándar).

Con el valor de *Z* calculado según esa fórmula, se puede determinar la probabilidad de cumplir con la obra en el tiempo indicado.

Usando los valores que conocemos según nuestro ejemplo, sería:

D = 50 días.

m = 43 días.

σm^2 = 33, cuya raíz cuadrada es 5,745.

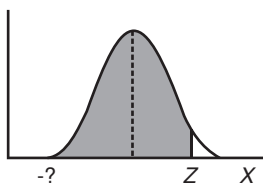
Por lo tanto,

$Z = (50 - 43) / 5,745 = 1,22$ desviaciones estándar.

Usando la tabla adjunta (Fig. 47), que muestra las probabilidades en función de distintos niveles de *Z*, para nuestro caso, la probabilidad es de 0,888, y completaremos el camino crítico a los 50 días de haber comenzado la obra.

Podríamos habernos preguntado también: ¿cuál será la fecha final, con una probabilidad del 95%? En este caso, el camino a seguir es el inverso; se calcula con la tabla el valor de *Z* correspondiente, que para este caso es = 1,645, y se despeja *D* de la fórmula. Aplicando los valores conocidos:

$D = m + 5,745 \cdot 1,645 = 52,45$ días.



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8454	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8880
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9932	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Figura 47. Probabilidades según la distribución normal

Notemos que en cuanto D se acerca a m, Z tiende a 0, por lo cual la probabilidad de cumplimiento es del 50%.

Por lo visto, es muy importante, cuando se elabora el cronograma, prever cierto tiempo adicional por contingencias (margen de la red).

El análisis visto para determinar las probabilidades puede hacerse para los otros caminos de la red que nos interesen.

A continuación, y para completar el ejercicio, veamos cómo quedaría la red si hubiéramos usado el mecanismo de reflejar las actividades en los nodos (diagramas de precedencia) (Fig. 48) y, a continuación, el correspondiente diagrama de Gantt (Fig. 49).

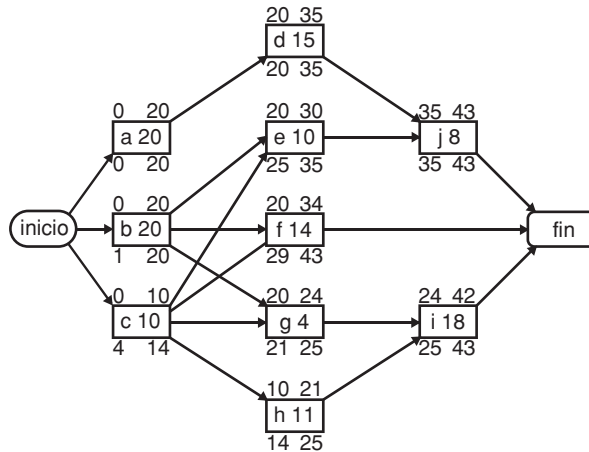


Figura 48. Actividades en los nodos
Diagrama de precedencias

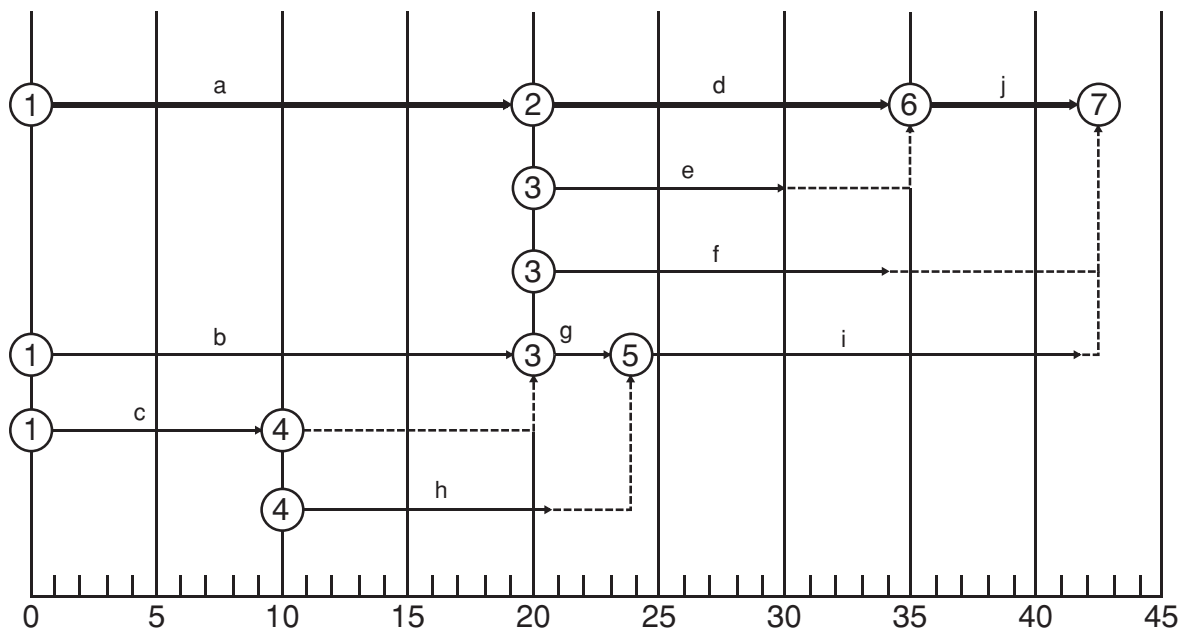


Figura 49. Diagrama de Gantt

4.1.1.3. Programación rítmica

Ya dijimos en la introducción de este capítulo que existen métodos de programación más adecuados que otros, para utilizar según la obra de que se trate. Cuando vimos el tema de producción en serie, también acotamos que era importante su análisis precisamente para ser tenido en cuenta cuando se está en presencia de proyectos seriados o repetitivos.

En estos casos, la programación rítmica es una herramienta más simple de usar y más eficiente que la programación por redes ya vista.

Se entiende por programación rítmica el sistema por el cual todas las operaciones o actividades que intervienen en la construcción de elementos repetitivos se realizan de acuerdo con un tiempo común llamado “ritmo”. También se lo conoce como “repetición de ciclos”.

Este tiempo de ritmo equivale a un común denominador de los tiempos de ejecución de las diversas operaciones necesarias para completar la construcción de un elemento repetitivo, que, por ejemplo, se presenta si estamos construyendo un barrio de un número determinado de viviendas iguales, o en caso de proyectos lineales, cuando se dividen en pequeñas secciones, en forma tal de transformarse en proyectos seriados.

La base está en reconocer las operaciones “clave”. En todo trabajo con un conjunto de actividades siempre hay una que fija el tiempo de terminación. Asimismo, en cada etapa en que se divide la obra (estructura, mampostería, techos, etc.), una operación gobierna el tiempo de construcción y determinará el número óptimo de la composición de la cuadrilla, para ella.

El motivo de llevar todas las operaciones a un tiempo común es eliminar los tiempos muertos que se producen en las operaciones de menor duración, haciendo, de este modo, críticas a todas las operaciones y logrando, así, un proceso continuo de producción en serie, similar a los procesos típicos de la industria manufacturera, tal como ya se vio.

Es por ello que a las viviendas que se producen según este método de programación se las denomina viviendas industrializadas, que no tienen nada que ver con el concepto de viviendas prefabricadas, con que a menudo se confunden.

Cabe hacer notar que para aplicar con éxito esta metodología a la construcción de viviendas, se deben diseñar en forma racional, no ambigua ni complicada, y el número debe ser suficientemente significativo como para aprovechar las ventajas de esta programación (recordemos que, cuando hicimos referencia a la producción en serie, decíamos que la misma responde a algunos principios básicos y el cumplimiento de ciertos requisitos, como cantidad, equilibrio y continuidad).

A los fines de analizar algunos conceptos, consideremos la construcción de 10 elementos, cada uno de los cuales consta de 6 actividades, tardando cada una de ellas 1 día. Llamamos a las actividades A, B, C, D, E, F y enumeramos a los elementos del 1 al 10.

Si representamos esto en un diagrama de barras, tendremos la siguiente figura (Fig. 50):

Como se puede apreciar, la programación rítmica toma la forma de un paralelogramo en el cual el lado a dependerá del número de las actividades u operaciones (O), y del ritmo (R); el lado b , del número de elementos repetitivos (N) y el ángulo α , del ritmo.

El tiempo total (T_t) de ejecución de los N elementos está representado en la figura por el segmento MP , compuesto, a su vez, por dos términos: T_1 y T_{N-1} .

$$T_t = T_1 + T_{N-1}$$

T_1 corresponde al tiempo de ejecución del primer elemento y equivale al número de operaciones multiplicado por el tiempo del ritmo.

$$T_1 = R \times O$$

T_{N-1} es el tiempo de ejecución de los $N-1$ elementos restantes y equivale al número de ellos multiplicado por el tiempo del ritmo.

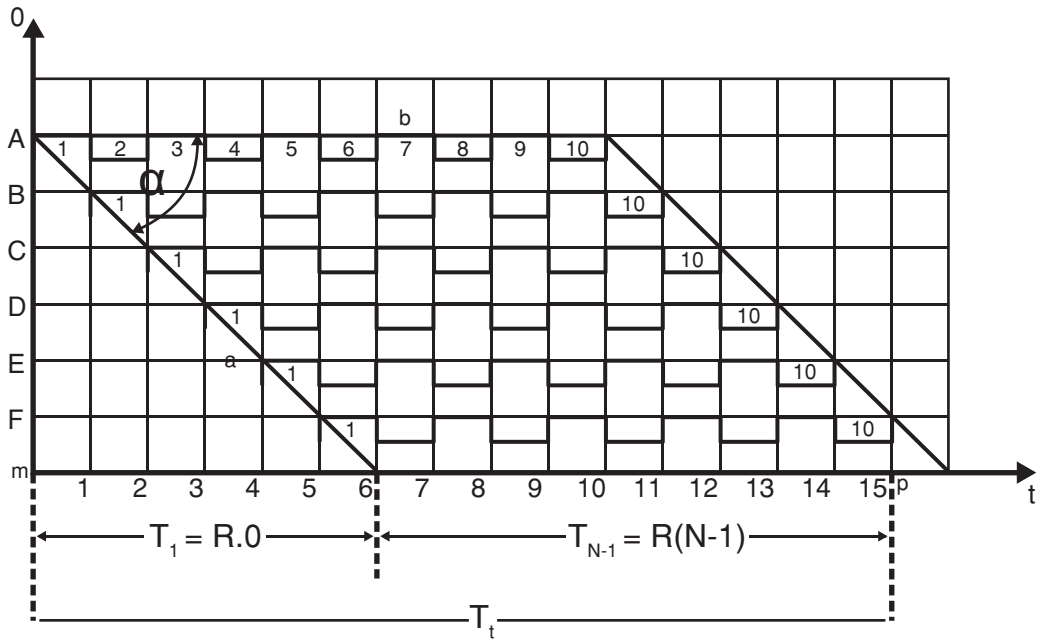


Figura 50

$$T_{N-1} = R (N-1)$$

En consecuencia, el tiempo total es:

$$T_t = R \cdot O + R (N-1) \text{ o } T_t = R (O+N-1)$$

Para nuestro ejemplo,

$$N = 10, O = 6; R = 1; T_1 = 1 \cdot 6 = 6 \text{ días y } T_t = 1 (6+10 - 1) = 15 \text{ días.}$$

En el caso de construirse más de un elemento en el tiempo fijado para el ritmo, es necesario emplear un nuevo término (K), que será el número de elementos que se construyen por ritmo o bien la producción en el ritmo, que también se denomina “unidad de trabajo”.

En este caso, la fórmula sería:

$$T_t = R (O+N/K-1)$$

Ésta es la expresión general para el tiempo de ejecución de N elementos con O operaciones cada uno, construidos a razón de K elementos en el tiempo de ritmo R.

En el T_t , tratándose de viviendas, si el plazo está prefijado, naturalmente el determinado por la fórmula debe ser menor.

T_1 es el tiempo que se demora en construir la primera vivienda, que se determina fácilmente con un simple diagrama de Gantt o la construcción de una red, pero es básico que todas las actividades respondan al tiempo de ritmo escogido.

En el caso de viviendas, y dada la naturaleza de las actividades, los tiempos de ritmo empleados más frecuentemente son uno o dos días, dependiendo del diseño y los recursos empleados. Es una expresión clara de la velocidad con que se encarará la construcción, dado que $v = e/t$ (velocidad = espacio/tiempo).

Programación rítmica

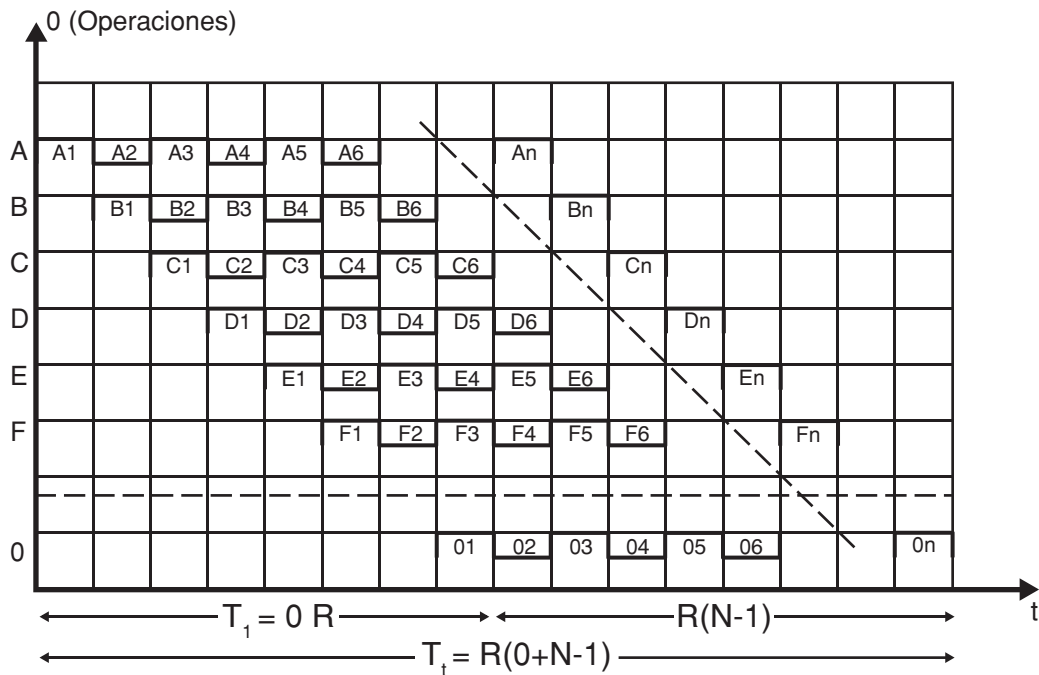


Figura 51

Por razones prácticas, es conveniente no usar ritmos fraccionarios, dado que se complica el programa, al generarse la necesidad de tener que comenzar operaciones a horas distintas de las de entrada a la obra, y de interrumpirlas al final de la jornada sin haberlas concluido.

Es interesante hacer notar que O corresponde al número de operaciones críticas no simultáneas, previamente llevadas al tiempo del ritmo, que configuran la construcción de un elemento.

En caso de haber actividades u operaciones que requieran más de un ritmo (múltiplos del ritmo), se emplearán cuadrillas adicionales en un número equivalente al múltiplo del ritmo.

Estas cuadrillas adicionales se consideran como “nuevas actividades”, a los efectos de la fórmula, lo cual nos permite reformular la definición de O como el número de operaciones críticas más el número de cuadrillas adicionales.

La relación de K y R (casas/día) nos indica la velocidad de construcción de la obra.

$$T_t = R \left(0 + \frac{N}{K} - 1 \right)$$

Esta expresión nos muestra que la velocidad necesaria para construir un barrio de viviendas es directamente proporcional al número de viviendas y al número de actividades u operaciones por casa, e inversamente proporcional al plazo de ejecución fijado para la obra.

En la Figura 51 se representa la forma que adquiere este tipo de programación, donde se puede observar la continuidad de las actividades y la ausencia de tiempos muertos.

Si se hiciera la red de precedencias, como ya se vio, se podría observar claramente que todas las actividades son críticas, dado que se parte del principio de que todas las actividades se desarrollan a la misma velocidad; y si ello no sucediera, se producirían interferencias o “colapsos” entre las mismas, demorando el plazo final.

Puede suceder que existan operaciones paralelas a las de mayor importancia o críticas (en los diagramas por redes serían equivalentes a las que tienen margen); en este caso no inciden en el término O de la fórmula, ya que se realizan simultáneamente con las críticas, no ocupando, así, el tiempo del ritmo.

Una vez fijado o determinado el ritmo, es necesario hacer una reasignación de recursos, quitándoselos a las actividades cuya duración sea menor al ritmo y asignándolos a las de duración mayor al ritmo. Este procedimiento no siempre es fácil de ejecutar.

En el caso de actividades u operaciones que necesariamente tardan menos de un ritmo, y que por su naturaleza ocupan cuadrillas mínimas indivisibles (un oficial con un ayudante), obviamente es imposible quitarle recursos. En estos casos se procede, en lo posible, a combinar este tipo de actividades entre sí con el objeto de eliminar los tiempos muertos que se producirían por sus márgenes.

En la Figura 52 se muestra este tipo de reformulación.

En este caso, las actividades B y D tardan medio ritmo en ser realizadas por una cuadrilla indivisible. A partir del cuarto día, se combinan éstas de manera que la cuadrilla comience la jornada realizando la actividad B en la vivienda 4, para luego trasladarse a la vivienda 1 para efectuar la actividad D. Esta combinación de actividades permite una mejor utilización de los recursos existentes, al hacer que una cuadrilla rinda la jornada completa, efectuando dos o más operaciones en el tiempo del ritmo.

Naturalmente, las operaciones que se combinen deben ser de la misma naturaleza, ya que un carpintero no podría hacer excavaciones. En estos casos, aquellas actividades que requieren menos especialización presentan la mayor flexibilidad.

De no poder lograrse esta combinación, habría que considerar una cuadrilla para cada operación fraccionaria, y los tiempos muertos aumentarían notablemente.

Es recomendable que las horas-hombre disponibles que se produzcan debido a eventuales tiempos muertos sean ocupadas en las llamadas “operaciones colchón”.

Por otro lado, también tenemos actividades que demandarán más de un ritmo y cuyas duraciones no pueden ser reducidas por numerosos que sean los recursos adicionales que les asignemos. Un excesivo número de operarios en un espacio reducido sólo contribuye a entorpecer las tareas.

La solución en estos casos consiste en utilizar cuadrillas múltiples; es decir, tantas como múltiplos del ritmo tenga la duración de la actividad.

En el ejemplo de la Figura 53, las operaciones B y D tienen una duración de 2 y 3 ritmos, respectivamente.

En el día 2, la actividad B comienza en la vivienda 1; luego, en el día 3, interviene otra cuadrilla que realiza la misma actividad sobre las viviendas 2, 4, 6, 8. Esta cuadrilla refuerza la actividad B, equilibrando las diferencias en velocidad de ejecución que existe entre B y las operaciones rítmicas.

Por esta razón, es necesario introducir tantas cuadrillas por actividad como la razón entre la duración de la actividad y el tiempo del ritmo.

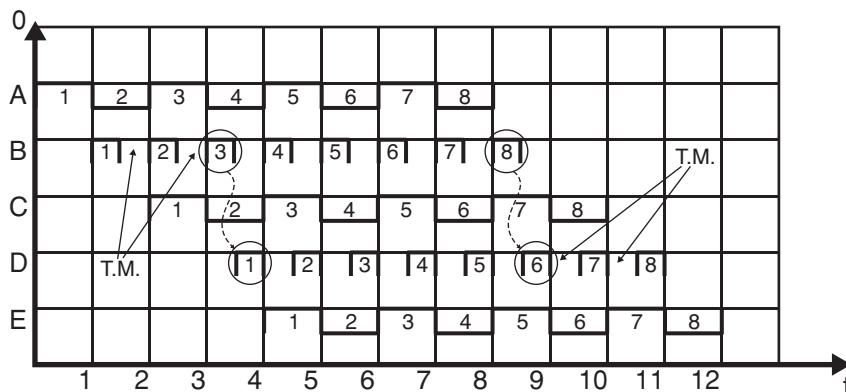


Figura 52

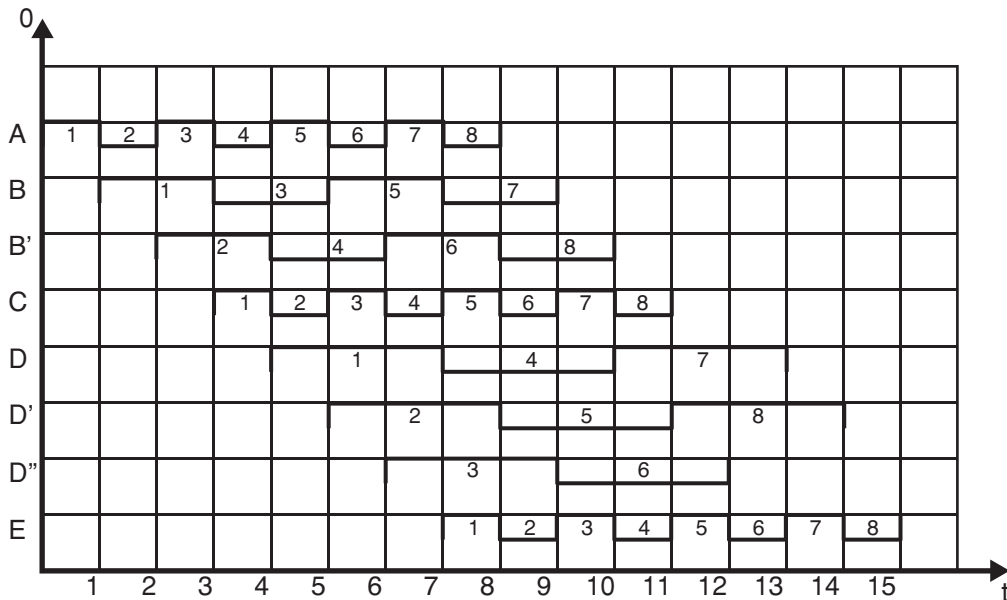


Figura 53

Para la actividad D del ejemplo, que tiene una duración de 3 ritmos, debemos recurrir a 3 cuadrillas, que realizarán las operaciones D, D' y D''.

“O” será en este caso 8 y el $T_t = R(O+N-1) = 1(8+8-1) = 15$ días.

Como el número de cuadrillas por operación es evidentemente un número entero, es necesario que las duraciones de las operaciones sean múltiplos enteros del tiempo del ritmo.

En general, las programaciones rítmicas nos obligan a redondear la duración de las operaciones, muchas veces prolongándolas más de lo estrictamente necesario, pero esto redundará en beneficio de mantener la continuidad de la marcha de la obra a través de procesos en serie, con las ventajas enormes que ello significa desde el punto de vista de la organización y la productividad en su conjunto.

Operaciones “fuelle”:

En la medida en que estamos llevando todas las operaciones a un tiempo común de ejecución, estamos eliminando los márgenes y, en consecuencia, transformando a todas las operaciones en críticas. Esta situación genera el riesgo de que los atrasos que pudieran producirse en cualquiera de ellas repercutan en el normal desarrollo de las actividades que le siguen, afectando el tiempo total de ejecución de la obra.

Por ello son convenientes los “fuelles” para tener en cuenta las variaciones de velocidad que se pueden presentar en el transcurso de la obra. Hay distintas formas de instrumentarlos, pero la más simple es dejar cierta cantidad de recursos fuera de la programación, a fin de poder usarlos para esas situaciones. Naturalmente, los recursos deben ser afines a la etapa de obra que se está considerando (albañiles con albañiles). Un ejemplo sería dejar fuera de la programación rítmica la construcción de una escuela que está contemplada en el proyecto de un conjunto de viviendas.

Es básico pensar en estos “fuelles”.

Atraso en la ejecución de alguna tarea:

Por la esencia del método, cualquier atraso en la ejecución de una tarea (así como el adelanto), por fuera de la velocidad prevista para el conjunto, generará interferencias, que redundarán en un atraso general. En estos casos, debemos recurrir a recursos extras, por ejemplo: horas extra, trabajo en doble turno, etcétera.

Las únicas operaciones susceptibles de ser alteradas, en lo que a velocidad de ejecución se refiere, son las iniciales y las finales.

Luego de esta síntesis teórica del fundamento de la programación rítmica, veremos un ejemplo de aplicación para la construcción de un barrio de 492 viviendas.

Construir un barrio de, por ejemplo, 500 viviendas no significa multiplicar por 500 o aplicar las mismas técnicas y procedimientos que se seguirían para ejecutar una vivienda.

Todos sabemos que es relativamente fácil construir una casa, pero es completamente distinto establecer la organización adecuada para la construcción de un número considerable de viviendas.

Para mayor claridad en el desarrollo del Programa General de Trabajos, para el ejemplo planteado, repetiremos algunos conceptos y pasos ya vistos cuando hablamos de los otros sistemas de programación.

Vimos que para cualquier caso de planeamiento y programación, lo primero que se debe hacer es un estudio y análisis de los recursos necesarios y disponibles, además, naturalmente, de conocer el proyecto en todos sus detalles.

Obviamente, dentro de los recursos, como ya se ha puesto en evidencia su importancia, el tiempo de construcción es fundamental.

Debemos amalgamar todos los recursos para poder cumplir con el objetivo final. Es importante recalcar que, según el objetivo que se persiga, así debe ser el detalle con que se elabora el Plan de Trabajos.

Debemos estudiar también el proceso constructivo, es decir, saber cómo se construirá cada una de las etapas, con qué métodos y sistemas constructivos.

Desde el punto de vista que nos ocupa, el análisis del proceso (producción) es la etapa más importante. Se analiza la forma en que cada parte componente de las distintas etapas en que se subdividirá la obra –y que surgirá de los análisis indicados anteriormente– se ejecutará. Para ello se discriminan todas las actividades que conformarán el proceso de producción. La experiencia indica que la etapa más crítica, y que condiciona en alguna medida todo el programa, es la estructural. Esto es válido para la mayoría de los proyectos de arquitectura, y especialmente para los de viviendas. En otros proyectos repetitivos habrá que determinar cuál es esa etapa condicionante.

Para esa etapa aplicamos lo visto teóricamente para la programación rítmica, basada en los principios de la producción en serie.

Para la mano de obra: se debe pensar en el empleo ininterrumpido de cuadrillas fijas a tareas idénticas. Esto implica que el proceso total debe poder ser dividido en un número de tareas de forma tal que puedan ser ejecutadas por diferentes cuadrillas según su especialidad (ya vimos las ventajas del efecto de repetición).

Con relación a los materiales, se deben mantener siempre *stocks* mínimos. Esto influye favorablemente tanto en el ordenamiento del obrador como desde el punto de vista financiero.

La cantidad y calidad de los equipos deben ser óptimas. Con esto queremos significar que los costos operativos y el costo determinado por el tiempo de construcción sean mínimos. Para ello es básico conocer el tiempo de construcción disponible.

Por último, el tiempo de construcción es el que determina el costo total general, para un proyecto determinado. Tiene que ser el óptimo, es decir, aquel más corto, basado en la suma de mano de obra, equipo, materiales y costos indirectos.

Cada operación está basada en los resultados de otras operaciones que las preceden. Debe pasar cierto tiempo entre el comienzo de una operación y el inicio de la siguiente. Con una organización eficiente, este intervalo debe ser tan pequeño como sea posible.

La fijación o determinación de estos intervalos está condicionada por factores de tipo técnico y organizativo, y, como ya se ha visto, condicionará la velocidad del programa y, consecuentemente, el tiempo total de construcción.

Veamos a través de ejemplos sencillos cómo se procede para la elaboración de un Programa General de Trabajos según una programación rítmica, para llegar al ejemplo que nos propusimos de programar un barrio de 492 viviendas.

Construcción de un entrepiso de hormigón armado:

Supongamos que disponemos de una cuadrilla de 10 hombres. En forma muy elemental podríamos decir que el tiempo necesario para su ejecución, incluido el fragüe, sería de 12 horas + 2 semanas (Fig. 54).

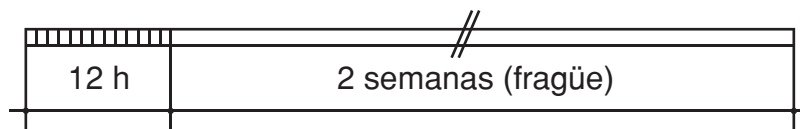


Figura 54

Si se quiere elaborar un programa detallado de trabajos, se deben representar las distintas actividades y seguir la metodología indicada para el análisis del proceso:

Tarea	Denominación	Tiempo
C.1	Encofrado	6 horas
C.2	Colocación de armadura	1,5 horas
C.3	Hormigonado	3 horas
C.4	Fragüe	2 semanas
C.5	Retiro y limpieza de encofrado	1,5 horas

Asumimos que se tardan los tiempos indicados sobre la base que todos los hombres disponibles están dedicados a cada actividad (Fig. 55).

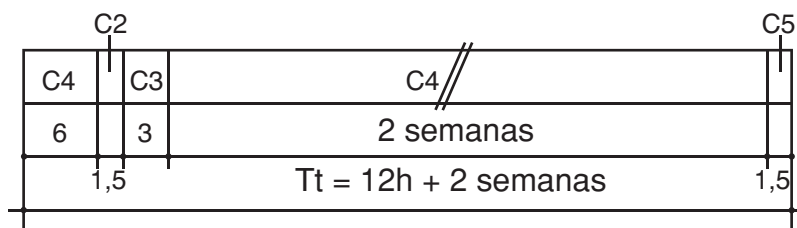


Figura 55

La actividad total puede ser hecha por 4 cuadrillas distintas y supongamos que están compuestas de la siguiente forma:

C.1	3 hombres	20 horas
C.2	2 hombres	7,5 horas
C.3	3 hombres	10 horas
C.4	—————	2 semanas
C.5	2 hombres	7,5 horas
Total:	10 hombres	45 horas + 2 semanas

Al hacerse una división del personal disponible por cuadrillas, naturalmente los tiempos son distintos. Asumamos que los obtenemos por simple relación directa, por ejemplo:

$$\text{Para C.1} = \frac{6 \text{ h} \cdot 10 \text{ hombres} = 20 \text{ horas}}{3 \text{ hombres}}$$

En un gráfico de Gantt se representan las tareas con sus correspondientes tiempos y secuencias (Fig. 56).

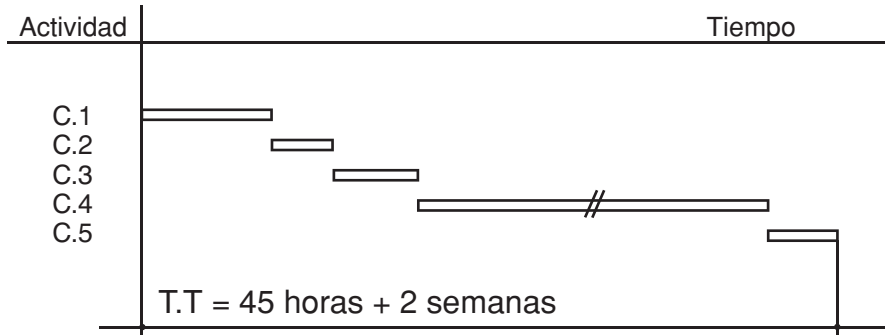


Figura 56

Si consideramos las ventajas de la especialización (rutina, coordinación entre cuadrillas) y además tomamos ciertos márgenes denominados “reservas”, entre actividades, se puede considerar que el nuevo programa toma la siguiente forma (Fig. 57):

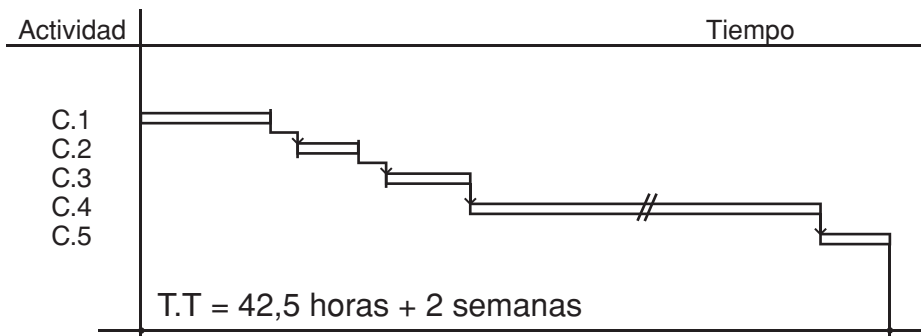


Figura 57

Supongamos ahora que tenemos que construir 120 entrepisos iguales, pero antes definimos algunos conceptos:

a) Unidad de construcción (UC): Es el número de elementos o partes a construir (en este caso, entrepisos) que se pueden producir durante un determinado ciclo (en este caso, ciclo de encofrado), que denominamos tiempo de construcción.

Para este ejemplo, determinamos el ciclo de la siguiente forma (Fig. 58):

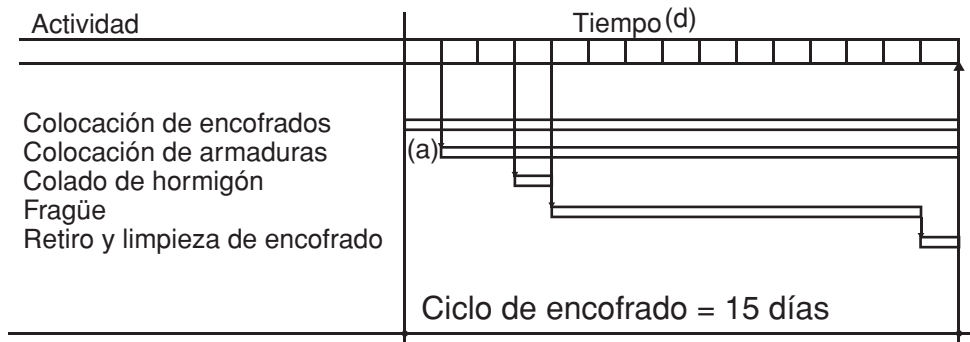


Figura 58

Analizando este programa, podemos ver que más que preocuparnos por cuánto tiempo dura cada actividad, debemos analizar y fijar intervalos de tiempos (a), que separan los inicios de cada una de las actividades sucesivas. Esto es básico porque no debemos perder de vista que estamos programando actividades repetitivas y, consecuentemente, cada una de las cuadrillas está ocupada con su especialidad en forma continua.

Así, razonamos y nos preguntamos cuánto tiempo debe transcurrir desde que iniciamos la actividad precedente para poder iniciar los trabajos de la actividad que estamos considerando. O, dicho en otros términos: qué tiempo debe transcurrir para disponer de un área de trabajo suficiente como para poder iniciar la tarea que estamos analizando.

La respuesta, naturalmente, es dada por la experiencia y el análisis particularizado que debemos hacer para cada actividad según el proyecto de que se trate.

Tal como se vio en la introducción, cuanto menores sean estos intervalos de inicio de tareas, menor será el tiempo total de construcción.

Volviendo a la definición de “unidad de construcción”, es importante visualizar y definir “el ciclo” que nos dará el “tiempo de construcción” TC. En el ejemplo que estamos considerando, este tiempo queda acotado desde el momento en que comenzamos a usar un juego de encofrados, *hasta que lo tenemos disponible para ser usado en la próxima unidad de construcción*.

El rendimiento mayor se obtiene cuando la totalidad del proyecto se puede dividir en unidades de construcción idénticas.

b) Velocidad de construcción (V): Es la producción por día. Si consideramos como ejemplo que en el tiempo de construcción podemos producir 10 entrepisos, la velocidad será:

$$V = UC / TC = 10 / 15 = 0,67 \text{ entrepisos/día}$$

Combinando los distintos factores de producción, surgen distintas posibilidades igualmente posibles para construir los 120 entrepisos.

UC	TC	V	Cantidad de encofr.	Nº de usos de los encofr.	Tiempo total de construcción (TTC)
10	15	0,67	10	12	15 + 180 d = 195
15	15	1	15	8	15 + 120 d = 135
20	15	1,33	20	6	15 + 90 d = 105
24	15	1,60	24	5	15 + 75 d = 90
30	15	2	30	4	15 + 60 d = 75

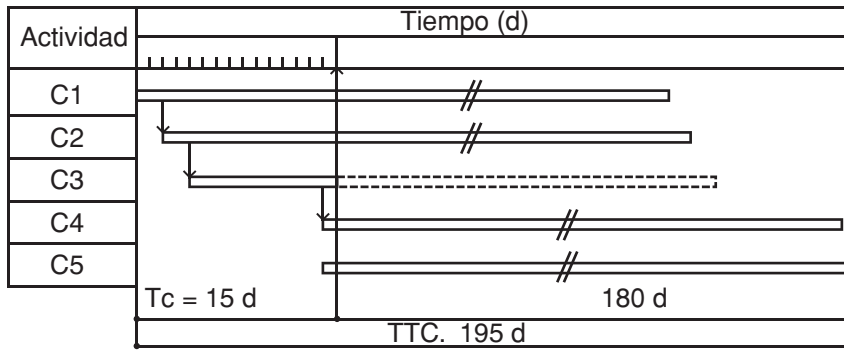


Figura 59

Analizando la tabla, vemos que disponemos de distintas posibilidades para construir los 120 entresijos; nuestra elección dependerá de qué tiempo total de construcción disponemos, cuánto queremos gastar en encofrados, en función del uso de los mismos, etcétera.

En primer lugar, vemos que se ha dividido el proyecto total en UC idénticas o, en otros términos, se buscó que las UC fueran submúltiplos del total de entresijos a construir. Esto, como se anticipó, es conveniente para evitar tener que analizar los recursos en forma variable.

Ya vimos cómo se determinaba el TC y, consecuentemente, la velocidad de construcción V. En este punto es básico reiterar que la velocidad, una vez determinada, debe ser constante, ya que de esa forma se obtiene la mayor productividad. Con respecto a los encofrados, se va a necesitar para cada variante el mismo número de juegos que unidades de construcción adoptadas. El número de usos surge de dividir la cantidad de elementos a producir por el número de encofrados; y el tiempo total de construcción será la suma del primer tiempo requerido para disponer por primera vez de un juego (TC), más lo que se obtiene de dividir la cantidad total de entresijos a ejecutar por la velocidad.

El programa general completo sería el que se indica en la Figura 59.

En este ejemplo se consideró que se hormigonaba entresijo por entresijo, pero también podríamos haberlo hecho agrupando el trabajo o subdividiéndolo. Así, se podría haber trabajado en 2 o 3 entresijos a la vez o en una fracción. Como consecuencia de ello, definimos lo que se conoce como *la unidad de trabajo (UT), que es el número de unidades para las cuales una actividad parcial puede ser ejecutada simultáneamente y completamente antes de pasar a la siguiente.*

Consideremos, para el mismo ejemplo, que dividimos las unidades de construcción en un determinado número de unidades de trabajo, y aquí debemos hacer una consideración similar a la realizada cuando hablamos de la UC. Es conveniente que la UT sea un submúltiplo de la UC. Por esta razón, tomamos los casos en que ello es posible que suceda y volcamos los resultados en la tabla siguiente:

UC	UT	TC	V	Cantidad de encofr.	Nº de usos de los encofr.	Tiempo total de construcción (TTC)
12	2	17	0,7	12	10	17 + 175
	3	18	0,67			18 + 179
	6	21	0,57			21 + 210
24	2	17	1,4	24	5	17 + 85
	3	18	1,3			18 + 90
	6	21	1,14			21 + 105
30	2	17	1,77	30	4	17 + 68
	3	18	1,67			18 + 72
	6	21	1,43			21 + 84

Analizando la tabla, se puede apreciar que cuanto menor es la unidad de trabajo considerada, menor será el tiempo total de construcción. Es sumamente importante tener en cuenta esta consideración, que puede visualizar mejor en el diagrama de Gantt siguiente (Fig. 60):

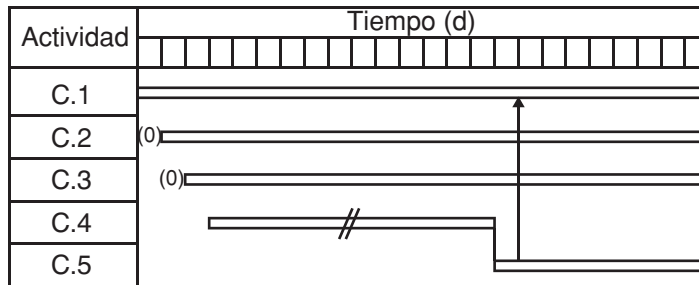


Figura 60

El intervalo de tiempo (°) variará según la extensión de la unidad de trabajo considerada. Cuanto mayor sea la UT, mayor será el intervalo necesario, dado que recién se podría hormigonar la UT analizada una vez que estén completados todos los trabajos previos en dicha unidad.

Analicemos ahora otro ejemplo en el que dentro del proceso considerado pueden surgir dos ciclos de duración distinta (Fig. 61).

Supongamos que se trata de un proyecto en el que los entresijos están apoyados sobre paredes portantes.

El análisis del proceso sería:

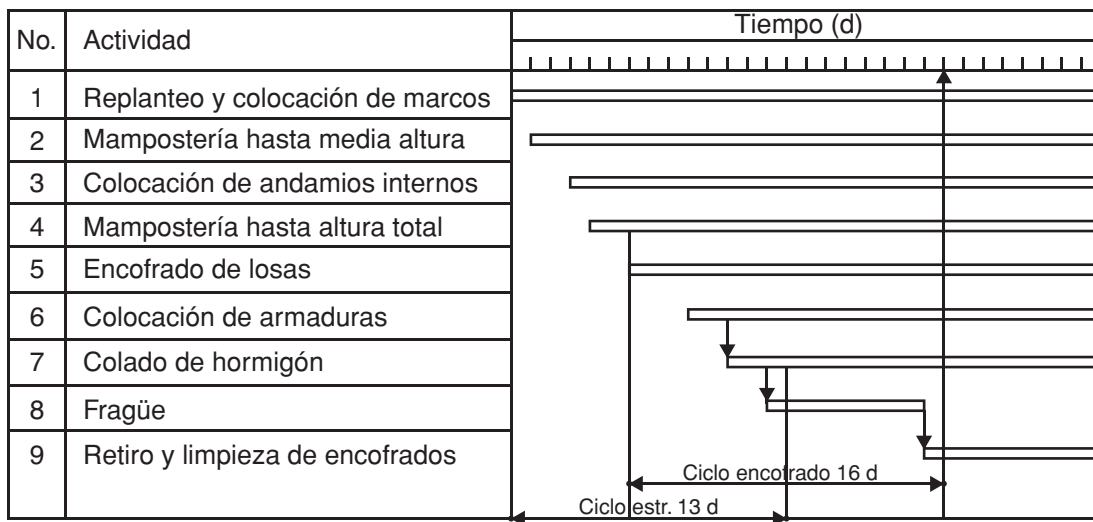


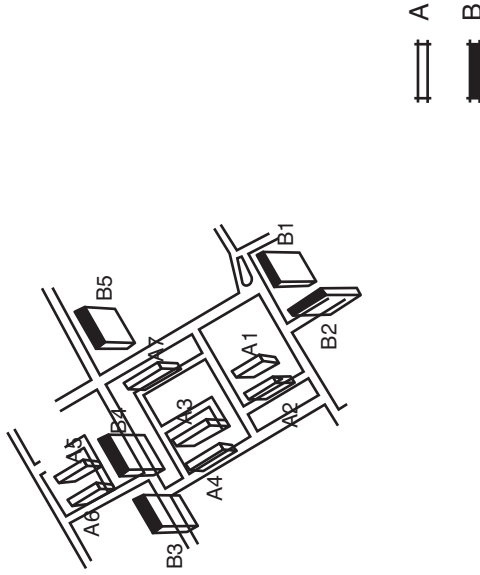
Figura 61

En este ejemplo se ve que desde que iniciamos la primera actividad hasta que se puede iniciar la misma actividad en la próxima unidad de construcción, pasa un intervalo de tiempo que es el ciclo estructural, igual a 13 días; pero, además, existe otra consideración para hacer, que es analizar el tiempo que transcurre desde que se comienza a colocar el encofrado hasta que se puede disponer del mismo en la próxima unidad de construcción. En este caso, se ve que este tiempo, ciclo de encofrado, es de 16 días, o sea, que es superior al del ciclo anterior.

Como ya se vio, la base de este sistema de programación es que la velocidad sea constante; en consecuencia, para que no haya interferencias durante la ejecución de las distintas actividades, es fundamental adoptar el ciclo de duración mayor, y con él construir todo el programa.

7	8	A1		A2		A3		A4		B3		B5		A7	
5	6	13	14	19	20	27	28	33	34	39	40	37	38	35	36
3	4	11	12	17	18	23	24	31	32	25	26	29	30	31	32
1	2	9	10	15	16	21	22	29	30	21	22	29	30	29	30
GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF
B1	B2	A1		A2		A3		A4		B3		B5		A7	

Secuencia Constructiva



Layout General

Figura 62

*Ahora sí, pasamos a desarrollar el programa para el conjunto de 492 viviendas.
Corresponde a un programa desarrollado en el Bouwcentrum de Rotterdam, Holanda.*

Descripción del proyecto:

Se trata de un conjunto de 492 departamentos agrupados en dos tipos:

Tipo A: 7 monobloques de PB y 3 pisos superiores.

Tipo B: 5 monobloques de PB y 4 pisos superiores.

Cada monobloque tiene 12 viviendas por nivel.

Se adjunta *lay-out* general a título ilustrativo, para facilitar el seguimiento de la estructura del programa de trabajos e interrelaciones (Fig. 62).

Dejando de lado el análisis constructivo, veamos el análisis del proceso, dado que es la etapa más importante desde el punto de vista del tema que nos ocupa.

Nº	Denominación	Edificios A	Edificios B	Total
1	Fundaciones	7	5	12
2	Plateas de PB	7	5	12
3	Paredes de PB	7	5	12
4	Paredes portantes superiores	21	20	41
5	Losas de entrepisos	21	20	41
6	Losas superiores de azotea	7	5	12
7	Terminación de azoteas	7	5	12
8	Terminaciones interiores en PB	7	5	12
9	Terminaciones en pisos superiores	21	20	41
10	Exteriores	7	5	12

Total de losas: 53

Total de paredes: 53

Total de escaleras: 318

Aquí se deben analizar los distintos ciclos, a fin de poder diseñar, en función de ellos, el Programa General de Trabajos.

Para ello, describimos en forma secuencial todas las actividades que conforman el proyecto (EDT) y las agrupamos por etapas según afinidad, tal como se indica a continuación. Se aclara que el detalle de las actividades está determinado por el proyecto, sistema constructivo, y es tomado solamente para ilustrar el ejemplo. Obviamente, cada proyecto tiene su propia estructura de actividades.

1. Pilotaje

2. Fundaciones

2.1. Vigas

- Replanteo de zanjas
- Excavación mecánica
- Excavación manual y nivelación
- Colado de hormigón pobre
- Replanteo
- Encofrado lado I
- Armaduras
- Pases y encofrado lado II
- Preparación para hormigonar
- Hormigonado
- Fragüe
- Desencofrado, limpieza y transporte

2.2. Losa de piso/plateas

- Instalaciones subterráneas
- Llenado y compactación
- Armadura
- Encofrado de borde
- Preparación para hormigonar
- Hormigonado
- Fragué
- Desencofrado y limpieza

3. Planta baja

3.1. Paredes portantes

- Replanteo y colocación de reglas
- Transporte de ladrillos
- Colocación marcos de puertas
- Mampostería hasta antepecho de ventanas
- Colocación de andamios.
- Transporte vertical de ladrillos
- Mampostería hasta altura total
- Retiro de andamios

3.2. Entrepiso

- Colocación de soportes de apoyo
- Encofrado:
 - Fondo de losa
 - Aberturas
 - Borde de viga
- Armadura
- Conductos de electricidad
- Cañerías de instalación sanitaria y gas
- Preparación para hormigonado
- Hormigonado
- Fragué
- Desencofrado:
 - Aberturas
 - Bordes de vigas
 - Fondo de losa
- Limpieza, lubricación y transporte

4. Estructura

4.1. Replanteo

4.2. Paredes portantes + interiores de fachadas

- Transporte de ladrillos
- Ubicación de marcos de puertas
- Mampostería hasta _ altura
- Colocación de andamios
- Transporte vertical de ladrillos
- Mampostería hasta altura total
- Retiro de andamios
- Colocación marcos de ventanas

4.3. Paredes de fachada

- Andamios exteriores
- Transporte de ladrillos
- Mampostería hasta _ altura
- Elevación tablonés de madera

- Transporte vertical de ladrillos
- Mampostería hasta borde de viga
- 4.4. Entrepisos
 - Soportes de apoyo
 - Fondo de losas
 - Aberturas
 - Encofrado de borde
 - Armadura
 - Conductos de electricidad
 - Cañerías de instalaciones sanitarias y gas
 - Preparación para hormigonar
 - Hormigonado
 - Fragüe
 - Desencofrado:
 - Aberturas
 - Borde de vigas
 - Fondo de losas
 - Limpieza, lubricación y transporte
- 5. Terminación de techos
 - Fijación y terminación conductos de ventilación
 - Sombreretes y canaletas
 - Aislamiento térmico
 - Instalación hidrófuga
 - Fijación de terminación de bordes
 - Esparcimiento de binder
 - Retiro de andamios y tablones superiores
- 6. Terminación de estructura (obra gruesa)
 - 6.1. Departamentos
 - 6.1.1. Tabiques
 - Replanteo
 - Transporte de ladrillos livianos
 - Colocación de marcos de puertas
 - Mampostería hasta _ altura
 - Colocación de andamios
 - Transporte vertical de ladrillos
 - Mampostería hasta altura total
 - Retiro de andamios
 - 6.1.2. Cañerías
 - Calefacción
 - Electricidad
 - Sanitarios + gas
 - 6.1.3. Remiendo de paredes
 - Yesería
 - 6.2. Fachadas
 - Elevación de parapetos y fijación
 - Colocación de antepechos de ventanas
 - Vidrios
 - Retiro de andamios
 - 6.3. Escaleras
 - Revoques
 - Colocación de escalones
 - Pasamanos

7. Terminación fina

7.1. Departamentos

- Aislamiento acústico
- Colocación de revestimientos
- Colocación de pisos
- Colocación de puertas y placares
- Cableados
- Herrajes
- Zócalos
- Enduido para reseria
- Colocación de artefactos sanitarios
- Pintura:
 - Cielorrasos
 - Estuco de paredes
 - Carpinterías
 - Empapelado
- Artefactos eléctricos
- Pruebas y controles de:
 - Electricidad
 - Carpintería
 - Plomería
 - Calefacción
 - Pintura
 - Limpieza

7.2. Escaleras

- Terminaciones de pisos
- Pintura de paredes
- Pasamanos
- Limpieza

7.3. Planta baja

- Cañerías de:
 - Calefacción
 - Electricidad
 - Sanitarios y gas
- Colocación de puertas y herrajes
- Cableado
- Pintura de cañerías
- De carpinterías
- Limpieza

8. Entrega de los departamentos

Como se ha indicado más arriba, en este tipo de proyectos, la *etapa estructural es la crítica, razón por la cual es la primera que analizamos en detalle.*

Comenzamos dibujando, para la primera actividad, una barra como se representa en el método de Gantt, sin indicar la duración de la tarea. Esto es importante.

Para las tareas sucesivas se procede del mismo modo, estableciendo, de acuerdo con la experiencia, los intervalos de separación de los inicios entre ellas, tal como se explicó en los ejemplos anteriores. Como se dijo, estos intervalos dependerán de los métodos constructivos utilizados, las características del proyecto y el plazo total disponible o que se quiera obtener, siempre que tecnológicamente sea posible. Cuanto más pequeños sean estos intervalos, menor será el plazo total, pero mayor será la exigencia organizativa para lograr esos menores intervalos de iniciación entre actividades.

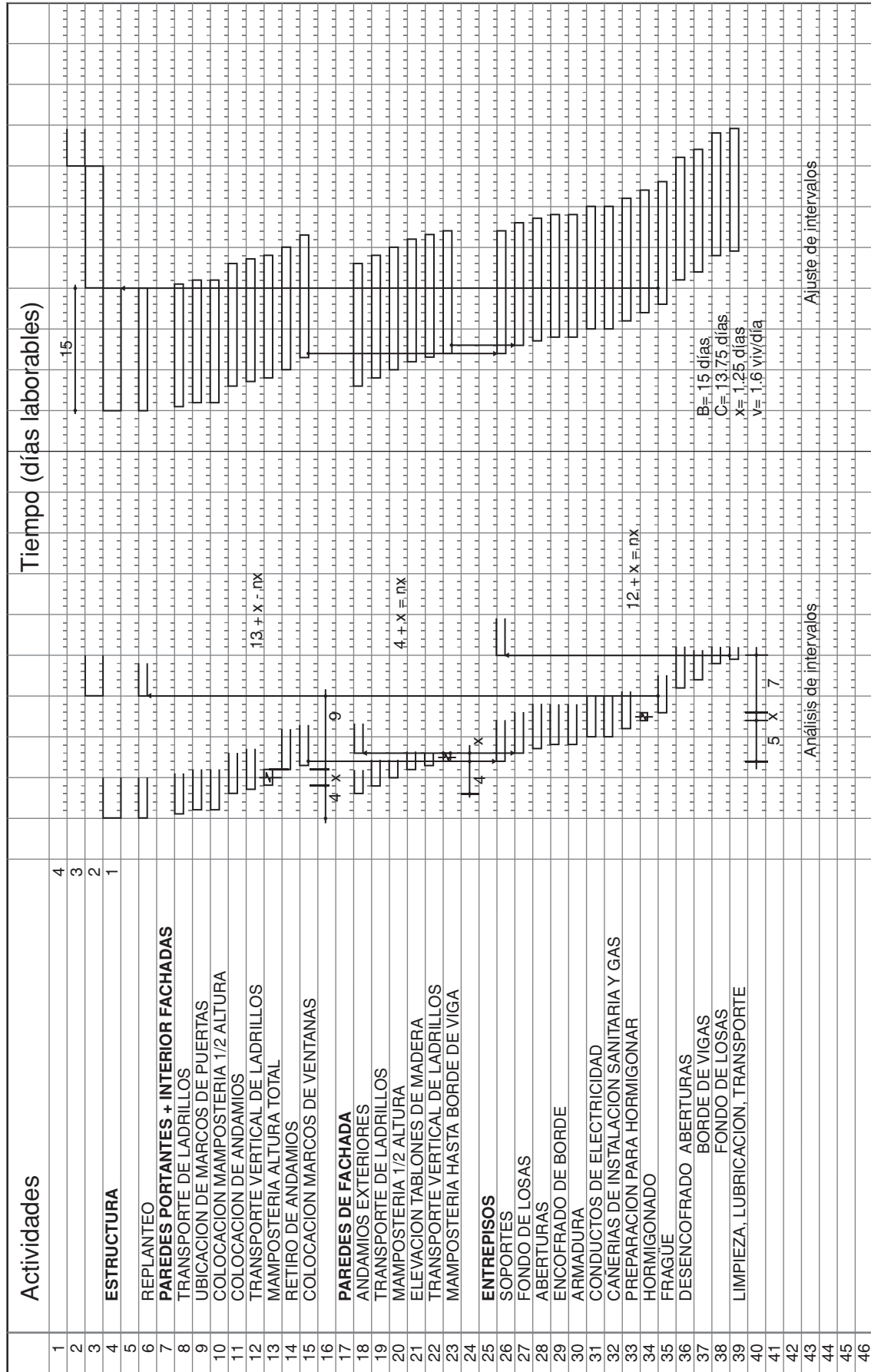


Figura 63

En segundo lugar, como en cualquier sistema de programación, se deben tener en cuenta las vinculaciones lógicas de proceso que existen entre ellas; por ejemplo, no se podrá encofrar el entrepiso hasta tanto no se haya levantado totalmente la mampostería portante.

En el gráfico adjunto (Fig. 63) se pueden seguir estas vinculaciones a través de las flechas ascendentes y descendentes, según el caso. Estas vinculaciones y restricciones permitirán analizar los distintos ciclos y poder determinar aquel que será crítico.

El tiempo que transcurre desde que podemos iniciar la misma actividad entre el nivel inferior y el inmediatamente superior está compuesto de dos subtiempos:

- 1) un tiempo dado por la suma de los intervalos entre inicio de actividades “c” y
- 2) el tiempo máximo requerido para ejecutar una operación simple “x”.

El tiempo para un intervalo entre dos operaciones es constante, y está determinado por los métodos constructivos y de trabajo; como consecuencia, la suma de un número de intervalos debe ser constante. Como se puede apreciar en el ejemplo, se ha dividido el proceso estructural en 3 ciclos diferentes (ver listado y gráfico correspondientes).

En este momento no se analiza la composición ni el tamaño de las cuadrillas, las que dependerán de:

- la cantidad de material a ser procesado para cada actividad y
- del tiempo disponible para ello, en función de la forma en que se organice el proyecto en su conjunto.

La división ideal de tareas se obtiene cuando una cuadrilla ejecuta un solo tipo de trabajo; es la aplicación del principio “empleo ininterrumpido de cuadrillas de obreros a tareas fijas”.

En correspondencia con cada operación, se dibuja una barra.

Antes de dibujarla, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. La duración de cada operación.
2. Sus puntos de partida o iniciación.

La duración de las operaciones dependerá de

- La cantidad de materiales a procesar.
- El método de trabajo.
- El número de operarios que ejecutan las operaciones.
- El equipo disponible.

Con una organización eficiente, como ya se ha dicho, los intervalos de inicio entre sucesivas operaciones deben ser tan pequeños como sea posible. Naturalmente, dependerán de factores como mano de obra, técnicos y organizativos.

Con este análisis preliminar, determinamos los ciclos de equipo y construcción.

Ya vimos que el tiempo que transcurre entre dos niveles está conformado por el tiempo C y el X.

El tiempo para un intervalo entre dos operaciones es constante y está determinado por los métodos de construcción. La suma de un número de intervalos debe ser constante.

Para nuestro proyecto y según el proceso estructural que hemos dividido en tres etapas diferentes, surgen los siguientes tiempos “C”:

Ciclo	C (días)
Paredes portantes	13 (4+9)
Paredes de fachadas	4
Entrepisos	12 (5+7)

Con relación al tiempo X, fue definido más arriba como el máximo tiempo de construcción por operación, por unidad. Esto significa que, con una adecuada organización, cada operación tendrá igual

duración y entonces el tiempo trabajado X determina el tamaño de las cuadrillas con las cuales cada una de las operaciones será ejecutada, basada en el cómputo y los estándares de mano de obra. Este trabajo se hará más adelante.

Con movimientos constantes de trabajo, para ejecutar cada una de las operaciones, el tiempo total $C + X$ debe ser igual al tiempo requerido para ejecutar cada una de las operaciones para cada nivel, un número entero de veces (nX).

$$C + X = nX$$

Después de determinar n , obtenemos el valor de X , que es la única cantidad desconocida de la ecuación.

En la Figura 63 vemos que, para los tres ciclos indicados, se obtienen las siguientes ecuaciones:

Para paredes portantes:	$13 + X = nX$
Para paredes de fachadas:	$4 + X = nX$
Para entrepisos:	$12 + X = nX$

La ecuación para las paredes portantes se determinó de la siguiente forma:

Llamamos a al tiempo desde el comienzo de la primera operación, cuya duración hemos determinado que es la desconocida (en este caso, “colocación de ladrillos hasta la altura total”): $a = 4$ días.

Llamamos b al tiempo final de la operación desconocida hasta el momento en que podemos iniciar el replanteo en el siguiente nivel: $b = 9$ días.

Por lo tanto, $a + b$ es la constante C de la ecuación = 13 días.

Para los muros de fachada se ha elegido como operación desconocida la de “colocar ladrillos hasta el borde de la viga”.

$$a = 4 \text{ días}; \quad b = 0; \quad C = 4 \text{ días.}$$

Para los entrepisos, hemos considerado su relación o vinculación con el ciclo de las paredes portantes en forma tal que la colocación de soleras pueda empezar sólo 1/2 día después de haberse iniciado la colocación de los marcos de ventanas.

El ciclo de los entrepisos y el de las paredes de fachadas están también interrelacionados; la colocación del encofrado del fondo del entepiso no puede empezar hasta que no se ha terminado con la colocación de ladrillos en la pared de fachada hasta el borde de viga.

En este ciclo, la duración de la operación desconocida es el “colado del hormigón”, y el tiempo a , desde la iniciación del ciclo hasta el comienzo del hormigonado, es de 5 días. El tiempo b , desde la finalización del hormigonado hasta la colocación de soleras en el nivel siguiente, se deduce que es de 7 días; en consecuencia, $a + b = 5 + 7 = 12$ días.

De las ecuaciones presentadas más arriba, entonces, tomamos el valor más alto para C , que corresponde al ciclo de “paredes portantes”. Esta ecuación queda: $13 + X = nX$.

Como ya hemos visto, para estos casos, en el obrador se está en presencia de la elaboración de productos fijos con mano de obra y equipos móviles.

El flujo total de obreros, entonces, se mueve según una secuencia fija en dirección horizontal a través de todo el proyecto. Todas las operaciones para una fase dada de construcción son llevadas a cabo al mismo tiempo, pero en diferentes lugares.

Para permitir a todos los obreros realizar las distintas tareas en forma simultánea y continua, se debe disponer de suficiente espacio o área de trabajo. La experiencia desarrollada para la construcción con métodos tradicionales cubre de 20 a 30 viviendas, según surge de la siguiente tabla (fuente: Ratiobouw, Rotterdam, Holanda):

Nº	Actividades	Espacio de trabajo (en viviendas)
1	Replanteo	4
2	Colocación de marcos	2
3	Paredes portantes: colocación de ladrillos, ayuda colocadores y andamios exteriores	2
4	Paredes exteriores: ídem	2
5	Encofrado para entrepisos	2
6	Colocación de armaduras	2
7	Instalación de conductos de electricidad	2
8	Hormigonado	4
9	Fragüe	4
Total del espacio de trabajo requerido:		24

Esta tabla también muestra la secuencia de las actividades que deben ser realizadas para la construcción de la súper estructura de un piso. Cuando los obreros han llegado al final de su espacio de trabajo, han completado su actividad en el primer piso; para este momento, en el piso superior, el inicio del espacio de trabajo está suficientemente fraguado como para que ellos puedan continuar su tarea en ese piso sin interrupciones. Además, el espacio de trabajo debe poder ser dividido en un número entero de idénticas unidades de trabajo (UT expresadas en viviendas). Cada una de las tareas que para cualquier caso consisten en un número de operaciones diferentes, debe ser completamente terminada para una determinada unidad de trabajo, antes de que la cuadrilla correspondiente se mueva hacia la próxima unidad de trabajo. Con los métodos de construcción tradicionales, las unidades de trabajo racionales están comprendidas entre 2 y 4 viviendas, dependiendo de la construcción y del proceso constructivo. Además, conocemos el concepto de Unidad de Construcción (UC), que se entiende como uno o más bloques que juntos nos brindan el mismo espacio de trabajo por piso. Esta unidad de construcción debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Suficiente espacio de trabajo horizontal como para permitir que todos los obreros efectúen todas sus tareas simultánea y continuamente.
- El espacio total de trabajo y los bloques individuales deben poder ser divididos en un número entero de unidades de trabajo.
- En el caso de edificios de departamentos de pisos, la altura de los bloques puede diferir como máximo en un piso, previendo que el edificio más alto constituya el inicio del espacio de trabajo.

El número de veces que cada una de las operaciones, para una unidad de trabajo, se repite en la unidad de construcción es:

$$n = UC/UT$$

Que es también el número de juegos de encofrados por unidad de trabajo para cada una de las unidades de construcción.

Sabemos que espacio = velocidad por tiempo. Así, tenemos que unidad de trabajo = espacio en viviendas; velocidad = viviendas por día; X = tiempo en días.

Por lo tanto:

$$V = UT/X \text{ (viv./día)}$$

Volviendo a la ecuación para la estructura: $13 + X = nX$, se desprende que $X = UT/V$ y $13 + UT/V = UC/V$

Resolviendo la ecuación para diferentes valores de unidades de trabajo y unidades de construcción, se tiene:

$$\text{Tiempo de construcción por nivel} = B = 13 + UT/V \text{ y } B = UC/V$$

Tiempo de Construcción "B"

V	Unidad de Trabajo (UT)			Unidad de Construcción (UC)			
	2	4	6	12	18	24	48
0,5	17	21	25	24	36	48	96
1	15	17	19	12	18	24	48
1,5	14,33	15,66	17	8	12	16	32
2	14	15	16	6	9	12	24
3	13,67	14,33	15	4	6	8	16
4	13,50	14	14,50	3	4,50	6	12

Graficando en ordenadas el tiempo de construcción y en abscisas la velocidad, se tienen dos familias de curvas para los distintos valores de UT y UC (ver gráfico Fig. 64).

De acuerdo con la experiencia, y como ya se anticipó, la velocidad adecuada para este tipo de proyectos debe estar entre 1 y 2 viviendas por día.

Del gráfico surge que, para este entorno de velocidades, las combinaciones posibles son las siguientes:

<u>UT</u>	<u>UC</u>	<u>n</u>
6	24	4
4	24	6
2	24	12
4	18	4,5
2	18	9

De esta tabla vemos que, aunque es posible, la unidad de construcción de 18 viviendas es inconveniente debido a la naturaleza del proyecto. En cambio, una unidad de construcción de 24 viviendas satisface todos los requerimientos mencionados antes.

En consecuencia, $UC = 24$ viviendas.

En lo que respecta a la unidad de trabajo vemos que;

- el número de horas-hombre permanece constante;
- cuanto mayor es la unidad de trabajo, mayor es el tiempo de construcción.

En consecuencia, debemos adoptar la unidad de trabajo más pequeña posible, a fin de obtener el menor tiempo total de construcción.

De acuerdo con este ejemplo de proyecto, la unidad más pequeña es de 2 viviendas. $UT = 2$ y, consecuentemente, $n = 12$.

Para el cálculo de la velocidad, nos basamos en la ecuación $13 + X = nX$

$$X = 13/n - 1$$

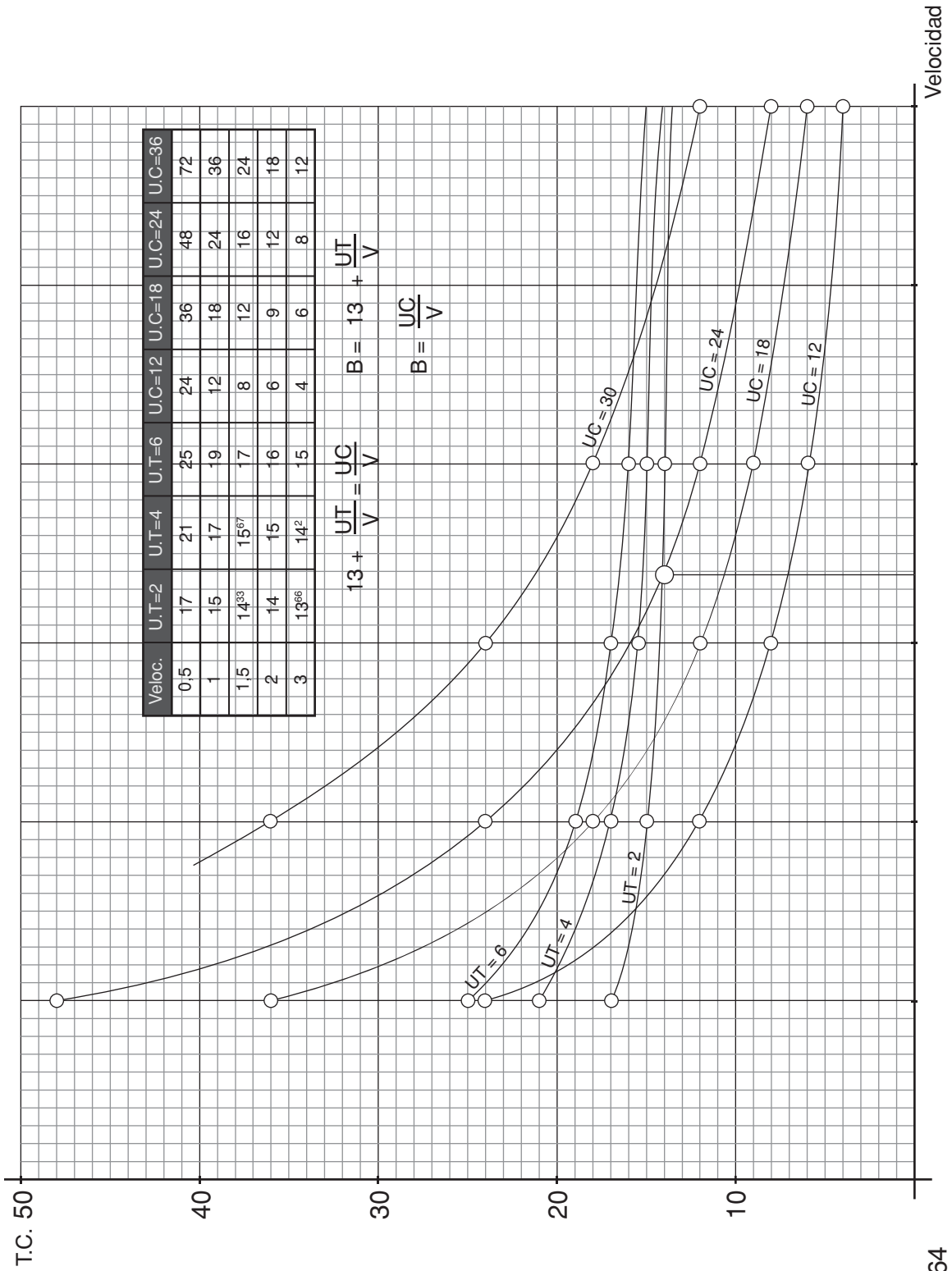


Figura 64

Resolviendo la ecuación para $n = 12$ es $X = 1,18$ días y $V = 1,69$ viv./día.

Como esta velocidad es difícil de controlar, adoptamos $1,6$ viv./día, lo que significa 8 viviendas cada 5 días.

Ahora podemos ajustar los otros miembros de la ecuación.

$$X = UT/n = 2/1,6 = 1,25 \text{ días.}$$

$$C = X (n-1) = 1,25 (12 - 1) = 13,75 \text{ días.}$$

$B = C + X = 13,75 + 1,25 = 15$ días, que es el tiempo de construcción por operación por unidad de construcción.

El tiempo total para la estructura será, entonces: $T_o = 15/24 \cdot 492 = 307,5$ días.

Una vez que se conoce el valor real para C y para X , se pueden dibujar los ajustes para el ciclo de la estructura (Fig. 63).

Secuencia de construcción:

De acuerdo con el *lay-out* general y teniendo en cuenta que el transporte de materiales y de encofrados debe ser mínimo, elegimos la serie dibujada en la Fig 62. La última unidad de construcción es una combinación de un edificio de 4 pisos (B5) y un edificio de 3 pisos (A7); entonces, ubicamos el B5 primero, a fin de no alterar la serie.

Estudio de la planta baja:

Siguiendo el mismo criterio y el método usado para la estructura, se han fijado los intervalos para los diferentes ciclos de la PB. En este caso y por las razones ya vistas, mantenemos $UT = 2$ viviendas. La velocidad de $0,48$ viv./día satisface la condición que debe estar entre $1/3$ y $1/4$ de la correspondiente a la estructura.

Para esta velocidad $n = 4$ y, consecuentemente, $UC = n \cdot UT = 4 \cdot 2 = 8$ viviendas.

Para facilitar el control, adoptamos una velocidad de $0,5$ viv./día. En este caso:

$$X = UT/V = 2/0,5 = 4 \text{ días}$$

$$C = X (n-1) = 4 (4-1) = 12 \text{ días}$$

Entonces, la ecuación será: $12 + X = nX$

Y el tiempo de construcción por unidad de construcción es:

$$B = C + X = 12 + 4 = 16 \text{ días}$$

La Fig. 65 muestra el ciclo completo para la planta baja, que ha sido ajustado con estos valores.

La conexión o vinculación entre las actividades de la PB y la superestructura está indicada en la Fig. 69 y es tal que, después de terminarse la operación "retiro del encofrado de la losa de PB" del edificio B2, se puede empezar a replantar en el nivel 2 del edificio B2.

Se entiende que en este punto el replanteo para la superestructura del edificio B1 ya ha sido terminado. Hemos considerado que es suficiente dar un margen de tiempo de 3 días entre estos dos ciclos generales.

Fundaciones:

Después de fijar los intervalos, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\text{Para las vigas: } 11 + X = nX$$

$$\text{Para la platea: } 10,5 + X = nX$$

Mantenemos $UT = 2$ viviendas.

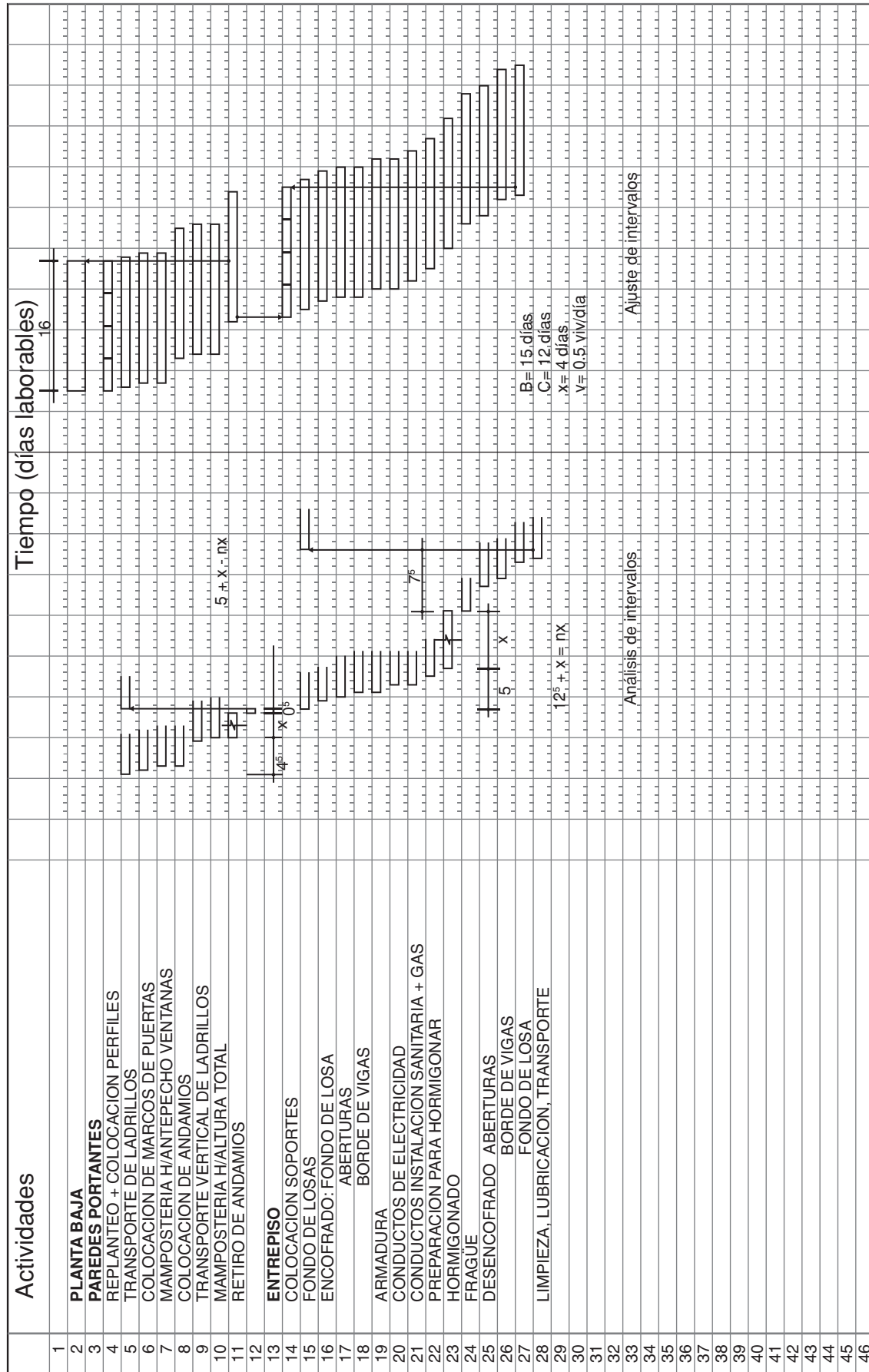


Figura 65

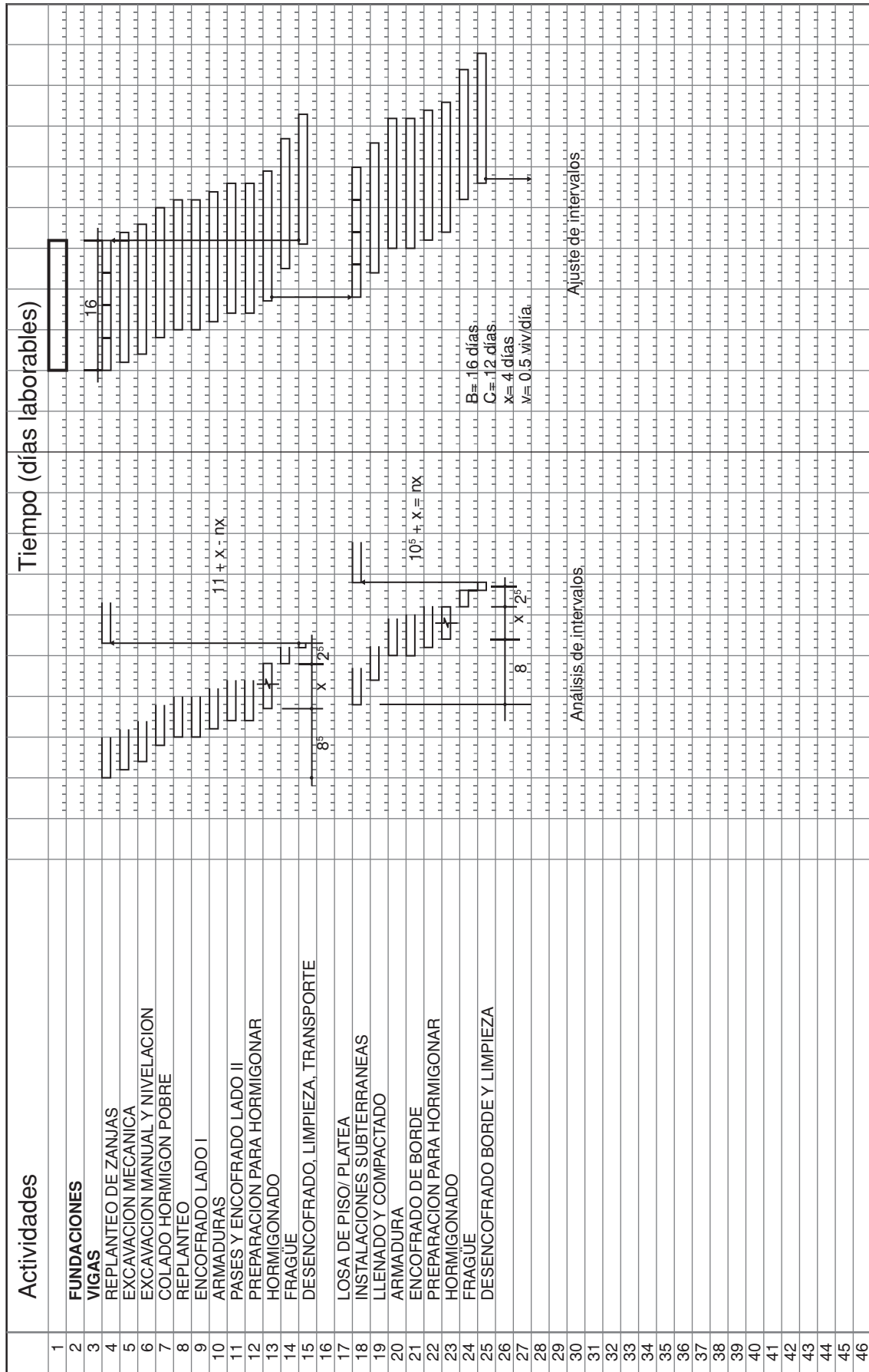


Figura 66

De la primera ecuación se obtiene:

n	X (días)	V (viv./día)
2	11	0,18
3	5,5	0,30
4	3,67	0,54
6	2,20	0,90

La velocidad para las fundaciones debe ser también entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ de la correspondiente a la estructura.

De la tabla anterior vemos que para $V = 0,54$ viv./día; $n = 4$.

Por lo tanto, $UC = n \cdot UT = 4 \cdot 2 = 8$ viviendas.

Adoptando $V = 0,5$ viv./día, que es la misma fijada para la PB, surge $X = 2/0,5 = 4$ días.

$$C = X (n-1) = 4 (4-1) = 12 \text{ días}$$

$$12 + X = nX$$

La Figura 66 muestra el ciclo completo para las fundaciones, que ha sido ajustado según esta ecuación.

La conexión entre la fundación y la planta baja es tal, que cuatro días después de haber empezado a retirar el encofrado de borde de las plateas, se puede empezar el replanteo de las paredes en la PB. Esto se ha determinado a fin de tener un “colchón” o reserva de 2 viviendas entre esas operaciones. Como antes, se fijó un margen de 3 días entre estos dos ciclos generales.

Pilotaje:

Se necesita completar el pilotaje de un *block* para comenzar con las fundaciones.

No vamos a analizar el ciclo de pilotaje en este ejemplo. Estos trabajos, en general, son ejecutados por subcontratistas especializados, quienes ajustarán el tiempo total de construcción generalmente a su conveniencia, teniendo en cuenta que sus trabajos no interferirán con los de las fundaciones.

Se ha fijado el tiempo de construcción para estos trabajos en 198 días.

$$V = 1,4 \text{ viv./día}$$

Terminación de techos:

Los intervalos considerados para la terminación de techos se indican en la Fig. 67.

Es conveniente que el tiempo de construcción para un nivel de la estructura general sea mantenido igual al de la terminación de techos, lo cual significa que la velocidad es la misma en los dos ciclos $V = 1,6$ viv./día.

La conexión entre estos procesos es tal que, después de que se completó y retiró el encofrado del nivel 8 (edificio B2), se puede empezar a terminar los techos en ese mismo edificio. Como antes, hemos fijado 3 días de margen entre estos dos ciclos.

Terminación de obra gruesa:

Los intervalos considerados para este ciclo se muestran en la Figura 67. La conexión entre el ciclo de la ejecución de la estructura y este ciclo se muestra también allí, y es tal que, después de que se terminó la operación “desencofrado del nivel 7 del edificio B1”, se puede comenzar el replanteo de tabiques para la terminación de la obra gruesa en el nivel 7 del edificio B1. Se entiende que los trabajos correspondientes a las terminaciones de obra gruesa del mismo edificio ya han comenzado por encima del nivel 1.

Se ha adoptado una velocidad = 1,6 viv./día, que se corresponde con la de la ejecución de la estructura por las siguientes razones: si tomamos una velocidad mayor, tendríamos que trabajar ha-

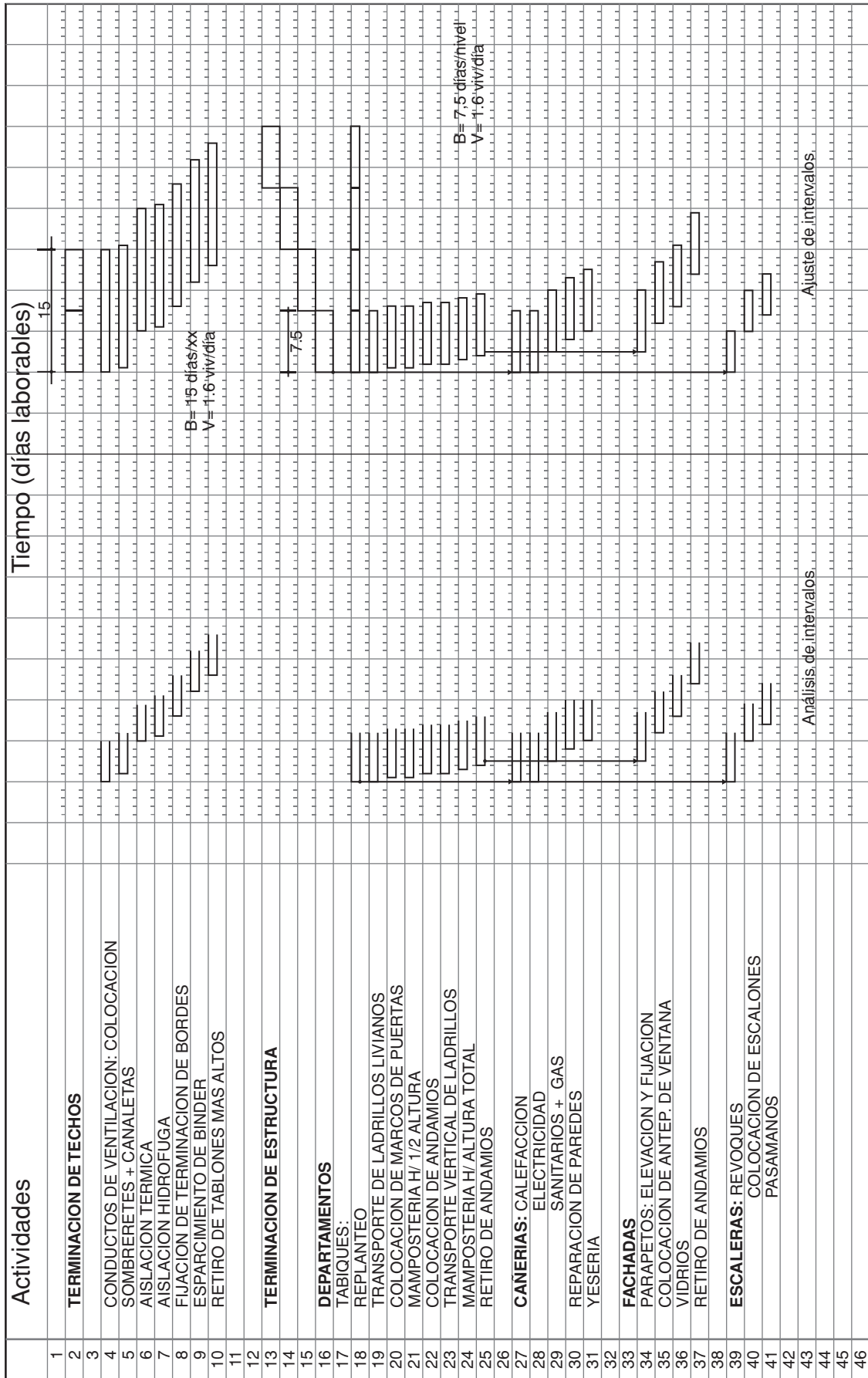


Figura 67

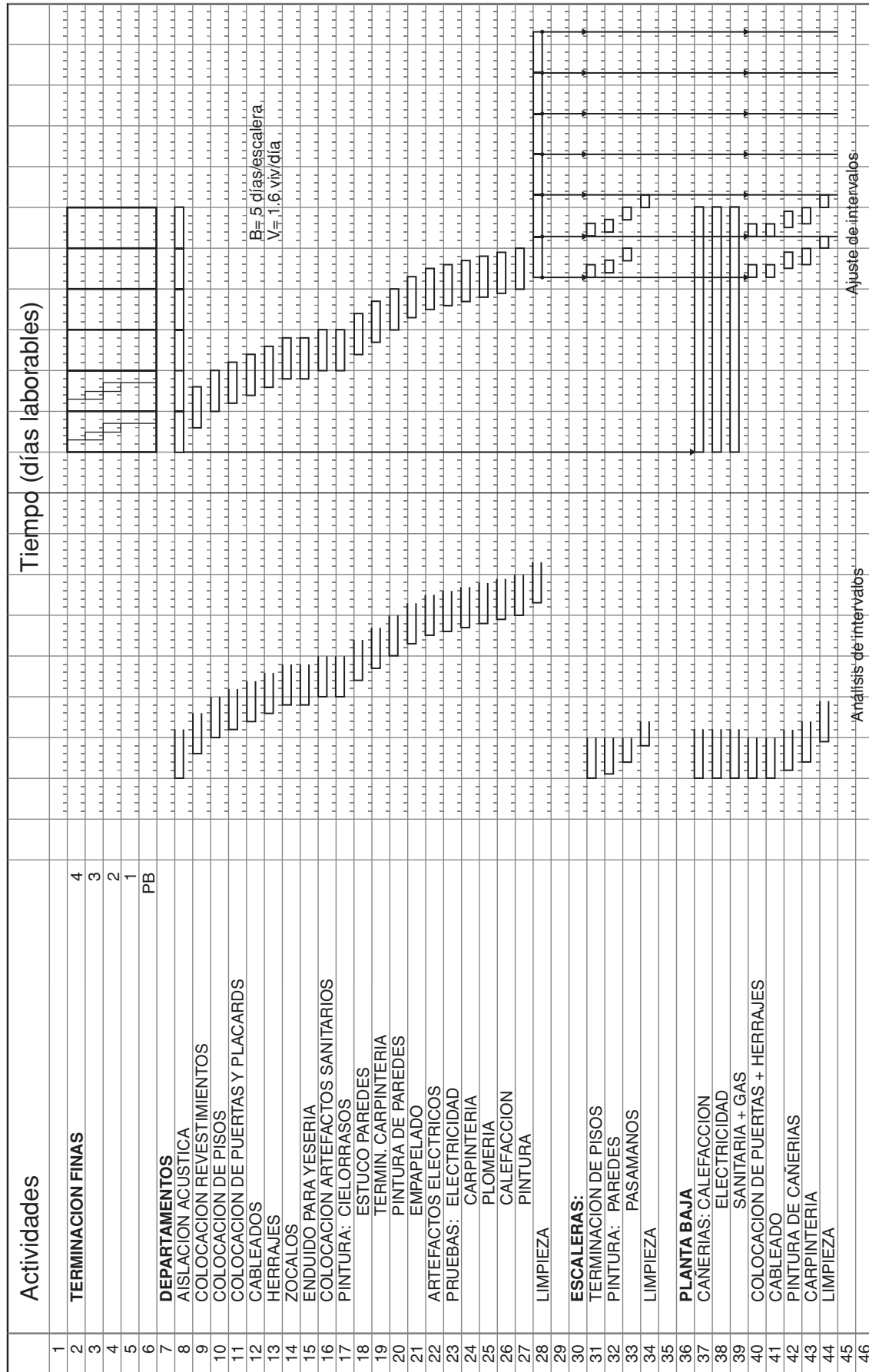


Figura 68

cia el final del ciclo en viviendas cuyas estructuras aún no estarían construidas, lo cual es obviamente imposible. Si la velocidad fuera menor, tendríamos un *stock* de estructuras sin que nadie trabaje en ellas. Esto incrementaría el tiempo de construcción del ciclo, con las obvias consecuencias económicas adversas.

Nuestro espacio de trabajo, en este caso, es un *block*.

Terminaciones finas:

Los intervalos considerados para este ciclo se muestran en la Fig. 68. Aquí es interesante hacer la siguiente reflexión para potenciar el ejemplo. El diseño arquitectónico nos permite entregar las viviendas considerando las circulaciones por las cajas de escaleras, lo que significa efectuar entregas más rápidas que si se entregaran los departamentos por bloques.

Las terminaciones se hacen de arriba hacia abajo por las siguientes razones:

- ésta es la secuencia normal de la limpieza;
- se reduce el tránsito por las escaleras;
- es el método normal para retirar los andamios.

Como en el caso del ciclo “Terminación de obra gruesa”, es también válida la razón para adoptar la misma velocidad que la de la estructura, es decir, $V = 1,6 \text{ viv./día}$.

Nuestro espacio de trabajo es el que corresponde a las viviendas comprendidas por una caja de escaleras (ver Fig. 68).

Una vez que se han determinado todas las conexiones entre etapas, se puede fácilmente dibujar el “Programa General de Trabajos”, para todo el proyecto. En la Figura 69 se ha representado esquemáticamente cómo quedaría dicho programa.

Plan detallado de mano de obra:

Por plan detallado de mano de obra entendemos el estudio del máximo rendimiento posible de la mano de obra en el obrador. Esto determina la naturaleza cuantitativa y cualitativa de las cuadrillas y también su tipo de trabajo.

Con el número de horas-hombre calculadas por unidad de trabajo y la velocidad para cada ciclo, se puede representar, para cada operación, su secuencia relativa, el tamaño de la cuadrilla que la ejecutará y cualquier otra información necesaria, con el objeto de obtener un flujo fluido del trabajo en el obrador.

El programa detallado de mano de obra se obtiene por prueba y error, controlando luego el tiempo por operación con el máximo disponible fijado por la velocidad. La tabla siguiente muestra este tiempo expresado en horas. Se fijó, para cada día, 9 horas laborables.

Ciclo	V	Máximo tiempo por operación por UT	
		Días	Horas
Fundaciones	0,5	4	36
Planta baja	0,5	4	36
Estructura	1,6	1,25	11
Terminación de techos	1,6	1,25	11
Terminación de obra gruesa	1,6	1,25	11
Terminaciones finas	1,6	1,25	11
Terminación de PB	1,6	1,25	11

Las horas laborables indicadas en la tabla muestran el tiempo que transcurre entre la iniciación de la misma operación en dos unidades de trabajo consecutivas; esto es, lo que se ha tenido en cuenta cuando se ha dibujado el plan de mano de obra.

Debe tenerse en cuenta que la misma cuadrilla realiza varias actividades siempre y cuando el número de horas a insumir en la primera tarea no exceda el número de horas de trabajo fijadas para cada una de las unidades de trabajo.

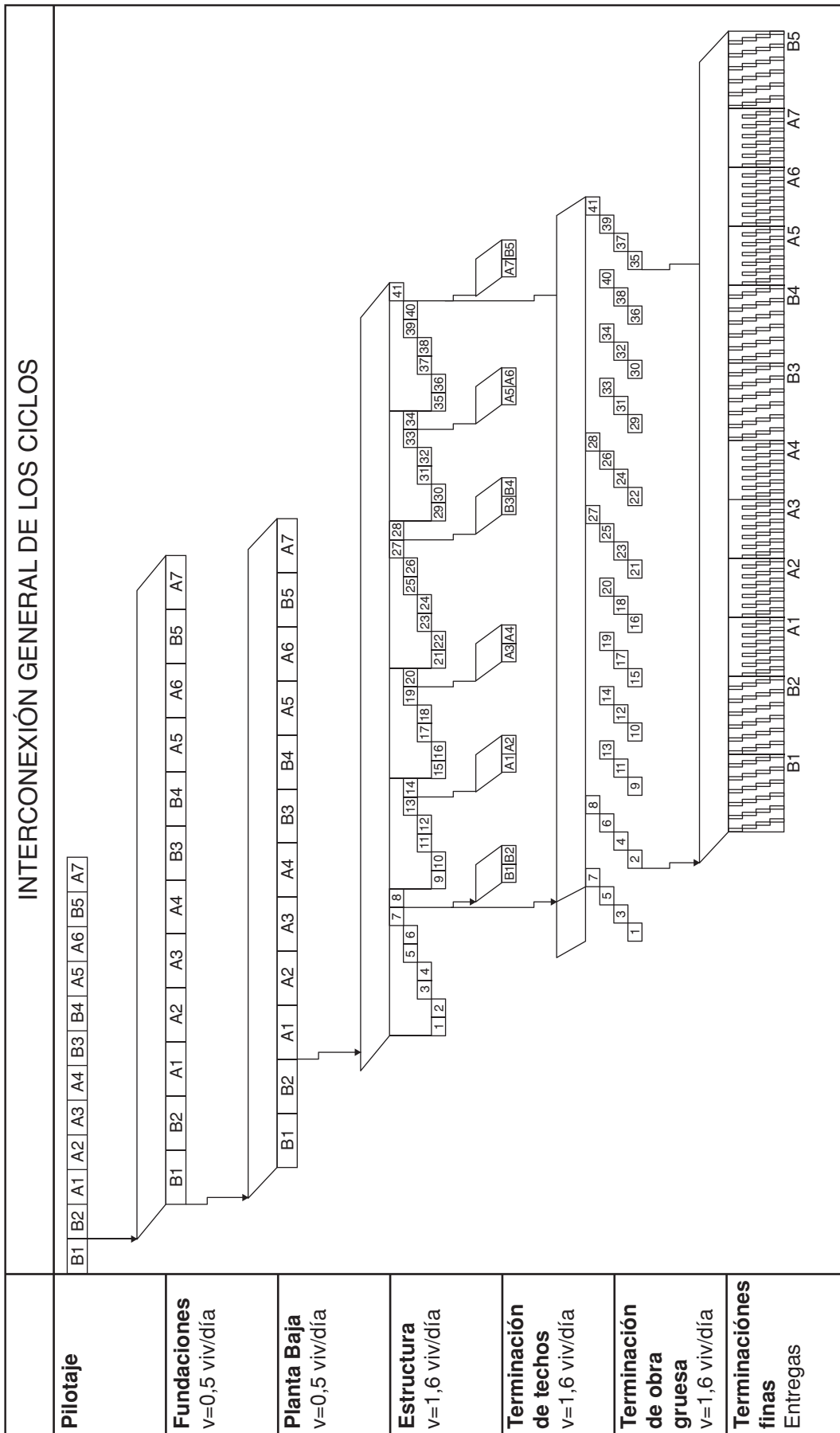


Figura 69

Este procedimiento permite eliminar los tiempos de espera entre operaciones.

Además, se debe hacer un ajuste para cada actividad de acuerdo no sólo con las horas trabajables por día, sino también teniendo en cuenta el tamaño mínimo de las cuadrillas. Esto explica la diferencia entre el tiempo calculado y los tiempos de proceso finales.

Ajuste final de intervalos:

Una consecuencia importante que surge del programa de mano de obra detallado es que los intervalos entre cada una de las operaciones son o ajustados o controlados para que se mantenga el tiempo de construcción $C + X$. Éstos son los intervalos definitivamente adoptados y que se muestran en la Figura 69, "Programa General de Trabajos" (esquemático).

Como ya se ha indicado, con el Programa General de Trabajos, se pueden analizar las provisiones de materiales y su ubicación en el obrador, a fin de reducir espacios innecesarios y *stocks* al mínimo compatible.

4.1.1.4. Ciclogramas - Programación por líneas de balance

Ya dijimos que en muchos proyectos de la industria de la construcción (barrios de viviendas, edificios en torre, etc.) aparecen tareas repetitivas, como consecuencia de que los mismos pueden ser divididos en secciones similares, no necesariamente idénticas. Lo importante es que las tareas aparecen en todas las secciones siguiendo la misma secuencia y las cuadrillas de obreros que las ejecutan pueden trabajar sucesivamente ingresando cada cuadrilla a una sección después que la anterior ha completado allí su tarea. Este análisis ya lo consideramos con el desarrollo del sistema anterior, y vimos que esto hace posible programar el trabajo sobre bases similares a las de una línea de producción industrial.

Para lograr una visualización clara del plan de ejecución, éste tiene que ser representado por un modelo adecuado. El uso de un modelo también es esencial para una evaluación completa y objetiva de las alternativas de planeamiento, y para el control de los trabajos en ejecución. El modelo más adecuado para el tipo de proyectos descriptos, divisibles en secciones similares pero no necesariamente idénticas, es el *ciclograma*.

En un ciclograma, el avance del trabajo para cada cuadrilla se indica mediante la representación gráfica de la función $m = f(T)$, donde m es el número de secciones completadas y T , el tiempo transcurrido desde el comienzo de los trabajos. La función es siempre creciente y, debido al hecho de que a veces algunas de las cuadrillas, después de terminar una sección no pueden ingresar a la siguiente, puede ser discontinua. Dentro de intervalos pertenecientes a una sección determinada, se supone siempre que la función es lineal con una pendiente igual al grado de avance de los trabajos.

(El ciclograma puede representarse en forma analítica, apropiada para las comparaciones, usando una notación matricial. La matriz contará con n filas y m (o $m+1$) columnas, siendo n el número de cuadrillas y m el número de secciones).

Su representación está dada por una serie de barras inclinadas, correspondiendo cada una a las distintas tareas. La gran diferencia con los tradicionales programas por líneas de barras o Gantt es que las barras están inclinadas según distintas pendientes, para demostrar el ritmo de trabajo de cada una de las tareas y así visualizar la relación entre cuadrillas y velocidad de trabajo de una tarea con otra, poniendo en evidencia el riesgo de colisión o cuadrillas desbalanceadas.

Veamos algunas definiciones (reiteraremos algunas ya vistas, pero creemos que así será más clara esta presentación).

- Sección: Parte de un proyecto en la cual una cuadrilla de operarios realiza y completa una tarea específica antes de moverse a la sección siguiente. Cualquier cuadrilla sucesiva entra a la sección sólo después de que la precedente ha cumplimentado su trabajo.
- Módulo rítmico: el tiempo requerido por una cuadrilla para completar una sección.

- Grado de avance: Es la recíproca del módulo rítmico. Ej.: La cantidad de trabajo completado en un día, siendo una sección la unidad de medida.
- Tiempo de espera: Tiempo transcurrido entre la terminación de una sección por una cuadrilla y el comienzo del trabajo en la misma sección por la cuadrilla siguiente. Un tiempo de espera puede ser originado por razones tecnológicas (tales como curado del hormigón), o motivos de organización (tales como retardar el comienzo de los trabajos que tienen un alto grado de avance con el objeto de evitar interferencias con una cuadrilla que la preceda más lenta).

Como vamos a aplicar algunas fórmulas, es importante conocer el significado de los símbolos a utilizar.

m = número de secciones.

n = número de cuadrillas (tareas).

$j = 1, 2, \dots, m$ subíndice de secciones.

$i = 1, 2, \dots, n$ subíndices de cuadrillas (tareas).

k_i = módulo rítmico de la i ésima cuadrilla.

z_i = tiempo de espera entre las tareas i e $i + 1$.

t_i = tiempo necesario para la ejecución de las tareas iniciales en el obrador.

t_f = tiempo requerido para la ejecución de las tareas finales en el obrador.

t_m = tiempo necesario para la ejecución de todas las tareas en una sección.

T = tiempo total necesario para computar todas las tareas del proyecto.

t^*m = tiempo requerido para la ejecución de todas las tareas que han sido completadas antes de que se comiencen los trabajos en la sección siguiente.

Algunas de las tipologías de esta técnica o sistema de programación son:

- Programación secuencial
- Programación paralela
- Programación por líneas continuas de producción
- Programación por líneas de balance

i) Programación secuencial:

En este caso, el trabajo en cada sección se comienza sólo después de que todas las secciones previas (o cierta parte de ellas) han sido completadas (ver Fig. 70).

La fórmula para el tiempo total requerido para completar todos los trabajos, partiendo de un programa secuencial de las tareas, está dada por:

$$T = t_i + t_f + m \cdot t_m = t_i + t_f + m \sum_{i=1}^n (k_i + z_i)$$

Cuando las actividades se programan de esta forma, el tiempo total de duración se extiende considerablemente y las distintas cuadrillas no tienen posibilidad de avance continuo, siendo transferidas generalmente de una tarea a otra. Si hay equipo mecánico en el obrador, tiene generalmente un bajo grado de utilización, originado por frecuentes periodos inactivos.

Sin embargo, en algunos casos especiales, este método es el más adecuado (por ejemplo, para algunos casos de edificios en torre, para el uso repetitivo de un molde especial del cual sólo se dispone de un juego).

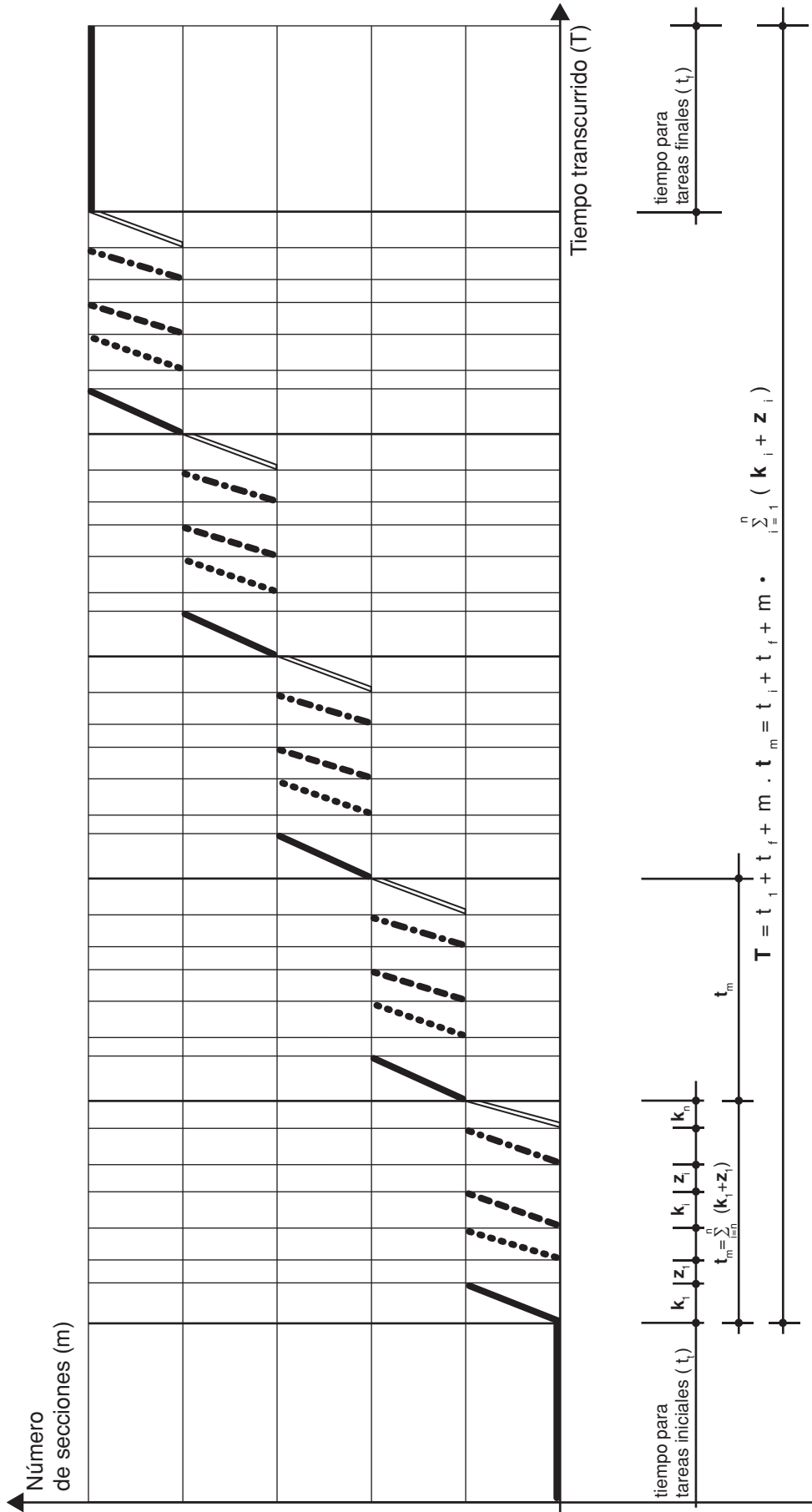


Figura 70. Programación secuencial de tareas

ii) Programación paralela:

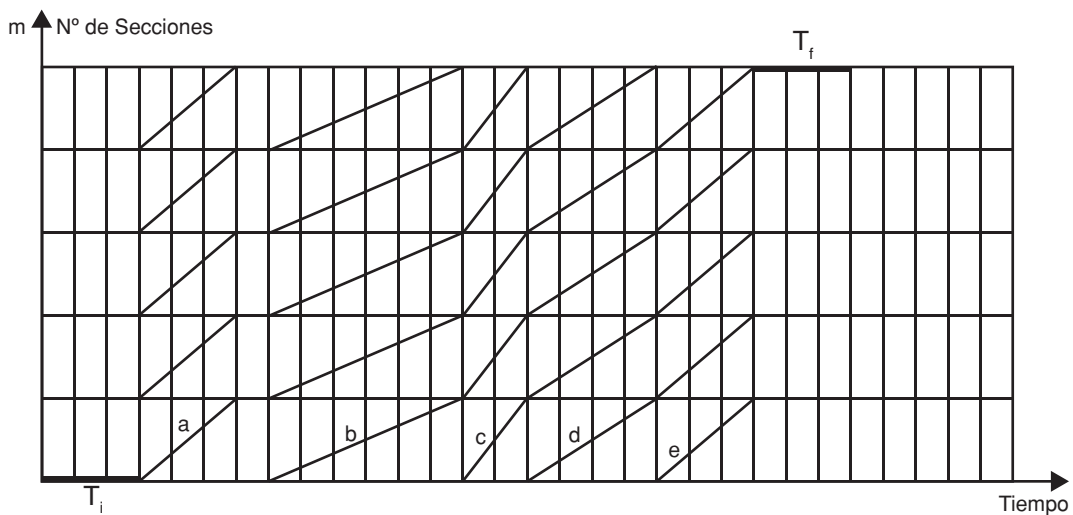
En programación paralela, los trabajos comienzan simultáneamente en todas las secciones, y las tareas que son similares son ejecutadas sobre todas las secciones al mismo tiempo (ver Fig. 71).

La fórmula para el tiempo total requerido para completar todos los trabajos, partiendo de una programación paralela de los trabajos, está dada por:

$$T = t_i + t_f + \sum_{i=1}^n (k_i + z_i)$$

Este método origina el tiempo total de ejecución más corto. Sin embargo, requiere de la movilización de un número mayor de cuadrillas y de equipos, siendo entonces más caro. Se aplica sólo a proyectos para los cuales el plazo de ejecución es de mayor importancia que las consideraciones financieras (por ejemplo, un proyecto de viviendas para familias desalojadas bajo condiciones de emergencia).

Tareas	Duración	Tiempo de espera
a) Replanteo y fundaciones	3 días	1
b) Mampostería portante y cubierta	6 días	
c) Tabiques interiores	2 días	
d) Revoques exteriores e interiores	4 días	
e) Terminaciones	3 días	



Tiempo total de ejecución = $T_i + T_f + \sum_{i=1}^m (K_i + Z_i)$

Figura 71

iii) Programación con líneas continuas de producción:

En este tipo de programación, las cuadrillas trabajan en forma continua, moviéndose, sin interrupción, de una sección a otra (ver Fig. 72).

Es, en consecuencia, más ventajosa que los otros métodos de programación.

Comparando con la programación paralela, permite la especialización de las cuadrillas en la realización de una determinada actividad y no requiere una movilización numerosa de operarios y equipos, que sólo son necesarios para un periodo corto de tiempo. Comparando con la programación secuencial, permite un trabajo continuo, sin interrupciones, y un tiempo menor de operación para los proyectos.

Los grados de avance y los módulos rítmicos de las diferentes cuadrillas no son necesariamente iguales. Más aún, la cantidad de trabajo a realizar por una determinada cuadrilla puede ser distinta de sección a sección. Esto puede crear conflictos cuando una de las cuadrillas avanza, llegando eventualmente a una sección que todavía no ha sido completada por la cuadrilla previa, que trabaja a un ritmo más lento. Con el objeto de evitar esta situación, se deben prever intervalos entre los comienzos de las tareas de cada cuadrilla.

Estos intervalos deben ser calculados en forma tal que se eviten “colisiones” entre las distintas tareas y además no se originen atrasos innecesarios.

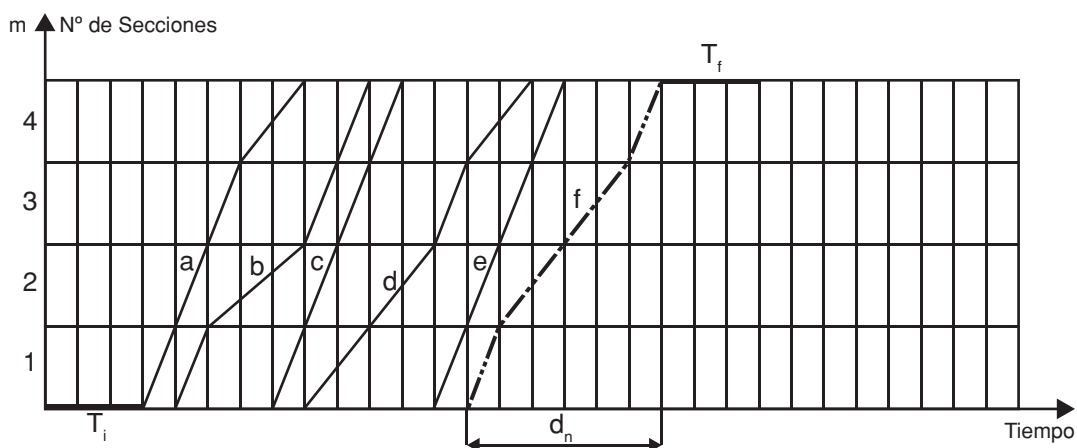
Si el intervalo satisface estas condiciones, se llama “distancia inicial crítica”. Algunos trabajos sobre estos temas utilizan la expresión “distancia crítica” y se refieren a la distancia mínima entre dos tareas adyacentes, no necesariamente entre sus comienzos.

Esta distancia crítica inicial puede calcularse analíticamente para cada par de tareas, pero es más fácil determinarla gráficamente sobre el ciclograma.

La fórmula para el tiempo total requerido para la terminación de las tareas, para una programación basada en líneas continuas de producción, es:

$$T = t_i + t_f + \sum_{i=1}^n c_i + d_n$$

En esta expresión, c_i representa la distancia crítica inicial entre las áreas i e $i+1$. Y d_n es el tiempo de duración de la última tarea.



$$\text{Tiempo total de ejecución} = T_i + T_f + \sum_{i=1}^{m-1} C_i + d_n$$

C_i = distancia inicial crítica

Figura 72

iv) Programación por líneas de balance:

Si todas las secciones contienen una cantidad igual de trabajo, y los grados de avance de las distintas cuadrillas son idénticos (de ahí los módulos rítmicos), $k_i = k$ para $i = 1, 2, \dots, n$, esto se considera como programación con líneas de balance o programación rítmica, dado que es otra forma de representar lo que ya vimos en el capítulo respectivo (ver Fig. 73). Puede ser visualizado como un caso especial de producción con líneas continuas. Este método de programación conduce a los mejores resultados, partiendo de la base de que no existen condiciones que puedan interferir en su realización. El tiempo necesario para la terminación de un proyecto, programado con este método, es menor que para la programación con líneas continuas: hay un menor riesgo de perturbaciones y un mayor grado de estandarización del trabajo.

La fórmula para el tiempo total requerido para terminar los trabajos es:

$$T = (m + n + 1)k + \sum_{i=1}^{n-1} z_i + t_i + t_f$$

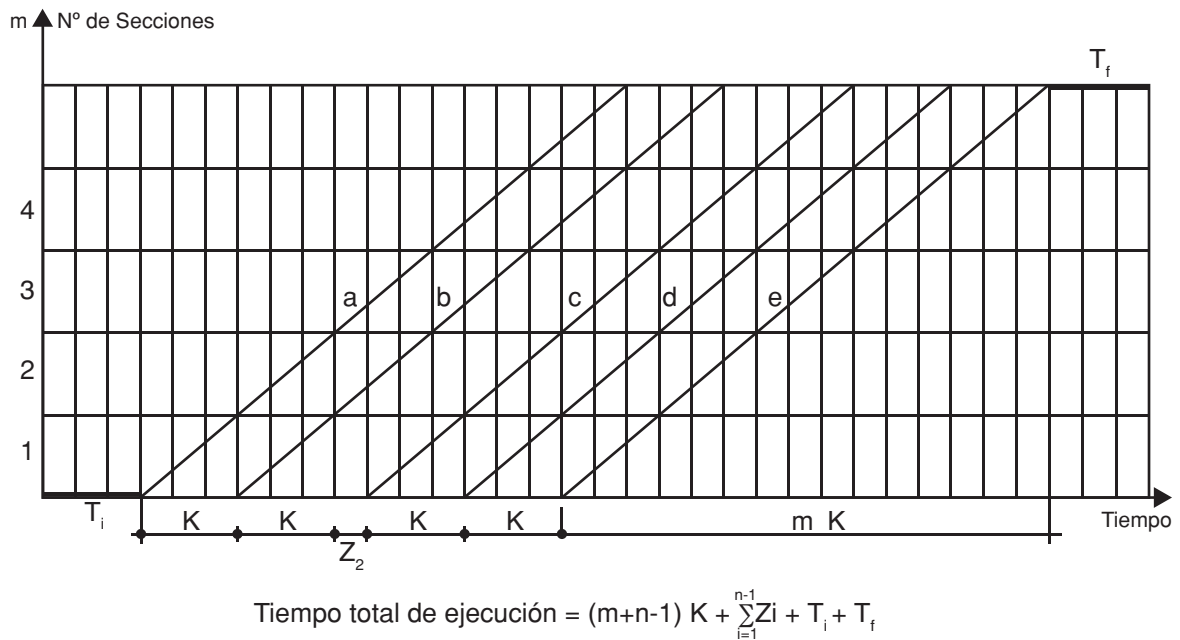


Figura 73

Periodo pico de producción de un proyecto:

La producción en un proyecto alcanza el pico después de que la última cuadrilla fue introducida en el ciclo de producción y comienza a declinar después de que la primera cuadrilla ha cumplido con sus tareas.

Es durante este periodo que los recursos empleados han sido usados en forma más efectiva, produciendo, para cada unidad de tiempo, $1/k$ secciones ($k =$ módulo rítmico).

Si el proyecto en cuestión es un proyecto de viviendas, consistente en c unidades de viviendas por sección, el número de unidades de viviendas producidas en cada unidad de tiempo será c/k .

La duración del periodo pico puede ser calculada usando la fórmula para la duración de series ejecutadas rítmicamente, de la cual los tiempos necesarios para la introducción y salida de las cuadrillas son restados.

$$T_p = k(n-1+m) + \sum_i z_i - 2 \{k \cdot (n-1) + \sum_i z_i\}$$

$$T_p = k \cdot m - \{k \cdot (n-1) + \sum_i z_i\}$$

Sin embargo, en algunos proyectos, la salida de la primera cuadrilla del ciclo de producción ocurre antes de que se introduzca la última cuadrilla. En este caso, la expresión vista tendrá un valor negativo y no existe un periodo pico de producción en el sentido definido previamente (Fig. 74).

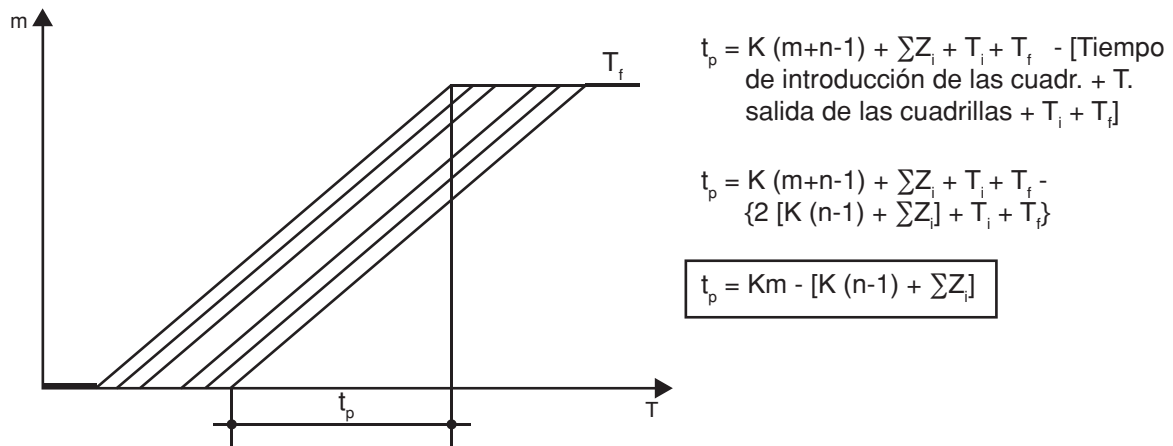


Figura 74

Consideraciones y factores que influyen en la programación de un proyecto:

De las técnicas aplicables a la programación de proyectos divisibles en secciones similares pero no necesariamente idénticas, la más conveniente, siempre que las condiciones lo permitan, es la de programación rítmica o por líneas de balance. En consecuencia, todos los factores y consideraciones que se mencionan en esta sección se analizan desde el punto de vista de esta programación.

Estos factores tienen en cuenta algunos fenómenos que influyen en la extensión del tiempo total de ejecución del programa y otros que impiden el uso puro de esta programación.

a) Influencia del módulo rítmico: Es el parámetro más importante que influye en el tiempo de terminación de proyectos programados por líneas de balance o rítmicos.

Derivando con respecto a k la ecuación vista para la determinación del tiempo total de ejecución, se obtiene la siguiente relación:

$$T = k(m+n-1) + \sum_i z_i \quad dT/dk = (m+n-1)$$

De esto surge que cualquier incremento de k modificara el tiempo total de ejecución en un múltiplo de ese incremento, siendo el múltiplo dependiente del número de cuadrillas n y del número de secciones m .

Un cambio en el ritmo para una tarea se puede lograr por un incremento o una disminución de la mano de obra que la ejecuta. Obviamente, para cada tarea existe un tamaño máximo y otro mínimo de las cuadrillas que la ejecutan, dependiendo del tamaño de la sección.

Es importante, cuando se está en presencia especialmente de construcción de viviendas, tener datos referidos a tamaño de cuadrillas para diferentes tareas y los correspondientes rendimientos.

b) Influencia de una actividad retardada sobre el tiempo final: Una actividad retardada demorará siempre el tiempo de terminación de un proyecto programado por este método, sin tener en cuenta la ubicación de dicha actividad entre las otras tareas (ver Fig. 75).

El grado de demora será igual, en este caso, a lo expresado por la siguiente ecuación:

$$m \cdot kr - mk = m (kr - k) = \Delta T$$

En esta expresión, m es el número de secciones, k es el ritmo general de las actividades y kr es el ritmo de la actividad retardada.

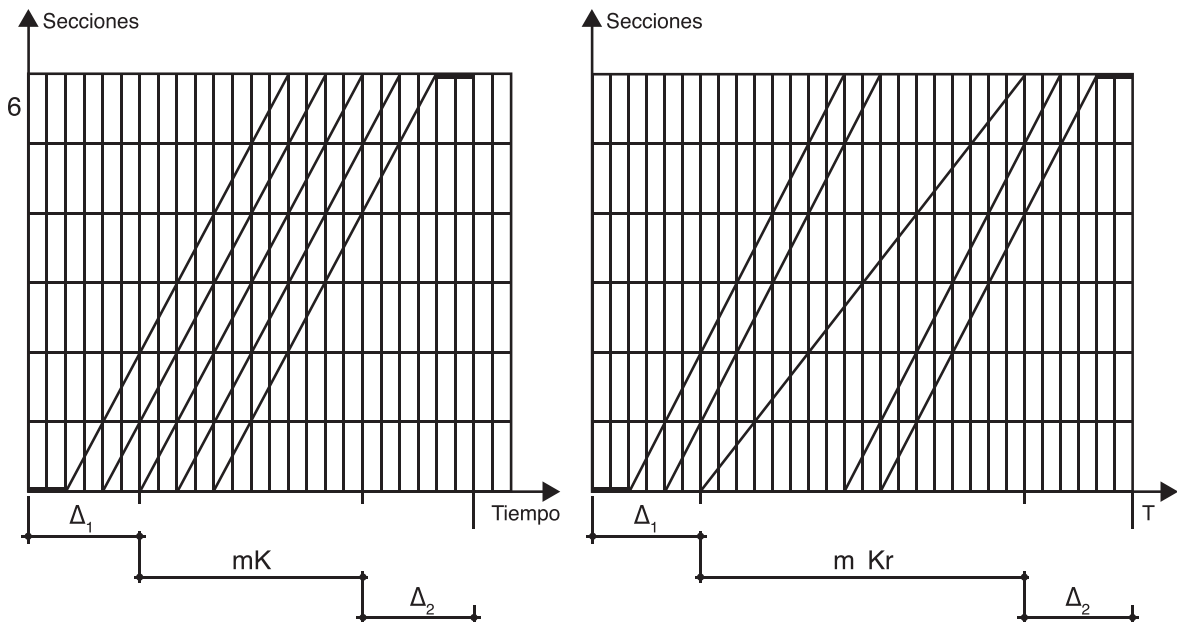


Figura 75

c) Influencia de la actividad acelerada: Una actividad acelerada también demorará el tiempo de terminación de los trabajos programados rítmicamente, siempre que esa actividad no esté ubicada como primera o última actividad (ver Fig. 76).

El grado de demora está expresado por la siguiente ecuación (ka es el ritmo de la actividad acelerada):

$$k (m-1) - ka (m-1) - (k-ka) = (m-2) \cdot (k-ka) = \Delta T$$

Si la actividad acelerada está ubicada al principio o al final del proceso, ello significará una reducción en el tiempo de terminación requerido, dado por el valor relativamente pequeño de $(k-ka)$, que se gana en la primera sección, si la actividad acelerada está al final.

Si el módulo rítmico de las actividades que preceden a la actividad acelerada se toma igual al ritmo de la actividad acelerada ka , resultará una reducción en el tiempo total requerido de $(k-ka) \cdot n'$, siendo n' el número total de todas las actividades aceleradas. La misma reducción resultará si el módulo rítmico de todas las actividades siguientes se toma igual a ka .

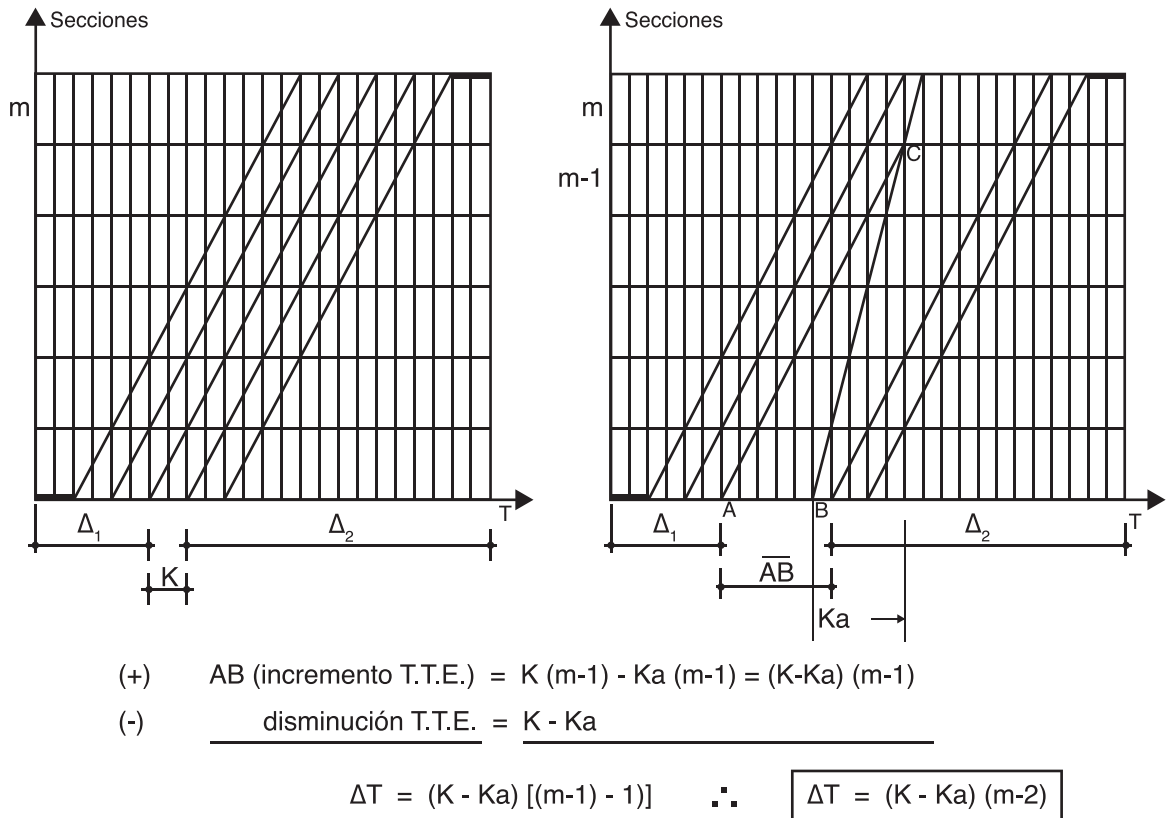


Figura 76

Esta reducción se debe a la reducción de los intervalos siguientes, respecto a las actividades aceleradas precedentes.

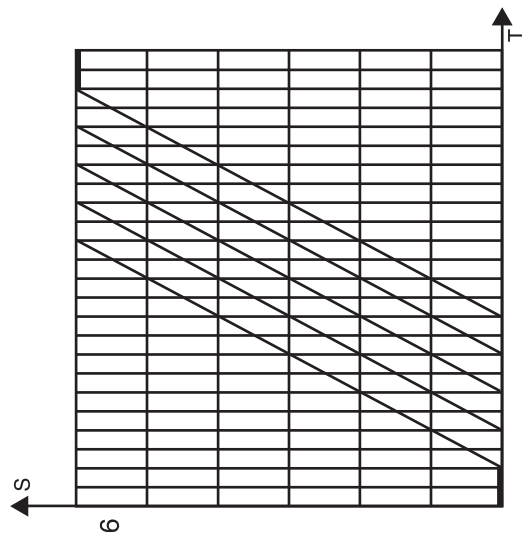
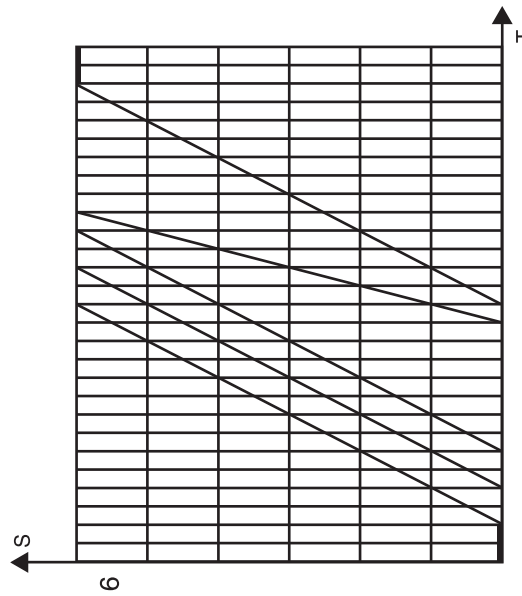
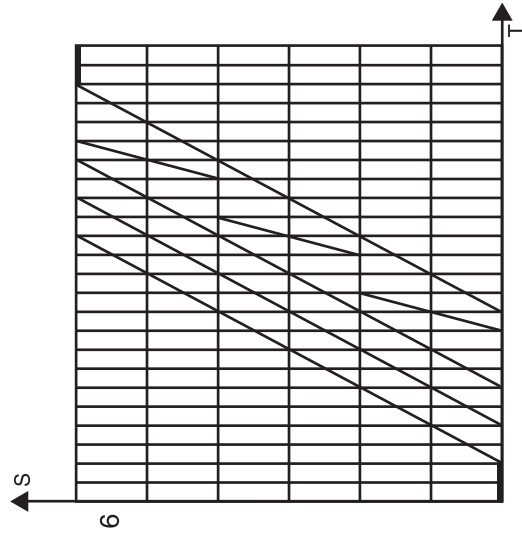
Sin embargo, los ahorros de tiempo resultantes serán sustancialmente menores que los ahorros que se obtendrían si los rendimientos se mejorasen para todas las cuadrillas.

Esto se puede apreciar según la siguiente ecuación:

$$(k-ka).n' \qquad (k-ka).(m + n-1)$$

d) Influencia de una actividad acelerada dividida: Si la actividad acelerada, ubicada entre otras actividades, se divide, limitando su continuidad, el grado de demora se puede reducir. El cálculo del monto de la demora se obtiene sustituyendo m por m/q en las formulas anteriores (q es el número de partes iguales en las cuales ha sido dividida la actividad). Ver Fig. 77.

$$\begin{aligned} k(m/q - 1) - k_a(m/q - 1) - (k - k_a) &= \\ (k - k_a)(m/q - 1) - (k - k_a) &= (m/q - 2).(k - k_a) = \Delta t \end{aligned}$$



Si $\frac{m}{q} = 2$

$\Delta T = 0$

En el ejemplo: $m = 6$ $q = 3 \longrightarrow \Delta T = 0$

Figura 77

e) Influencia del número de secciones: El número de secciones en un proyecto está condicionado por el tamaño del mismo, por aspectos de diseño o tecnológicos y por consideraciones de organización en la ejecución de los trabajos.

Se debe prestar especial atención a la determinación del número de secciones por piso en un proyecto de muchos pisos. En este caso, la posibilidad de ejecutar la primera actividad, referida a la elevación de la estructura, depende no sólo de la terminación de la misma actividad en la sección previa, sino también de la terminación de alguna de las otras tareas que le siguen. Una dependencia típica de este tipo ocurre en la construcción de edificios en torre convencionales, en los cuales la primera actividad a realizar en un nuevo piso, por ejemplo, el replanteo, encofrado y colocación de armaduras para las columnas y el núcleo escalera-ascensores, no puede realizarse antes de que el encofrado, armadura, colocación de caños de electricidad y hormigonado hayan sido completados en el piso anterior. De ahí que en este tipo de edificios se necesitan 3 o 4 secciones por piso si se desea trabajar en forma continua. Si más de un edificio se construye simultáneamente, todos los edificios en forma conjunta proveen el número de secciones necesarias para obtener un proceso continuo y el número de secciones por piso en un edificio puede ser reducido en forma proporcional (por ejemplo, si para un edificio se requerirían 4 secciones por piso, esto puede ser reducido a 2 en un proyecto con dos edificios y a 1 en un proyecto con cuatro edificios).

Debido a una mejor continuidad, el programa de los trabajos en un obrador con cuatro edificios altos puede ser casi el mismo que en un solo edificio, con una sección por piso, que debe ser ejecutado por medio de una programación paralela.

Si el número de secciones por piso no es suficiente, con el objeto de brindar un avance continuo a las cuadrillas en la construcción de la estructura, se debe demorar el comienzo de los trabajos en cada uno de los pisos subsiguientes.

El valor de la demora es igual a la diferencia entre el tiempo necesario para terminar en la primera sección todas las tareas que se requieren para pasar al piso siguiente y el tiempo necesario para que la primera cuadrilla cumpla su tarea en todas las secciones de un piso.

$$d = \sum_{i=1}^w k_i + \sum_{i=1}^{w-1} z_i - y_k$$

En esta ecuación:

d = La demora causada por hacer un número insuficiente de secciones por piso.

w = Número de tareas que se ejecutarán para posibilitar la realización de los trabajos en el piso siguiente.

k_i = El módulo rítmico de la cuadrilla que está ejecutando la tarea.

z_i = El tiempo de proceso de espera que sigue a la terminación de la tarea i .

y = Número de las secciones por piso.

Esta ecuación presupone que todas las secciones del proyecto son idénticas en lo referente al trabajo que contienen. Si el módulo rítmico es el mismo ($k = k_1, k_2, k_3, \dots, k_w$) en todas las actividades, la ecuación toma la siguiente forma:

$$d = k(w - y) + \sum_{i=1}^{w-1} z_i$$

El tiempo total T' requerido para la elevación de la estructura de una casa de S pisos ($Sy = m$) y módulo rítmico k en todas las actividades relacionadas con la elevación de la estructura será:

$$T = k(w + m - 1) + \sum_{i=1}^{w-1} z_i + (S - 1) \left[(kw - y) \sum_{i=1}^{w-1} z_i \right] = k(Sw + y - 1) + S \sum_{i=1}^{w-1} z_i$$

Cuando $y = 1$, entonces $S = m$ y la expresión es:

$$T' = km \cdot w + m \sum_{i=1}^{w-1} z_i = m(w \cdot k + \sum_{i=1}^{w-1} z_i)$$

El valor obtenido es idéntico al de la programación secuencial, con los mismos módulos rítmicos para todas las actividades.

Otro aspecto relacionado con el número de secciones en un proyecto es la determinación del tamaño de la sección. Cuanto más pequeño sea el tamaño de la sección, más pequeño será el intervalo entre las distintas cuadrillas; de ahí que el tiempo total necesario para la terminación del proyecto también se acortará.

Consideremos la fórmula para la duración total de un proyecto basado en programación por líneas de balance o rítmica.

$$T = k(m + n - 1) + z_i + t_i + t_f$$

Adoptando que cada una de las secciones ha sido dividida en secciones más pequeñas, y que el módulo rítmico es proporcional al tamaño de la sección, será k/r para la sección más pequeña.

Para el tiempo total del proyecto se obtendrá el valor T_d siguiente:

$$T_d = k/r(mr + n - 1) + \sum z_i + t_i + t_f$$

De aquí que la diferencia entre el tiempo requerido para un proyecto dividido en m secciones y el tiempo requerido para el mismo proyecto dividido en mr secciones será:

$$\begin{aligned} T - T_d &= k(m + n - 1) + \sum z_i + t_i + t_f - \{kr.(mr + n - 1) + \sum z_i + t_i + t_f\} \\ &= k(n - 1 - \frac{n-1}{r}) = k(n-1) \cdot (1 - \frac{1}{r}) \end{aligned}$$

Considerando esta última expresión, se puede ver que los ahorros emergentes de una división del proyecto en secciones más pequeñas crecen con el incremento del número de cuadrillas y el módulo rítmico, disminuyendo el tamaño de la sección.

Un aspecto importante para recordar es que cualquier división del proyecto debe brindar secciones lo suficientemente grandes como para acomodar las cuadrillas necesarias de trabajo.

Se debe prestar atención al hecho de que un proyecto dividido en secciones de tamaño pequeño requiere un grado mayor de organización y coordinación en razón de los intervalos más exigidos entre la ejecución de las distintas tareas. En un proyecto dividido en secciones grandes, los intervalos más largos entre las tareas pueden brindar suficiente tiempo libre para ajustes, que permitirán llevar el progreso del trabajo hacia el camino pensado.

Otro factor que debe ser recordado cuando se programan las actividades de un proyecto es el grado de dispersión de las tareas en el obrador. Un área extendida donde se desarrollen los trabajos requiere generalmente de mayores recorridos, más equipo y un esfuerzo extra de supervisión.

El modo en que se divide el proyecto en secciones puede afectar el grado de dispersión. En primer lugar, cuanto más pequeño sea el tamaño de las secciones en las que ha sido dividido el proyecto, más cerca estarán las cuadrillas trabajando entre sí. Otra regla a tener en cuenta para proyectos de vivienda de varios edificios altos: el trabajo será ejecutado simultáneamente sólo en el menor número de edificios que brinde una cantidad suficiente de secciones para un proceso de trabajo continuo (por ejemplo, si el proyecto consiste en 8 edificios, cada uno de los cuales brinda 2 secciones, y 4 secciones son suficientes para un trabajo continuo, el mismo debe ser ejecutado sólo en 2 edificios simultáneamente).

f) División de un proyecto en varias unidades organizativas: La fórmula para la programación rítmica puede ser descompuesta en dos partes básicas (no considerando por ahora el tiempo requerido para las tareas iniciales y finales):

- $k(n-1) + z_i$, que es el tiempo necesario al introducir todas las cuadrillas en el ciclo de producción (esta parte no depende del número de secciones que han sido ejecutadas).
- $k \cdot m$, que es el tiempo necesitado por la última cuadrilla para realizar su tarea en todas las secciones.

Por separar un proyecto en varios subproyectos, cada uno de ellos ejecutado por una unidad organizativa separada, la que contiene su propio equipo y mano de obra, sólo se puede reducir la segunda parte a un valor de km/g , siendo g el número de unidades organizativas en el que ha sido dividido el proyecto. El tiempo necesario para la introducción de las distintas cuadrillas en el ciclo de producción permanece inalterado.

La reducción del tiempo total de ejecución del proyecto es la diferencia entre el tiempo necesitado por la última cuadrilla para el cumplimiento de su tarea en todas las secciones m , y el tiempo necesario para la ejecución de las mismas actividades en las secciones m/g .

$$T = k \cdot m - k \cdot m/g = k \cdot m (1 - m/g)$$

Por otro lado, el tamaño de las cuadrillas y el equipo se deben incrementar proporcionalmente al aumento de g , y se mantendrá la misma relación de avance en el proyecto dividido. Tomando en cuenta este requerimiento, junto con el hecho de que una división más ortodoxa nunca puede dar un tiempo total de terminación debajo del tiempo requerido al introducir todas las cuadrillas en el ciclo de producción, surge como evidente que una división es apropiada sólo cuando el proyecto contiene un número relativamente grande de secciones, o cuando la reducción del tiempo que puede obtenerse es de una importancia relativamente grande.

Luego de esta visión general teórica sobre ciclogramas, veamos un ejemplo de aplicación de programación por líneas de balance para un proyecto de viviendas, para apreciar la simplicidad de su uso.

Para ello, consideremos la programación para un conjunto de 220 viviendas.

Las condiciones que fija el contrato con el contratista son: terreno disponible, con canalizaciones bajo tierra de desagües, agua, etc., para el día 18 de abril; un plan de entrega de viviendas terminadas de 10 por semana y fecha de terminación total para la construcción de todas las viviendas para el 28 de julio del año siguiente.

Sobre la base de estos parámetros contractuales se determina el programa de entregas indicado en la Figura 78.

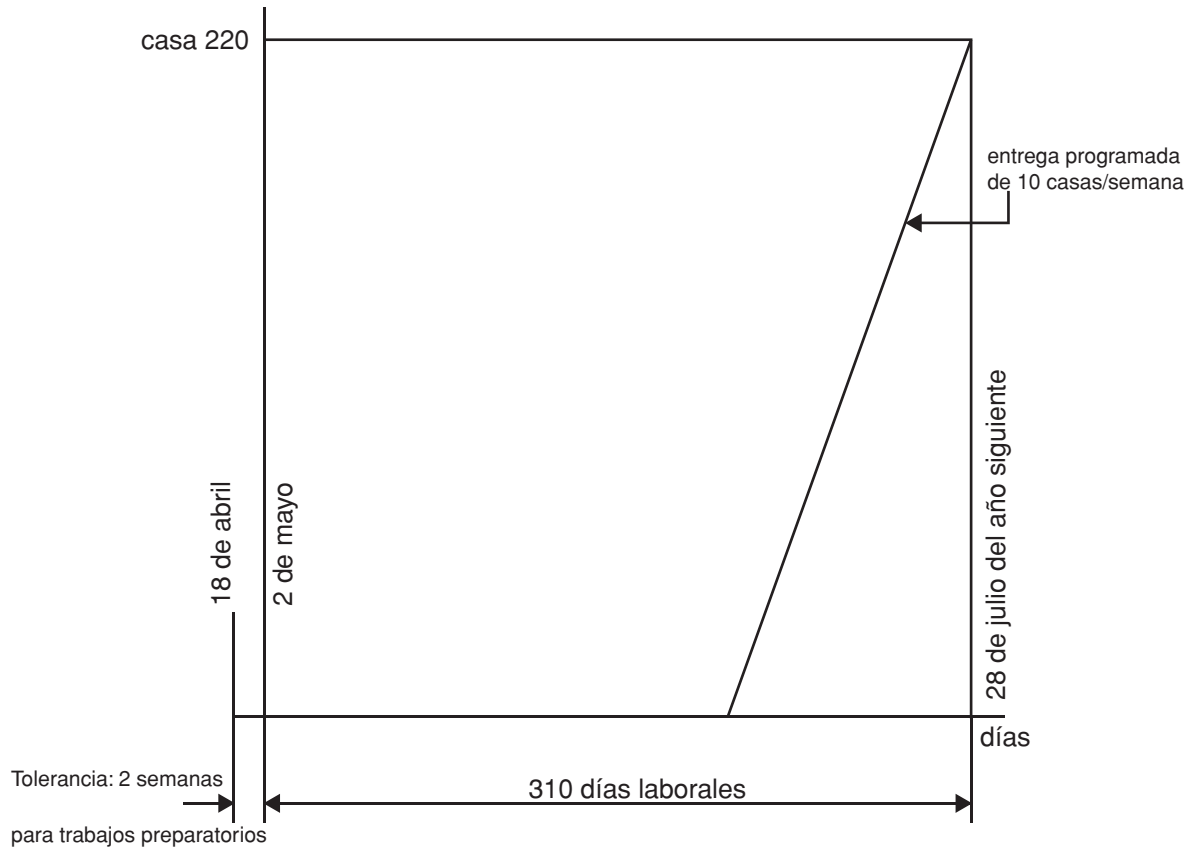
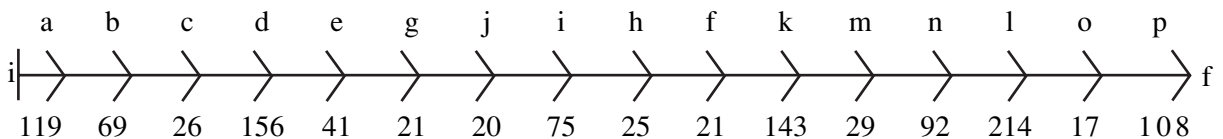


Figura 78

Luego, el contratista debe considerar los recursos necesarios para obtener esa producción. Como todas las casas son del mismo tipo, se analiza la construcción de una casa y se programa el flujo de producción para las 220 viviendas, reduciendo al máximo el uso ineficiente y antieconómico de equipos y mano de obra, o, dicho en otros términos, tratando de mejorar al máximo la productividad.

Preparamos un diagrama lógico para el método de construcción de una casa y se determinan el tiempo estimado y las horas-hombre para cada una de las actividades.

Para los fines de este ejemplo, se usa una línea recta como red, como se indica a continuación:



A continuación, cada una de las actividades se indica en un listado; en este ejemplo, comenzando con “fundaciones” y terminando con “pintura”.

Actividad	M	G	Q	g	U	T	S	margen (días)
a	119	29,75	6	30	10,1	2,5	108,4	5
b	69	17,25	6	18	10,4	1,4	105,3	1
c	26	6,50	2	6	9,2	1,6	119,0	4
d	156	39,00	6	36	9,2	3,3	119,0	2
e	41	10,25	2	10	9,8	2,6	111,7	4
g	21	5,25	2	6	11,4	1,3	96,0	4
j	20	5,00	2	6*	12,0	1,3	45,5	4
				4**	8,0		68,1	
i	75	18,75	2	20	10,7	4,7	102,4	0
h	25	6,25	2	6	9,6	1,6	114,0	2
f	21	5,25	2	6	11,4	1,3	96,0	6
k	143	35,75	4	35	10,1	4,5	108,4	5
m	29	7,25	4	8	11,0	0,9	99,3	5
n	92	23,00	2	24	10,4	5,8	105,3	3
l	214	53,50	4	52	9,7	6,7	112,9	3
o	17	4,25	2	4	9,4	1,1	116,6	7
p	108	27,0	2	26	9,6	6,8	114,0	
Total	1176							

*de vivienda 1 a 110

**de vivienda 111 a 110

Actividades (indicadas a los fines del ejemplo):

a: fundaciones

b: paredes portantes

c: entresijos

d: paredes portantes piso superior

e: estructura de techo de madera

g: techado

j: carpintería exterior y vidrios

i: marcos y puertas interiores

h: electricidad

f: plomería - montantes

k: revoques

m: tabiques interiores

n: colocación de artefactos

l: carpintería interior placares

o: cableado

p: pintura y limpieza

M: Horas-hombre por vivienda.

G: Tamaño teórico de cuadrilla para 10 viviendas cada 40 horas laborables por semana.

Q: Hombres por casa óptimo.

g: Tamaño de cuadrilla actual o ajustada.

U: Producción actual por semana.

T: Tiempo en días para una casa.

S: Tiempo transcurrido desde el inicio en la casa 1, hasta el comienzo en la casa 220.

También indicamos en la misma lista, en sus respectivas columnas, el tiempo estimado para cada actividad en horas-hombre por vivienda (M) y el número óptimo de hombres por vivienda (Q).

Esta información nos permite determinar el tamaño requerido de cada una de las cuadrillas, en forma tal que todas puedan producir según el plan de entregas de 10 viviendas por semana.

Para cada una de las actividades, el tamaño de las cuadrillas en teoría es el número de casas requeridas en una semana multiplicado por el número de horas-hombre por vivienda, y dividido por el número de horas laborables de una semana. Es así que, con 40 horas semanales, el tamaño de la cuadrilla es $10.M/40$. Estos valores están indicados en la columna G de la tabla.

Los resultados generalmente no son números enteros, pero, naturalmente, el número de hombres para cada actividad debe serlo. Como existe un número óptimo de hombres por casa (Q), se busca una cuadrilla que sea un múltiplo de ese número óptimo. Por ejemplo, para la actividad *f* (plomaría - montantes), el tamaño de la cuadrilla teórica requerida para obtener 10 viviendas por semana es 5,25. Como el número óptimo por vivienda es 2, el tamaño de la cuadrilla elegida es 6 (g), que es el valor entero más cercano al tamaño teórico.

Sin embargo, la producción de 10 viviendas por semana podría ser lograda con 5,25 hombres. Como se ha incrementado ese valor a 6, el rendimiento corregido (U), para esta actividad, se incrementará en esa proporción. Como consecuencia, la nueva producción es el número de casas por semana multiplicadas por el nuevo tamaño de la cuadrilla y dividido por el tamaño teórico de la misma $U = 10.g/G$. En este caso, el nuevo valor es 11,4 casas por semana.

Se ha calculado, pues, la carga de mano de obra para cada actividad, que permite lograr aproximadamente la producción de 10 viviendas por semana, sin pérdida de tiempos de trabajo en el obrador. Se calculó, asimismo, el nuevo nivel de producción, que es ligeramente distinto, en la mayoría de los casos, de la prefijada.

Debemos calcular dos columnas más para cada actividad. El tiempo, en días, necesario para una vivienda (T) es el número de horas-hombre por casa, dividido por el número de horas laborables por día (digamos 8) y también el número de hombres por casa: $T = M/8Q$. En la tabla se han representado los resultados con un decimal, pero en la práctica se debe redondear hacia el día más cercano o mitad de día.

S es el tiempo en días que pasa entre el inicio de una actividad en la primera casa y el inicio de la misma actividad en la última casa. Es, en consecuencia, el número de viviendas del contrato menos 1, multiplicado por el número de días laborables de una semana (5) y dividido por la nueva producción por semana ya determinada: $S = 5(N-1)/T/U$ (ver tabla y Fig. 79).

En la última columna indicamos los márgenes que se han considerado o estimado como necesarios entre la terminación de una actividad y el inicio de la siguiente:

Con toda la información calculada, se puede dibujar el programa por líneas de balance completo, como se indica en la Figura 80.

En la misma, en abscisas, está indicado en días y en ordenadas el número de viviendas.

En la casa N° 1, la primera actividad (a) comienza al principio del día 1, y avanza a un ritmo de 10,1 viviendas por semana (U). Se puede dibujar, entonces, una línea desde el inicio del día 1 según ese nivel de producción. Es fácil también representar el inicio de la misma actividad en la vivienda N° 220, usando el valor S ya visto (en nuestro caso, día 108,4) y uniendo con una recta este valor con el punto de inicio en la vivienda 1. El tiempo requerido para una vivienda para esa actividad es T y es 2,5 días. Se dibuja una línea paralela a la anterior separada 2,5 días, y esta banda representa el programa de la actividad para las 220 viviendas.

Se representan todas las otras actividades de la misma forma, siguiendo la red lógica que se previó para una casa, separadas por los márgenes adoptados. Donde la producción de las operaciones subsiguientes es menor que la de las que le preceden, el tiempo entre ellas aumenta a medida que el contrato avanza y entonces el margen mínimo se ubica entre ellas en correspondencia con la vivienda 1. Cuando es al revés, es decir, que la actividad subsiguiente es más rápida que la precedente, el tiempo entre ellas decrece durante el contrato y, consecuentemente, el margen debe ser previsto entre las actividades en correspondencia con la vivienda 220 y el programa es representado hacia atrás, hacia la vivienda 1 (de derecha a izquierda).

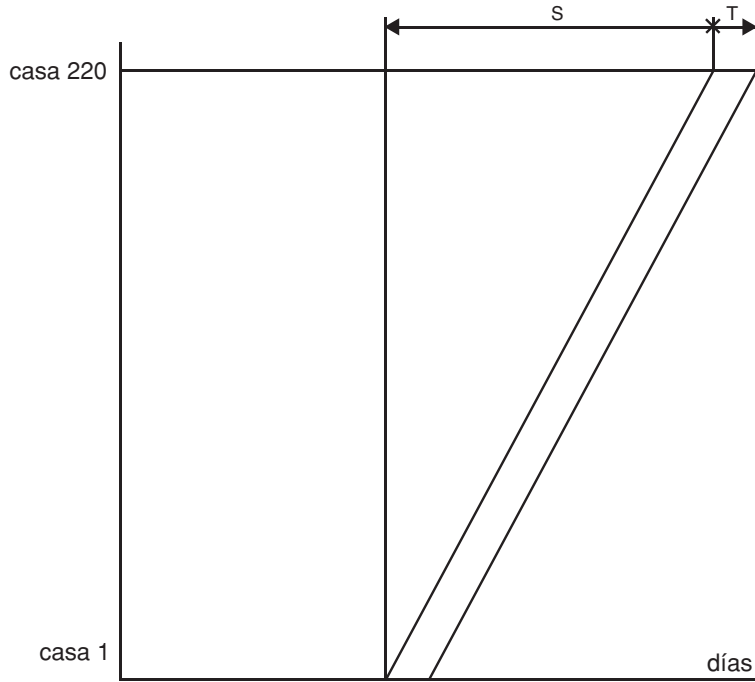


Figura 79

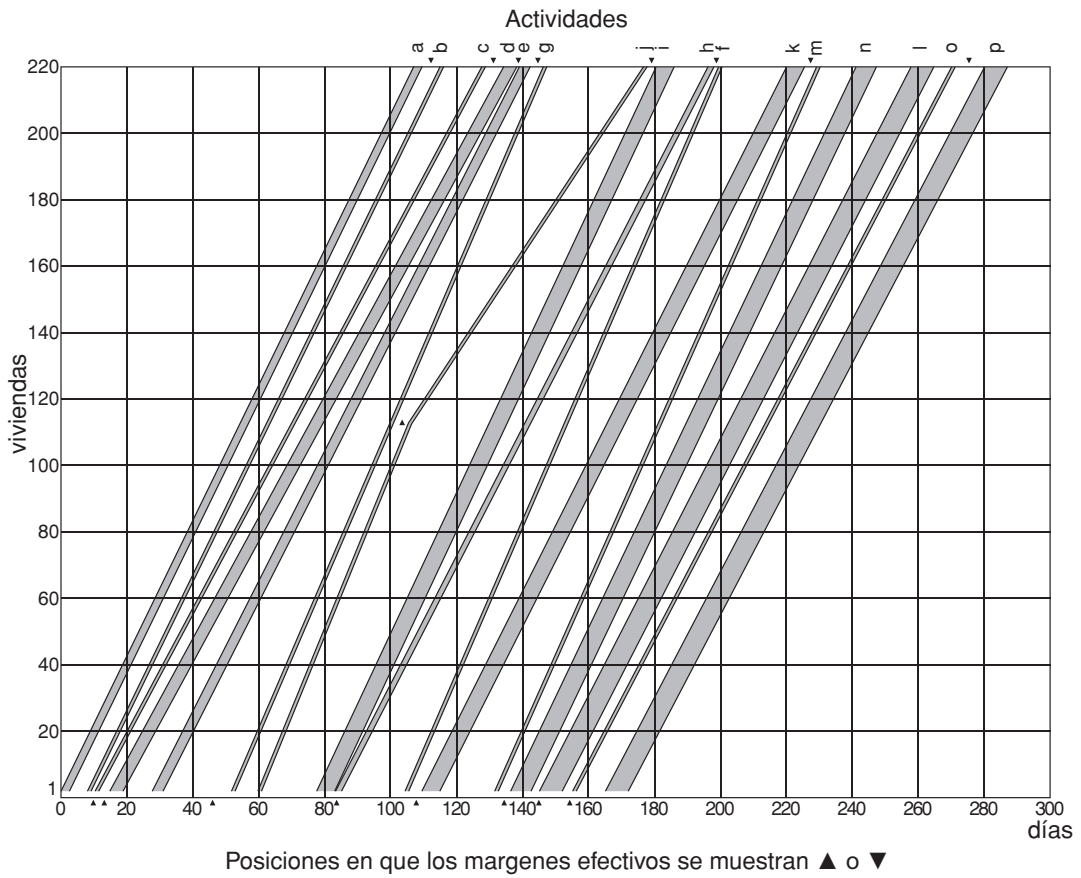


Figura 80

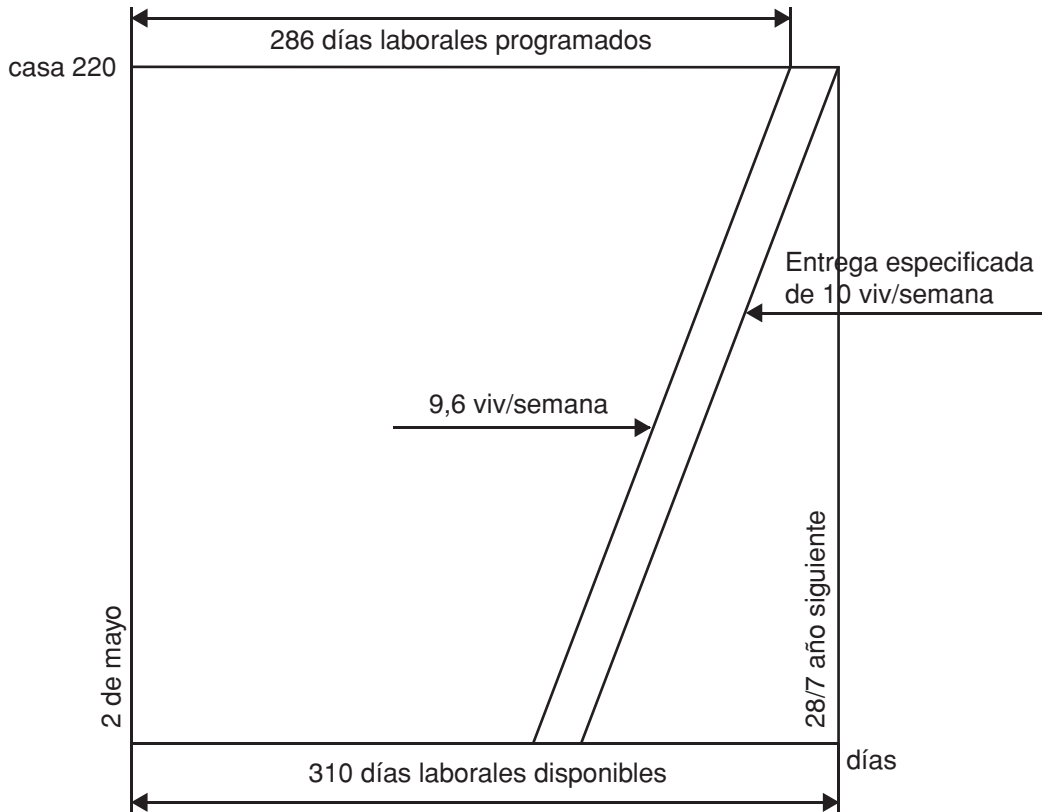


Figura 81

En algunos casos, es conveniente cambiar la composición de mano de obra de parte de una actividad, durante el contrato. En la tabla anterior, para la actividad *j* (carpintería exterior y vidrios), los obreros se reducen, después de la casa, 110 de 6 a 4; como consecuencia de ello, en el programa general, la actividad aparece representada con un quiebre (Fig. 80).

Ajuste del programa:

El programa de entrega de las viviendas es igual al que corresponde a la última actividad.

En nuestro ejemplo, para la actividad “pintura”, la terminación es de 9,6 viviendas por semana. Este valor se representa en la Figura 81 y se compara con el especificado, que era de 10 viviendas por semana. La producción programada es más lenta que la fijada por el contrato, pero no obstante ello, todas las viviendas están programadas para terminarse antes de la fecha límite prevista.

Si las entregas no se logran según el programa, se deben efectuar los ajustes que sean necesarios. Hay que revisar los márgenes para ver si son posibles pequeñas reducciones. Como alternativa, la composición de las cuadrillas puede ser variada. En la Figura 82 se muestra la actividad *j* con una mano de obra de 6 obreros durante todo el contrato, y como consecuencia de ello, se reduce en cerca de dos semanas el tiempo total del contrato.

Se puede considerar un programa de terminación más acelerado, y surgiría una nueva programación, pero esto puede generar un incremento en la mano de obra y, consecuentemente, ser más caro. Para elegir esta producción incrementada, se puede calcular en forma aproximada la reducción del tiempo de contrato en semanas (*R*), restando el número de viviendas del contrato (*N*) dividido por el nuevo programa de entregas por semana (*W2*), al número de viviendas dividido por el programa de entregas especificado (*W1*). Es decir, $R = N/W1 - N/W2$.

Se puede adoptar un valor uniforme para todas las actividades, pero esto también tiene implicancias económicas. Supongamos que se pudiera tomar un valor de entregas uniforme de 10,1 viviendas por semana. Para mantener este valor, con un número óptimo de hombres por casa (*Q*), se desperdiciará cierto tiempo de trabajo.

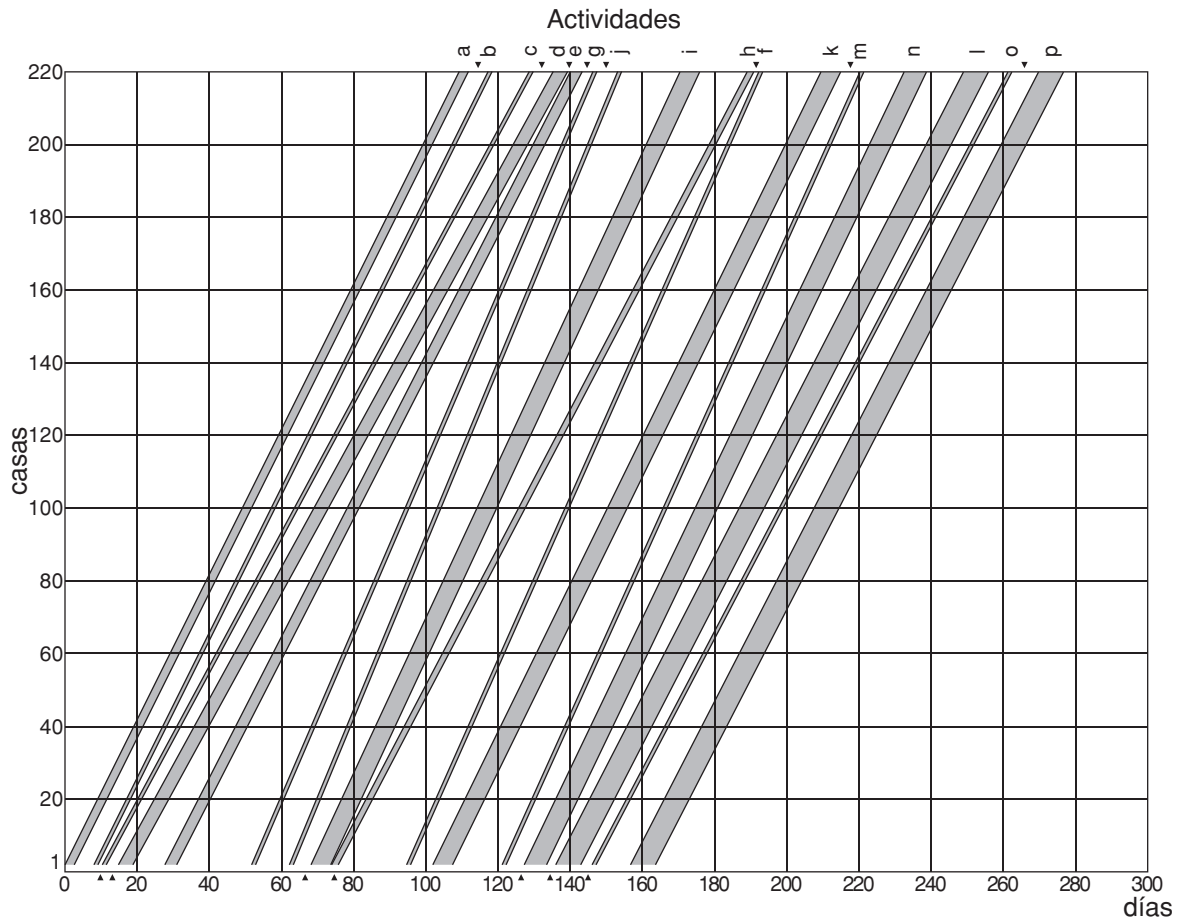


Figura 82

La actividad *d* aparece en la tabla según los siguientes valores: $M = 156$, $G = 39$, $Q = 6$, $g = 36$, $U = 9,2$ y $T = 3,3$. Para incrementar el valor adoptado de U de 9,2 a 10,1, y mantener además el número óptimo de hombres por casa (Q), el tamaño adoptado de la cuadrilla (g) debe ser incrementado de 36 a otro valor que siga siendo múltiplo de Q . En este caso un incremento a 42 hombres será suficiente, dando un nuevo valor de $42/36 \cdot 9,2 = 10,7$ viviendas por semana. Como consecuencia de ello, en la tabla los nuevos valores serán: $M = 156$, $G = 39$, $Q = 6$, $g = 42$, $U = 10,7$ y $T = 3,3$. En efecto, la producción ahora es mayor a la de 10,1 requerida. La capacidad adicional de producción en una semana, $(10,7 - 10,1) \cdot 156$ horas-hombre, es equivalente a $(10,7 - 10,1) \cdot 156 / 10,1$, o sea, 9,3 horas-hombre por casa.

Aplicando el mismo principio a todas las actividades, se agregan cerca de 70 horas-hombre por casa, pero el contrato en su conjunto se reduce en aproximadamente 15 semanas. En este caso, el director tiene la opción entre mantener el tiempo original del contrato o acortarlo con un costo extra de mano de obra.

Se puede lograr un mejor ajuste suspendiendo y retomando actividades durante el contrato. Esto es particularmente adecuado en subcontratos. Un ejemplo se muestra en la Fig. 83, donde se representa un extracto del programa general en el que se muestra que los techistas interrumpen sus actividades luego de las primeras 60 viviendas, retomándolas una semana después, continuando con las próximas 60 casas. Se mantuvo el tiempo de margen mínimo para las actividades precedentes y sucesivas.

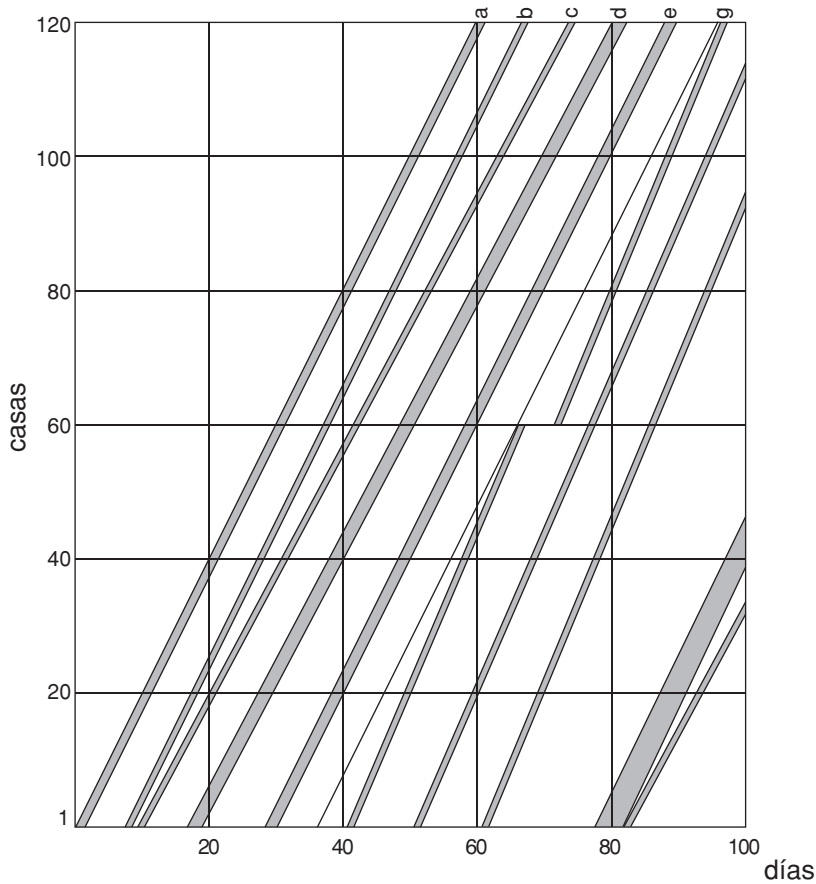


Figura 83

Actividades que trabajan en forma simultánea:

En el ejemplo visto hasta ahora, se consideró que un solo gremio está trabajando en una casa al mismo tiempo. La Fig. 84 muestra un diagrama lógico con algunas actividades, tales como “instalación de montantes sanitarios” y “colocación de cañerías de electricidad”, que se planificaron para que trabajen en forma simultánea. El tamaño de las cuadrillas no se afecta y se pueden aplicar los mismos valores originales del ejemplo.

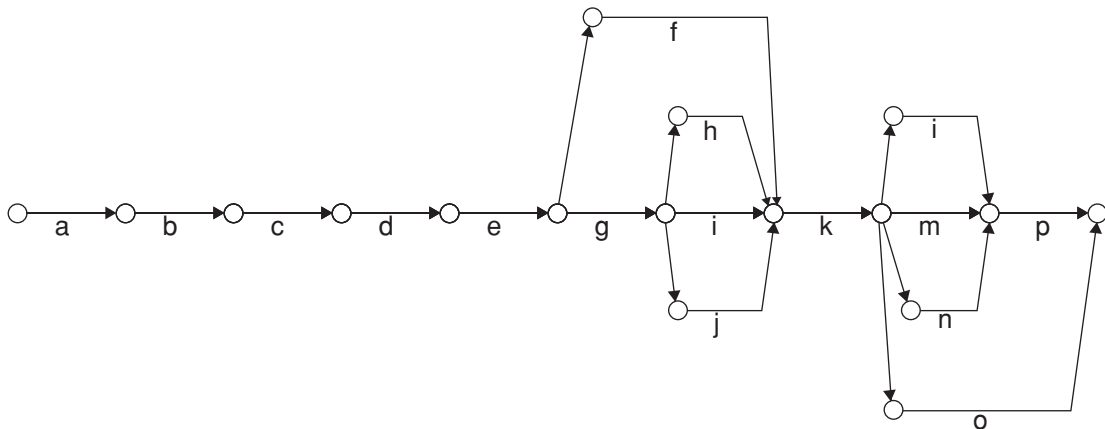


Figura 84

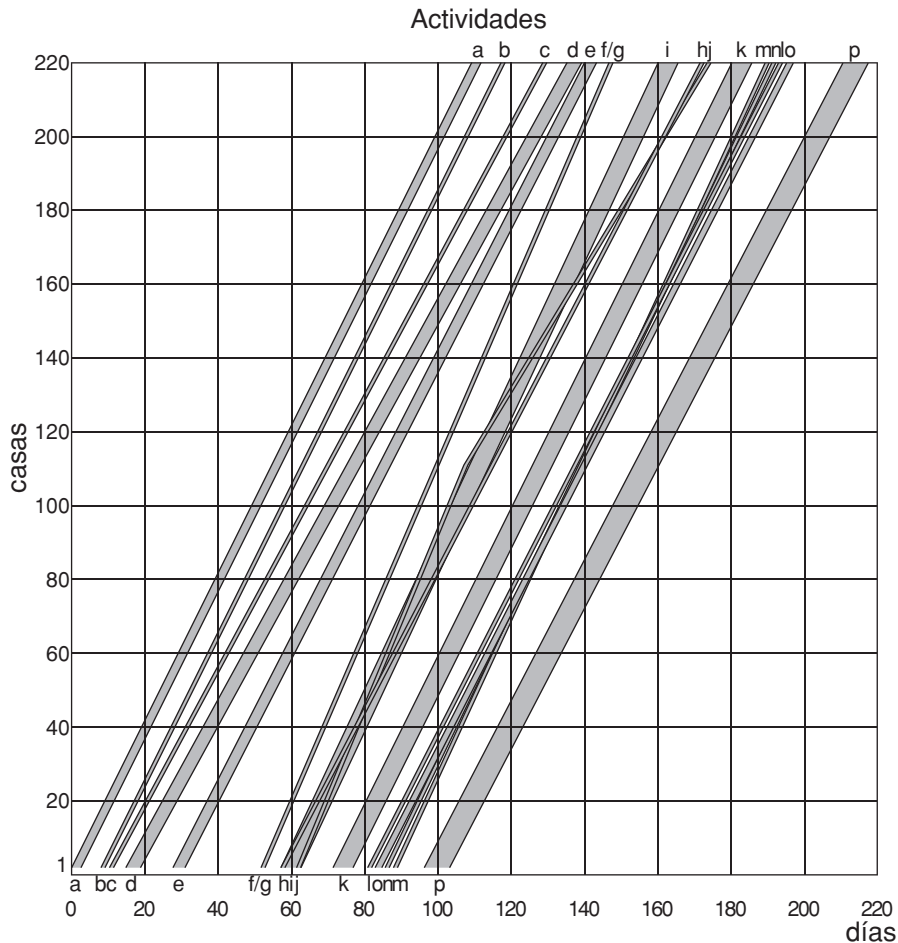


Figura 85

Se preparan los programas modificados considerando las actividades en la misma secuencia indicada en la red. Antes de que pueda ser programada cualquier actividad, todas las que le preceden deben estarlo. Por ejemplo, la actividad *e* debe ser representada antes que *f* o *g*, y *f*, *h*, *i* y *j* deben ser programadas antes que *k*.

El programa de actividades desde *a* hasta *e* no cambia y las mismas permanecen en forma consecutiva. Siguiendo a la actividad *e*, se fija una banda igual en espesor al tiempo mínimo de reserva o margen (4 días). Las actividades *f* y *g*, que siguen inmediatamente, se pueden representar ahora según lo fija el margen de *e*. En este caso, *f* y *g* tienen la misma producción por semana ($U = 11,4$) y el mismo tiempo por casa ($T = 1,3$ días), pudiéndose, en consecuencia, representarse en forma conjunta (Fig. 85).

Del mismo modo, se puede considerar un margen idéntico después de la actividad *g*, que controla el tiempo más temprano del programa para las actividades *h*, *i*, y *j*.

En la Fig. 86, a los fines de visualizar todo con mayor claridad, se representan estas actividades en una escala distorsionada.

Se puede apreciar que la actividad *h* e *i* se programaron después del día 4 del margen mínimo de *g* en la casa N° 1, y que, para la actividad *j*, el margen de 4 días para la *g* se hace efectivo en la casa N° 110, por la reducción de hombres de la cuadrilla de “carpintería exterior y vidrios”.

Las actividades siguientes se programan en forma similar, ubicando cada banda de acuerdo con los márgenes de todas las actividades que las preceden inmediatamente. Entonces, la actividad *k* se programa de acuerdo con los márgenes de las actividades *f*, *h*, *i*, y *j*. El punto de control para representar el programa para *k*, en efecto, sigue luego del margen para la actividad “*j*” en la casa 220.

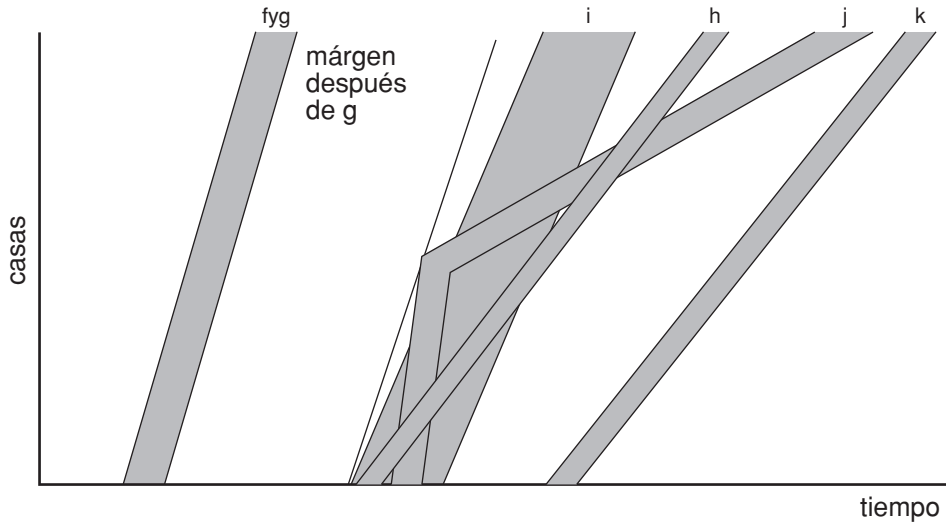


Figura 86

Cuando se ha completado el programa, puede pasar que se deban ajustar ciertas actividades (si pensamos en términos de redes, estamos considerando actividades que no son críticas). Por ejemplo, la actividad “instalación sanitaria de montantes” puede ser reprogramada con menos hombres y, consecuentemente, con una menor producción, asumiendo que termina antes del día 174 (180 días menos el margen de 6 días).

El análisis del programa de la Fig. 85 muestra que el contrato podría ser completado en 217 días, contra los 286 previstos en el programa original. En la práctica podría ser mejor reprogramar con un valor de terminación más lento, reduciendo el número de obreros para todas las actividades, manteniendo, sin embargo, las condiciones de entregas especificadas.

La forma de representación del programa por líneas de balance, como se hizo en la Fig. 80, tiene varias ventajas. Se pueden identificar en forma individual las casas y la correspondiente infraestructura. Por ejemplo, parte del contrato de las 220 viviendas se muestra en la Figura 87, con los correspondientes caminos y las casas indicadas en el eje vertical.

Control del avance:

Otra ventaja es que el control del avance se puede registrar en forma muy fácil. Supongamos que se quiere analizar el grado de avance en el día 30: se marcan con alguna convención (por ejemplo, sombreado) las actividades que se han completado a esa fecha. En la Fig. 88 se puede apreciar que la actividad “fundaciones” está un poco atrasada; las actividades “mamposterías media elevación” y “mampostería total” no han sido ejecutadas entre las viviendas 14 y 16; el trabajo está ligeramente adelantado en la actividad “entrepisos”. Todo indica que en términos generales se está siguiendo el programa. Otra forma de hacerlo es representar las terminaciones en forma acumulativa, sombreándolas sin identificar las correspondientes viviendas. Alternativamente, los inicios acumulados o terminados para cada actividad pueden ser representados en el programa. En la fig. 89 se ha hecho este tipo de representación, para los días 10, 15 y 25, mostrando que las fundaciones están bien avanzadas, mientras que las mamposterías y entrepisos están muy atrasados de acuerdo con el programa.

Programas superpuestos:

Los programas para gremios o actividades que trabajan en forma concurrente, como se ha indicado en la Fig. 85 no siempre son aceptados, dado que las bandas superpuestas confunden su lectura. La información puede ser presentada en forma más clara de varias maneras: la escala horizontal del programa puede ser aumentada, ayudando a separar las bandas; los programas para actividades indi-

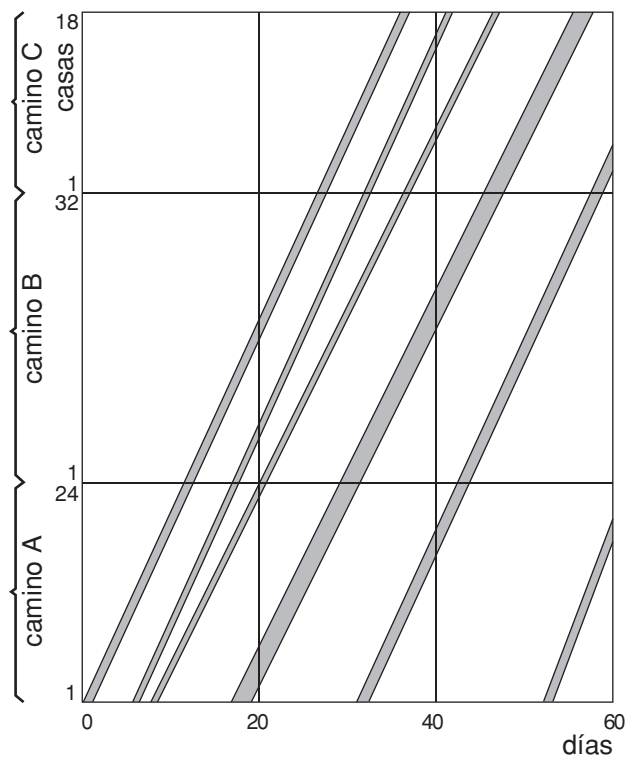


Figura 87

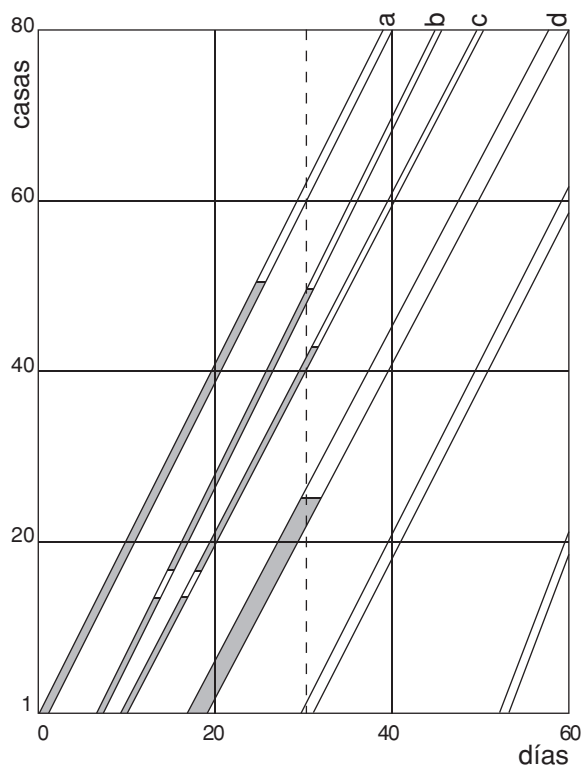


Figura 88

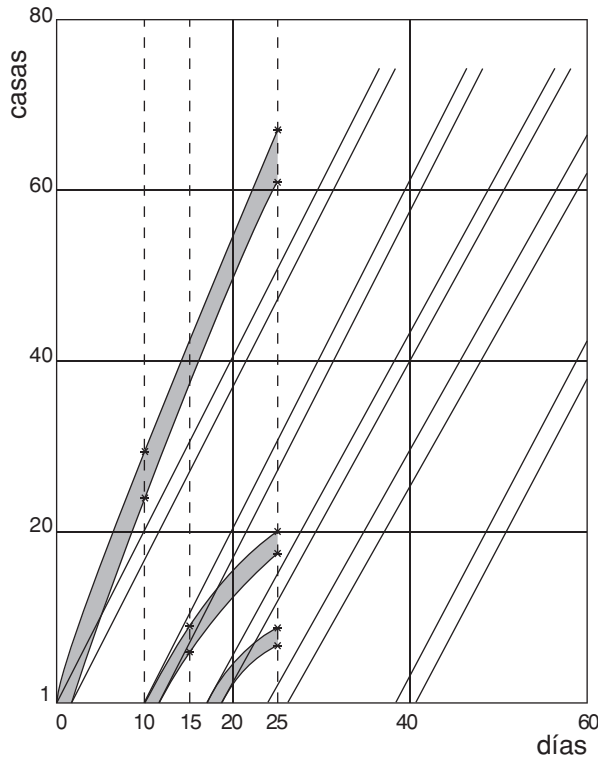


Figura 89

viduales pueden ser extractados del programa principal y presentarse en forma separada para cada actividad; también se puede hacer en forma numérica, como se indica en la tabla tomada del ejemplo que estamos analizando (Fig. 90); las líneas de balance pueden ser traducidas en diagramas de barras, como se puede apreciar en la Figura 91, donde las actividades están listadas en forma vertical y el número de viviendas en el eje horizont

La posición del programa para el día 20, indicada por una línea continua, se toma del programa original (Fig. 80). El progreso actual se marca en el diagrama de barras. En la figura se ve que el número de “fundaciones” a ser terminadas en el día 20 es 38, y el número completado es 36.

Actividad		Día N°			
		20	40	60	80
a	i	42	82	122	162
	f	38	78	118	158
b	i	28	68	108	148
	f	26	66	106	146
c	i	22	58	94	130
d	f	19	55	91	127

Figura 90

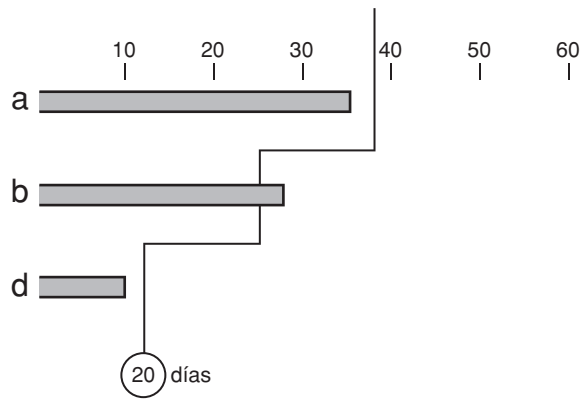


Figura 91

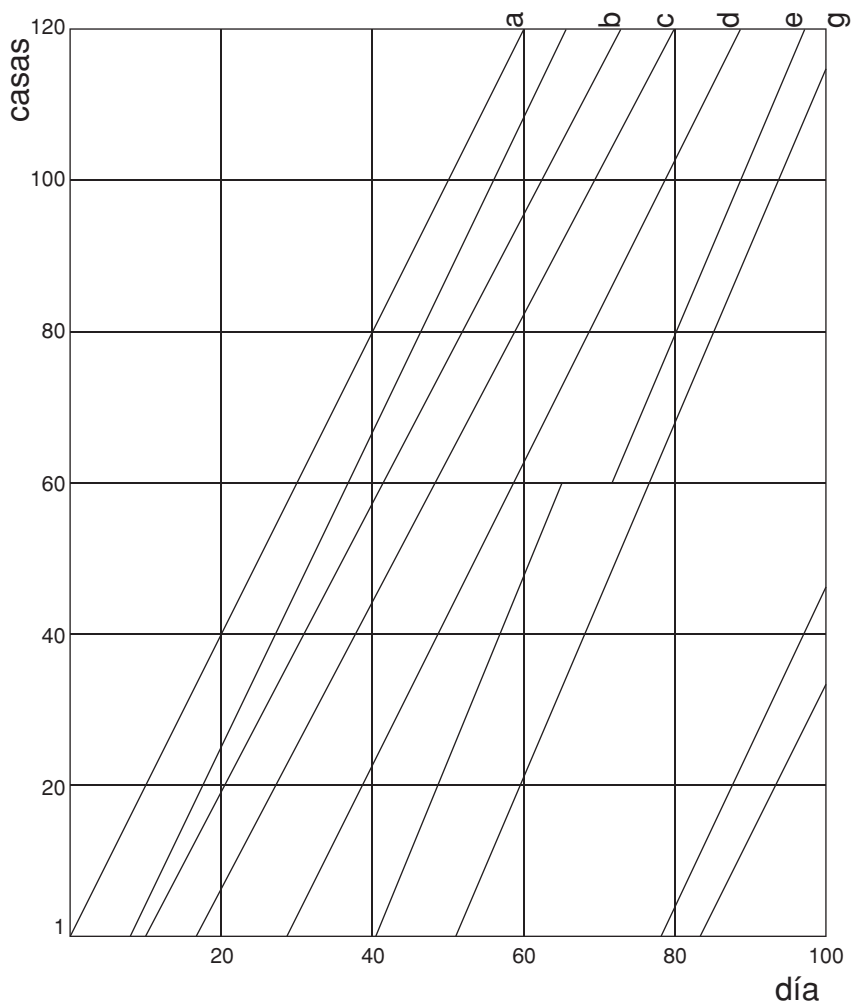


Figura 92

Márgenes entre los programas de las actividades:

La presentación visual de los programas por líneas de balance puede ser simplificada incluyendo los márgenes dentro de los programas de cada actividad o gremio. La Fig. 92 muestra el programa general ya visto, redibujado de esta forma, reduciendo considerablemente el número de líneas en

el papel. Con este método de presentación, sin embargo, debe ser perfectamente entendido por todos los involucrados en el sentido de que el tiempo mostrado para cada actividad incluye el margen.

Equipos o planta:

Los equipos pueden ser programados de la misma forma en que se ha hecho con la mano de obra, pero el contenido del trabajo se expresa en *horas-máquina por vivienda*, y las máquinas reemplazan a los hombres en las columnas de la tabla anterior, para tamaño de la cuadrilla y hombres por casa. Si se parte de la base de que una actividad se desarrolla con el mismo valor del programa de entregas, el contenido total del trabajo puede perfectamente determinar el uso de, por ejemplo, 1,6 máquinas, que, obviamente, es impracticable. Se debe usar una máquina para el caso en que el trabajo correspondiente sea ejecutado a un valor de entrega menor. Como alternativa, la máquina deberá trabajar un mayor tiempo tratando de llegar al valor de 1,6 maquinas equivalentes. Una tercera posibilidad es usar dos máquinas y mover la operación a un valor de producción mayor que el de entregas previsto. Cualquiera de estas variantes puede ser graficada en el programa, y usar los equipos en correspondencia.

Materiales:

Los programas de entrega de materiales pueden ser relacionados con los programas de actividades. En el ejemplo de la Figura 93, “mamposterías” es un extracto del programa general. Si los ladrillos han de ser entregados 2 semanas antes de la fecha en que serán necesarios para cualquier casa y el proveedor entrega la cantidad necesaria para 10 casas por entrega, el resultado se muestra en la Figura 93.

Diferentes tipos de casas:

En el ejemplo de las 220 casas, se consideró que todas eran de un tipo similar, pero en la mayoría de los desarrollos de vivienda habrá diferentes tipos de casas. Aceptando que las diferencias no serán demasiado relevantes, las actividades se programan de la misma forma, pero tomando el pro-

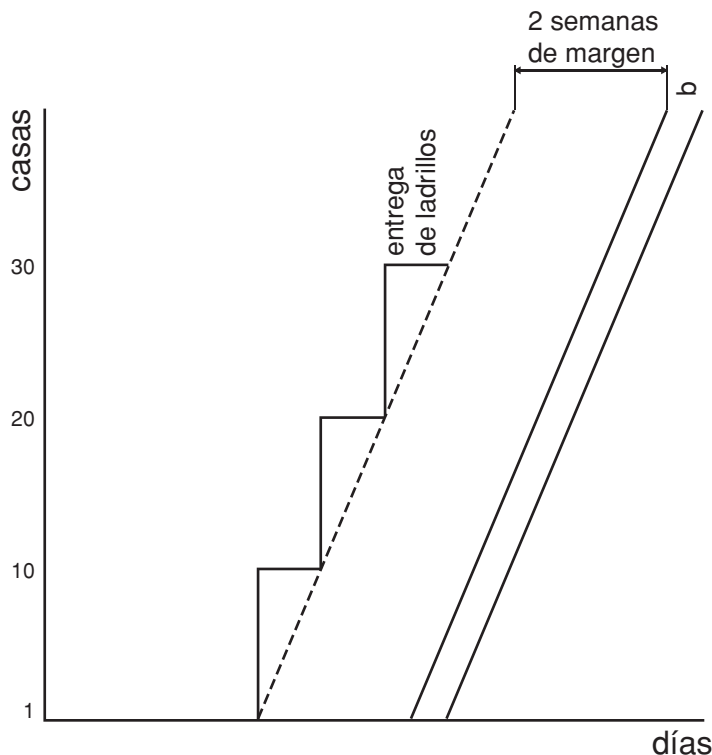


Figura 93

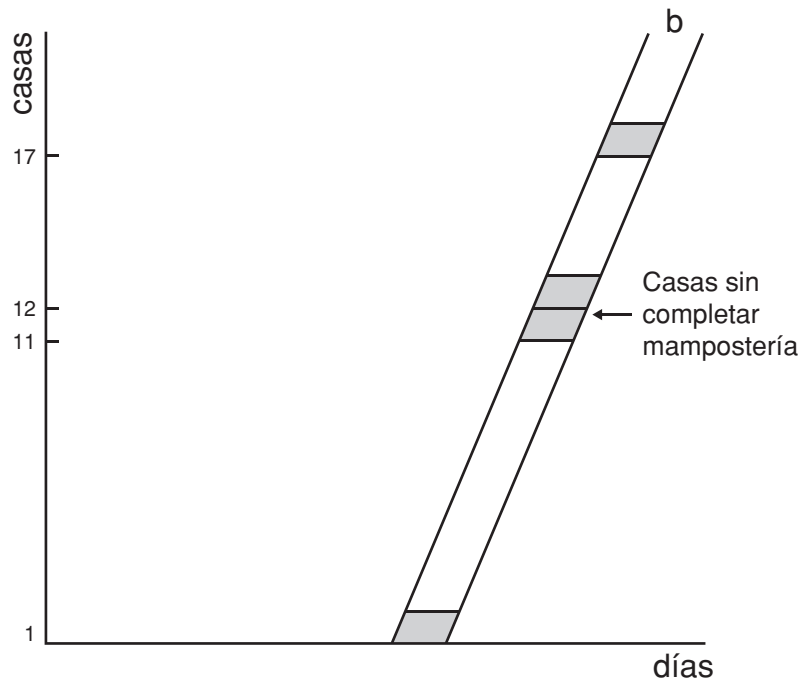


Figura 94

medio de las horas-hombre por actividad y por casa, y usando el número promedio para calcular el tamaño de la cuadrilla y el grado de producción. El avance se hace en la forma usual, sombreando en el programa cuando una casa ha sido terminada. Si una casa no incluye una determinada actividad, la parte del programa es sombreada cuando se dibuja el programa. Por ejemplo, en la Fig. 94, las casas 1, 11, 12 y 17 son de un solo piso y entonces no incluyen albañilería en los niveles superiores.

Construcción repetitiva en edificios de muchos pisos:

La línea de balance puede ser usada en la programación de edificios de muchos pisos, si se repiten los pisos (excluyendo fundaciones, planta baja y techos). Ciertas secuencias de actividades diferirán de las que corresponden a la construcción de casas. Por ejemplo, la estructura de un piso superior no puede ser normalmente construida antes que la del piso interior. Además, las viviendas o pisos no se entregarán en forma individual, sino por bloques completos. En síntesis, en la Fig. 95 se muestra el programa por línea de balance para un edificio de 10 pisos con estructura de hormigón *in-situ*, ascensores y escaleras, mampostería interior y un tanque y sala de máquinas en la azotea.

Tomando el programa de la primera actividad para la estructura, el valor óptimo de trabajo estará determinado por los tiempos del ciclo estructural: encofrado, colocación y curado del hormigón y fragüe.

Las actividades siguientes para cada unidad (un piso) pueden ser encaradas en forma similar a como se ha visto para el caso de las 220 casas.

Los rendimientos para todas las operaciones en este caso apuntan a lograr la fecha de entrega para un *block* completo y no para la entrega de viviendas.

Aplicación de las curvas de aprendizaje:

Cuando se determina el programa por líneas de balance, es conveniente tener en cuenta las tolerancias derivadas del incremento de productividad, que se produce como consecuencia del efecto de repetición que adquieren las cuadrillas. Este mejoramiento puede ser considerado del orden del 8 al 13% cada vez que el número de unidades se repita (esto ya se vio en el capítulo correspondiente al Efecto de repetición, y es válido para cualquier sistema de programación que se use siempre que se

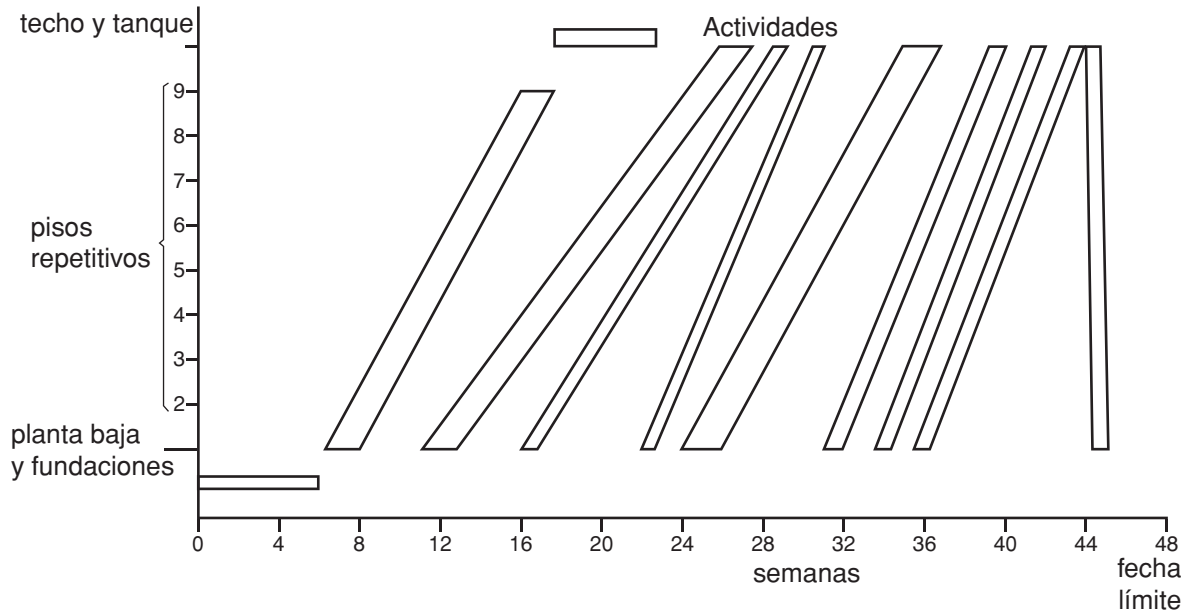


Figura 95

esté en presencia de unidades repetitivas). Naturalmente, los valores mayores se alcanzan durante las primeras repeticiones y los menores, en las últimas.

Este efecto puede ser ilustrado adoptando un factor de aprendizaje del 10%, por ejemplo, para la actividad “carpintería” del caso analizado. Como están involucradas 13 cuadrillas, el máximo número de casas en que cualquiera de ellas trabajará es 17. Entonces, para una cuadrilla, el número de casas en las que se trabajará será duplicado cuatro veces, como las casas 2, 4, 8 y 16, resultando 5 valores de producción (U). Dado que están involucradas 13 cuadrillas, las casas pueden ser consideradas en grupos de 13; así, las casas 1 a 13 serán una para cada una, siendo la 1 la primera para la respectiva cuadrilla.

Los valores de producción para cada uno de los grupos de 13 viviendas se muestran en la Fig. 96: T = 6,7 días y U = 9,7 casas por semana para el primer grupo de 13 casas, como se ha visto en la tabla inicial. Estos valores y los pertenecientes a los otros grupos se representan en la forma normal que se indica en la Fig. 97, que muestra el efecto del aprendizaje según el avance del proyecto. Si este efecto de aprendizaje se aplica a todas las actividades, la relación de entrega de viviendas se incrementará y, consecuentemente, el tiempo contractual se reducirá.

Grupo de 13 casas	Casa N°	Factor de aprendizaje	Tiempo para 1 casa en días	Casas por semana
1	1 a 13	100%	6·7	9·72
2 y 3	14 a 39	85%	5·7	11·43
4 a 7	40 a 91	74·25%	5·0	13·08
8 a 15	92 a 195	65·6%	4·4	14·86
arriba de 16	196 a 220	58·6%	3·9	16·6

Figura 96

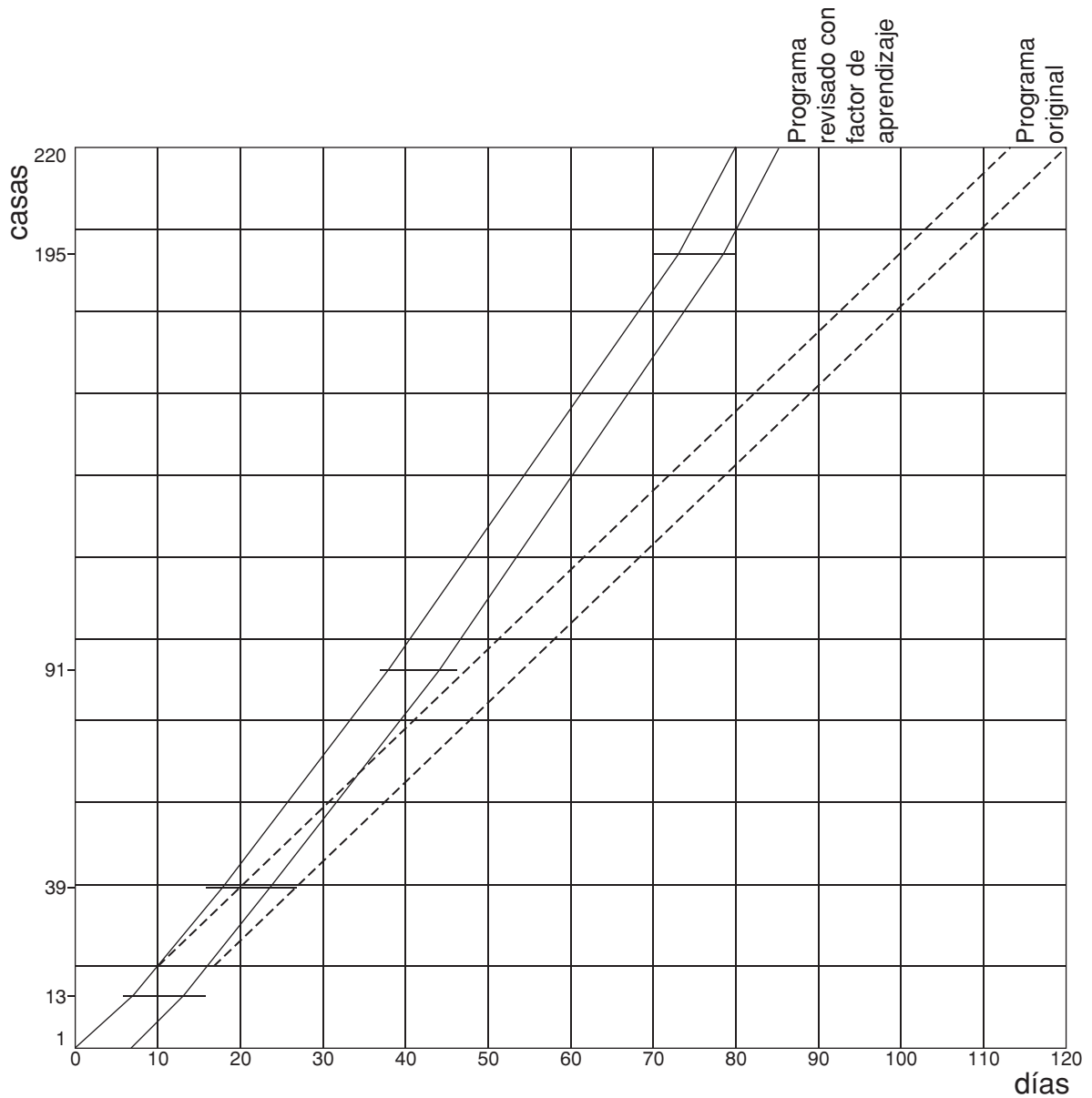


Figura 97

4.2. Gestión de costos

4.2.1. Presupuesto - Estimación de costos

Ya hemos indicado más arriba que una de las obligaciones fundamentales que tiene el director es velar por que el proyecto se ejecute dentro del presupuesto acordado con el comitente. Por ello, es una de las áreas de conocimiento básicas y funcionales.

Este tema está íntimamente vinculado con el cronograma (gestión de tiempos) y con el cumplimiento de las especificaciones previstas, a los fines de garantizar la calidad considerada.

Naturalmente, para poder realizar un efectivo seguimiento o control de costos, es fundamental primero tener la base contra que controlar, y éste es el presupuesto de obra.

La estimación de costos de una actividad del cronograma es una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar la actividad del cronograma.

Muchos consideran, con razón, que determinar el costo de una obra, máxime cuando ella no está dentro de las que habitualmente desarrolla la empresa, es un arte. Son muchas las variables que intervienen; sin embargo, o precisamente por ello, se requiere seguir adecuadas metodologías que permitan determinar con cierta precisión, por anticipado, cuánto va a costar una obra. Sabemos que la construcción se caracteriza por la gran incertidumbre que presenta por distintas razones: grandes plazos de obra, ubicación no siempre en lugares poblados y con acceso a los distintos recursos, vulnerabilidad a las condiciones climáticas, mano de obra no siempre estable y capacitada, etcétera.

La determinación de costos puede variar según un gran rango, según para lo que se lo precise: estudios de factibilidad, etapa de diseño, etapa de licitación, construcción, etcétera. Cualquiera sea el caso –pequeño o grande–, el nivel y tipo de información necesaria y la estimación que se haga pueden variar radicalmente.

El primer tipo de estimación que podemos considerar es el de “orden de magnitud”, que se hace sin datos detallados de proyecto e ingeniería. Este tipo de análisis puede brindar un orden de exactitud de $\pm 35\%$ dentro del alcance del proyecto. Para ello se usan experiencias anteriores, factores de escala, curvas paramétricas o datos sobre capacidades (por ejemplo: \$/# de productos o \$/Kw., etc.).

En segundo lugar está la “estimación aproximada” o estimación de arriba abajo, que también es hecha sin mayor información o ingeniería detallada, y puede brindar una aproximación de $\pm 15\%$. Este tipo de estimación se basa en proyectos previos que son similares en su alcance y monto, y que pueden ser identificados como estimaciones por analogía, curvas paramétricas, regla del dedo pulgar o indexación del costo de otras obras similares ajustadas por diferencias en tecnología o capacidades. En estos casos, el estimador puede razonar diciendo: “esta obra es un 20% más difícil que otra ya efectuada”, o “requiere un 50% más de tiempo, horas-hombre, etcétera”.

Por último, tenemos la “estimación definitiva”, que surge del análisis de una documentación bien definida: planos completos, ingeniería de detalle, especificaciones inequívocas, etcétera. En este caso, el nivel de precisión puede ser de $\pm 5\%$.

Podemos mencionar también el uso de las curvas de aprendizaje, ya vistas. Se usan, en este sentido, curvas representadas gráficamente para trabajos repetitivos, en los cuales la continuidad de las operaciones conduce a una reducción en tiempo, recursos y dinero. En general, esta teoría es más usada, o tiene como referencia a la industria manufacturera.

Cada empresa puede tener un único enfoque para sus estimaciones; sin embargo, en general se pueden considerar los siguientes métodos, según el nivel en que se haya encarado la Elaboración Detallada de Tareas (EDT o WBS).

Nivel EDT	Tipo de estimación	Método de estimación	Previsión
1	Orden de magnitud aproximado	Paramétrico	-25% + 75%
2, 3	Presupuesto tentativo	Analogía	-10% + 25%
4, 5, 6	Definitivo	Proyecto/ingeniería total	-5% + 10%

Muchas empresas desarrollan sus propios manuales para la presupuestación o estimación de obras. Estos manuales, que son un importante activo basado en experiencias de obras ya ejecutadas, además de reducir el esfuerzo de presupuestación, incluyen costos de tareas o situaciones que no están incluidos en otros ítems, tales como tiempos de limpieza, descansos, almuerzos, etcétera. Como una guía, se incluyen a continuación algunos de los rubros que están o deberían estar incluidos en un manual de estas características.

Introducción:

- Propósito y tipo de estimaciones.

Herramientas principales para la estimación:

- Catálogo de costos de equipos.
- Sistema automatizado de datos sobre inversiones.
- Ídem de sistema de estimación.
- Métodos y procedimientos informatizados.

Tipo de estimación:

- Estimación definitiva.
- Estimación de costos principales.
- Estimación aproximada.
- Estimación de factibilidad.
- Orden de magnitud.
- Planillas y gráficas sobre cantidades estimadas según especificaciones y guías de precios.

Datos requeridos:

- Formularios preparados con los datos necesarios y requeridos según el tipo de estimación.
- Especificación de la presentación del presupuesto, según el procedimiento de presupuestación a realizar.

La pregunta siempre es: ¿es confiable la estimación efectuada? De allí el rango de precisión que se considera que se puede obtener en función de todos los parámetros indicados: objetivo, documentación existente, experiencia del estimador, estructura técnica de la empresa, tiempo disponible para el trabajo, tipo de trabajo, antecedentes disponibles (activo), etcétera.

Proceso de estimación:

Ya vimos la íntima relación de la planificación y programación con la estimación, y para ambos casos lo fundamental es una adecuada determinación de la Estructura del Desglose del Trabajo (EDT o WBS). El problema de presupuestación o estimación de costos residirá, en consecuencia, en computar y poner precios a cada uno de esos elementos (a nivel de tareas) en que se ha dividido todo el proyecto. Por supuesto, el programa preliminar de trabajos también juega un rol fundamental, porque el tiempo condiciona los recursos.

Para lograr una estimación de costos con la precisión que se desea, según lo ya visto, es básico que los profesionales a cargo de la oficina de cómputos y presupuestos sean realmente capacitados. Tienen que conocer perfectamente su trabajo. Deberán tener las siguientes cualidades: conocimiento profundo de los detalles del trabajo; experiencia; información actualizada en todo lo referente a materiales, mano de obra, equipos y su operación, gastos indirectos y generales, costos financieros, modalidad de trabajo de los obreros y subcontratistas; ordenamiento personal para el registro, clasificación y archivo de datos; y, por sobre todo, una ecuación personal equilibrada, esto es, que no sea excesivamente optimista ni pesimista, que sea realista.

Complementando lo ya descrito sobre métodos de determinación de costos y su precisión relativa, en la construcción, es común, a veces, comparar partidas, es decir, tomar los datos de una obra ya ejecutada y aplicarlos a la que se está analizando, que puede ser aparentemente igual o similar. A veces, para estimaciones rápidas, se usan unidades de superficie o volumen, por ejemplo, para viviendas. Para algunas obras lineales, como puentes, gasoductos, líneas de alta tensión, se usan fórmulas empíricas que tienen en cuenta ciertas características propias, como longitud, luces de puentes, etcétera. Y cuando se quiere actualizar costos, naturalmente se recurre a algunos números índices que puedan reflejar con mayor precisión el tipo de obra que estamos analizando.

El estudio del presupuesto comprende dos partes:

a) Preparación para el estudio de los costos o la estimación: Son operaciones previas necesarias para un buen análisis de costos, y sirven para medir el interés en la obra, posibilidades técnicas y

financieras de ejecución, etcétera. Comprende el análisis de la envergadura de la obra a realizar, a los fines de tener una idea preliminar sin incurrir en grandes gastos; tipo y condiciones generales de la obra; análisis y estudio prolijo de la documentación; cómputos métricos para poder estimar los costos y cantidad de materiales requeridos. Para ello se siguen algunos principios, tales como hacer un estudio detallado de toda la documentación; respetar los planos y las especificaciones; ajustarse a las normas de medición y medir con la mayor precisión posible; determinar qué actividades serán realizadas en forma directa y cuáles serán subcontratadas. El cómputo va a permitir cuantificar cada una de las actividades en que hemos descompuesto el proyecto y, consecuentemente, determinar la cantidad de recursos necesarios de materiales, mano de obra, equipos, etcétera. Para ello, se usan planillas de cómputo como la que se adjunta de ejemplo (Fig. 98).

b) Análisis de costos: Tiene por objeto discriminar y valorizar cualitativamente y cuantitativamente las diversas operaciones, tareas y demás factores que integran el ítem en estudio.

Costo de materiales:

En general, no ofrece dificultades. Determinadas las cantidades y conocido el precio de cada uno de ellos, se calcula el costo de materiales. Las cantidades se obtienen del cómputo y se les debe agregar algún porcentaje por pérdidas y desperdicios, que naturalmente dependen del material que se trate. No se incluyen materiales accesorios como lubricantes, artículos de limpieza, electricidad, etc., que se incluyen en otra partida.

Costo de mano de obra:

Su determinación es uno de los componentes más afectados por la diversidad de circunstancias de las obras. En la industria existen estándares de producción que suministran la base para el cálculo del costo de la mano de obra. Las empresas constructoras, en general, tienen un banco de datos basado en obras ya realizadas. Pero los mismos deben ser adaptados a cada obra en particular; de allí la importancia de la experiencia del estimador. Para cada actividad bajo análisis se debe determinar la cantidad de horas-hombre que insumirá, composición de las cuadrillas, para evaluar la cantidad de oficiales, medio oficiales y ayudantes, etcétera. Por supuesto, además, se deben considerar en los costos las cargas sociales de acuerdo con la legislación laboral vigente.

Costo de los subcontratos:

Este rubro, en la mayoría de las obras, fundamentalmente las de arquitectura, tiene una importancia relevante. La oficina de estimaciones debe preparar con precisión toda la documentación que sea necesaria: planos, especificaciones técnicas, condiciones contractuales, etc., a los fines de poder invitar a los respectivos contratistas para que presenten sus cotizaciones. Cuanto más precisa sea esta documentación, y más homogénea la capacidad de los subcontratistas seleccionados, mayor será la coherencia entre las ofertas recibidas. Cuando existe una gran dispersión entre los valores cotizados por las distintas empresas invitadas, es señal de que alguna de las condiciones indicadas no se ha seguido. Una vez recibidas las propuestas, se las debe analizar para ver si todo está comprendido o hay exclusiones, si los cómputos son razonables, etcétera. Es lo que habitualmente se conoce como la homogenización de las propuestas, antes de decidir por aquella que se considera la más conveniente (puede ser que no sea la de menor costo). Para los subcontratos se debe tener muy en cuenta, por la incidencia que puede tener en los costos y en la eficiencia de la obra, lo que se llama "ayuda de gremios". Cada subcontratista tiene sus propias necesidades y exigencias, lo cual requiere evaluar muy bien la cantidad de mano de obra, equipos, etcétera, que deben ser contemplados para atender a cada subcontratista. Generalmente, si no ha sido bien analizada y estimada esta partida, es motivo de discusiones durante el transcurso de la obra, con todas las implicancias que ello acarrea. Las empresas también tienen tablas basadas en la experiencia que, como estimación o control, son usadas para fijar estos valores como un porcentaje del monto del subcontrato.

HOJA N°: _____

OBRA: _____

PLANOS: _____

CÓMPUTO MÉTRICO

ÍTEM		Unid.	DIMENSIÓN			N°	CANTIDAD	
N°	DESIGNACIÓN		a	b	c		PARCIAL	TOTAL

Figura 98

Costo de operación de equipos:

En obras de viviendas o pequeñas, el costo de operación de los equipos no tiene mayor relevancia y se incluye globalmente en los costos indirectos, pero en obras importantes o de ingeniería, donde los equipos tienen un rol fundamental, es muy importante determinar sus costos de operación. No es el lugar para hacer un análisis detallado de su determinación, pero sí es básico saber que su costo incluye costos fijos y variables. Dentro de los costos fijos están incluidos:

- **Amortización:** Generalmente se estima que será total a los 5 años, o se considera la cantidad de horas anuales que podría trabajar (5000 o 10.000 horas) y que es un valor dependiente obviamente del valor de compra del equipo, dato básico a conocer. Hay distintas formas de considerar la amortización. A veces, también se la denomina depreciación, pero técnicamente son dos conceptos distintos. La amortización no consiste en devolver el capital empleado, sino en tomar las disposiciones necesarias para que la empresa pueda reponer el equipo que se amortiza. El valor medio del equipo es el promedio teórico constante que se supone para los cálculos que tiene la máquina durante su vida útil. Se obtiene como un porcentaje del precio de adquisición.
- **Costos de reparación y mantenimiento:** Se suele expresar como un porcentaje del valor de depreciación o del valor medio. A veces, se lo hace relacionándolo con el costo de los combustibles y lubricantes (como idea, se puede considerar un 70% del valor de amortización).
- **Interés del capital invertido:** Compensa el interés que percibiría el adquirente colocando el dinero en alguna institución financiera. Depende, obviamente, de las tasas de interés de mercado.
- **Seguros, impuestos, almacenamiento, etcétera:** También se considera como un porcentaje del valor de depreciación o del valor medio (10% del valor medio).

En otras palabras, estos costos son llamados fijos, porque suceden aunque trabaje o no el equipo.

En lo que respecta a los costos variables, se producen en función de las horas que trabaja, e incluye:

- **Gastos de combustible:** El consumo se determina por tablas, según la potencia del equipo. Es un dato del fabricante, en función de las horas que se estima que trabajará.
- **Grasas y lubricantes:** Un criterio es considerar el promedio de los costos de la grasa y el lubricante dividido por el precio del combustible, y a este coeficiente multiplicarlo por el costo horario del combustible determinado anteriormente.
- **Mano de obra:** Se considera el costo horario del maquinista y un ayudante más las cargas sociales correspondientes.

La suma de todos estos costos, variables y fijos, se refiere a hora de trabajo del equipo. Para el caso de los fijos, por ejemplo, se considera que el equipo puede trabajar 2000 horas/año.

La suma de todos los costos indicados: materiales, mano de obra, subcontratos, equipos, etc., se denomina *costos directos*, que se pueden definir como los que incluyen gastos y consumos que pueden ser claramente aplicados a una actividad específica, por existir una determinación concreta de cantidad y valoración de los recursos empleados.

Costos indirectos:

Existen otros costos que son necesarios para ejecutar una obra, pero que no pueden ser identificados “directamente” con una actividad determinada. De allí que se los calcula en forma global y luego son sumados a los costos directos para conformar el costo total de la obra. Estos costos indirectos son identificados también como gastos generales de obra. Prefiero llamarlos indirectos, para no confundirnos con los gastos generales de empresa, que veremos conceptualmente más adelante.

Generalmente, las empresas tienen planillas estándar en la que están enumerados todos aquellos gastos que se incluyen en este ítem, y que se cuantifican según correspondan o no en cada obra.

Un listado típico de estos gastos puede ser:

- Impuestos, sellados y derechos. Para cada caso se determinan cuáles corresponde valorizar y qué tasas son de aplicación.
- Instalación de obrador. Incluye: cercos perimetrales, limpieza del terreno y/o accesos, incluido su mantenimiento. Construcciones para las oficinas: jefe de obra, técnica, administrativa, sala de reuniones, baños, etc. Oficinas para el personal: vestuarios, dormitorios, comedor, cocina, otros. Depósitos y almacenes: depósito general, depósitos para subcontratistas, depósitos menores, taller, sereno, otros. Laboratorio. Oficinas para la dirección. Sanitarios para todo el personal. Se considera un valor por m² de la superficie total estimada necesaria para una construcción precaria o auxiliar, como es la del obrador. Si son construidos con elementos desmontables, que pueden ser usados en otras obras, se aplica un valor como un porcentaje del valor que se consideraría si fuera desechable.
- Instalaciones para el obrador: sanitaria, conexiones y cañerías de distribución, tanques de reserva, etcétera. Se estima la mano de obra necesaria y la cantidad de materiales a utilizar. Instalación de fuerza motriz: tableros, cableado, llaves, caños, mano de obra, etcétera. Gastos de conexión. Instalación de iluminación. Instalaciones para la planta de hormigón y doblado de hierro.
- Cartel de obra: cartel, estructura, bases, iluminación, mantenimiento, mano de obra, etcétera.
- Limpieza de obrador.
- Consumos: combustibles y lubricantes (los no considerados en costo de operación de equipos, si correspondiera), energía eléctrica (deben considerarse los consumos propios y los de los subcontratistas, iluminación interior, exterior, de playas, etcétera). Artefactos y luminarias.
- Andamios: materiales y mano de obra.
- Movilidad, viáticos y comunicaciones.
- Instalaciones de oficinas, papelería y gastos varios: muebles y útiles, papelería, copias, formularios e impresos, planos de obra y planillas, fotografías, laboratorio y ensayos, elementos de laboratorio, ensayos de hormigón y áridos, ensayo de suelos, ensayo de instalaciones.
- Honorarios de asesores: estructuras, tecnología de hormigón, asesoría legal, programación, topografía, etcétera.
- Sueldos y jornales de: ingenieros, tipógrafos, sobrestantes, dibujantes, personal administrativo, capataces y ayudantes, maestranza, vigilancia, personal al servicio de la dirección o inspección de la obra, higiene y seguridad, provisiones por trabajos extras o fuera de horario normal de trabajo.
- Equipos no considerados en los costos directos. Montaje de equipos. Herramientas menores.
- Transportes de equipos y personal.
- Seguros: obrero, contra incendio, contra terceros, de responsabilidad civil, otros.
- Ayudas de gremios y limpieza parcial y final de la obra.
- Otros o varios.

La suma de los costos directos e indirectos de obra es el *costo total* (también llamado costo industrial). A estos costos, y según sea el riesgo que se considere, se les puede agregar o no un porcentaje para tener en cuenta algún *imprevisto* o *contingencia*, que se calcula con cierta subjetividad. No debería ser un porcentaje significativo (mayor del 3 o 5%), dado que, en caso contrario, estaría indicando que existen grandes imprecisiones o riesgos inherentes a la obra o a su estimación.

Este costo es el que debemos controlar. Para este propósito, y con el objeto de que haya coherencia entre lo estimado y lo que se va a controlar, a cada tarea costada y que se controle, se le asigna un código que será de uso general y que ayudará muchísimo para la etapa de control sistemático de los costos. Más adelante, con un ejemplo, veremos esto con más detalle.

Es para hacer notar que, si se habla de presupuesto o precio de venta de la obra, todavía falta considerar otros costos. Ellos son:

- **Gastos financieros:** Estos gastos reflejarán básicamente la incidencia que va a tener desde el punto de vista financiero la diferencia de tiempo que transcurrirá entre que se han comprometido los gastos y la fecha en que se cobrarán los certificados o facturas por parte del comitente. Esto dependerá de lo que fije el contrato y generalmente puede ser desde los 30 días de la fecha de certificación hasta 45 o 90 días. Pero es conveniente prestar atención al hecho de que el certificado emitido al final de un mes contempla gastos o erogaciones que fueron hechos durante el transcurso del mes. Un ejemplo claro es la mano de obra que se paga quincenalmente o semanalmente. Otro aspecto importante es ver cómo juega el anticipo o anticipo financiero, ya que, en caso de estar contemplado, generalmente también se pide una garantía por el importe recibido. Asimismo, los contratos suelen prever que hay que garantizar el cumplimiento del contrato, lo cual también tiene un impacto financiero, así como el fondo de reparos que se descuenta de cada certificado, y recién se restituye cuando se procede a firmar las actas definitivas de terminación de obra. Estos conceptos habitualmente pueden ser reemplazados por seguros de caución, que tienen un costo menor que si se suministraran esas garantías en efectivo, pero lo tienen y hay que considerarlo. Conociendo estas condiciones, generalmente previstas en los documentos contractuales, y teniendo en cuenta los plazos de obra, se debe determinar la incidencia financiera total que afectará al costo de la obra, y se suma al costo total ya determinado.
- **Gastos generales de empresa:** El concepto es similar a los gastos indirectos de obra, pero que se producen en las oficinas centrales de la empresa. Generalmente se asigna a cada obra un porcentaje de absorción de estos gastos centrales totales, que se puede considerar que oscila entre un 5 y un 10% del costo total de la obra. Naturalmente, es claro que cuanto mayor sea el volumen de obras o certificación que tenga la empresa, menor será la incidencia de sus gastos generales; de ahí la importancia de tener un volumen tal de trabajos que permita cubrir satisfactoriamente esos gastos.
- **Beneficio:** Es un valor totalmente aleatorio que depende de cada obra, de la política de la empresa, interés en captar determinado mercado, etcétera.

El porcentaje de gastos generales de empresa y el beneficio generalmente son determinados por la dirección general de la empresa, en función, precisamente, de las consideraciones que se han hecho. La suma de todos los conceptos indicados da el “Precio de venta de la obra”.

Es de práctica, y a los fines de la presentación del presupuesto a los comitentes, que los costos que exceden a los costos totales se incluyen en un coeficiente de mayoración o *mark-up*, que se prorratea entre todos los rubros de obra.

La planilla de la Fig. 99 es un ejemplo de las que habitualmente se usan para la confección de los presupuestos.

4.2.2. Control de costos

Dentro del tema de Gestión de costos, el control es fundamental, y es una de las funciones básicas que debe seguir de cerca el director de obra. Obviamente, para ello es muy importante tener los documentos de base adecuados, confiables, como para poder encarar los controles. El documento básico es precisamente la estimación de costos que ya hemos desarrollado. Es importante hacer notar que, en obra, lo que se controlan son costos, razón por la cual el presupuesto donde se llega al precio de una obra no es el adecuado para el control en obra. En otras palabras, no se puede controlar, durante la ejecución de los trabajos, los gastos financieros, los gastos generales de empresa o el beneficio. Asimismo, no se debe incluir para este propósito la partida que se haya considerado por imprevistos o contingencias.

El control de costos tiene como objetivos:

- Influir sobre los factores que producen cambios en la línea de base de costos.
- Asegurar que los cambios solicitados sean acordados.
- Gestionar los cambios reales cuando y a medida que se produzcan.
- Asegurar que los posibles sobrecostos no excedan los montos autorizados periódicos y totales para la obra.
- Realizar el seguimiento del rendimiento de costos para detectar y entender las variaciones con respecto a la línea de base de costos.
- Registrar todos los cambios pertinentes con precisión en la línea de base de costos.
- Evitar que se incluyan cambios incorrectos, inadecuados o no aprobados en el costo o en el uso de recursos informados.
- Informar adecuadamente los cambios aprobados a los interesados pertinentes.
- Actuar para mantener los sobrecostos, en caso de producirse, dentro de los límites aceptables.

Como se puede apreciar, la gestión de costos tiene un alcance muy amplio y excede el simple trámite de registro y comparación. Busca las causas de las variaciones positivas y negativas y el control de los eventuales cambios.

Para que el control de costos sea eficiente y eficaz, la organización de los mecanismos de control debe estar preparada de acuerdo con cómo se determinaron los costos. Las comparaciones sólo se pueden hacer cuando ambas categorías de costos están clasificadas, elaboradas y presentadas en idénticos formatos, dado que, en caso contrario, corremos el riesgo de estar comparando cosas que no son comparables. Hay que comparar peras con peras.

La otra cuestión es determinar el nivel de detalle del control, y en este sentido, es válida una apreciación de sentido común, y es que el costo del control no puede ser superior a lo que se está controlando.

Otro aspecto importante es tener presente la ley de Pareto, que considera que el 20% de los rubros cubren el 80% del costo total (regla 20/80).

La información debe ser segura y reflejar de la mejor forma posible los costos actuales *versus* los estimados; es decir, debe tener validez.

El control de costos debe hacerse en forma tal que permita tomar acciones correctivas en caso de ser necesario; se debe tener una información adelantada.

Por último, la recolección de los datos para el control de costos debe ser posible sin que afecte el progreso o la marcha de los trabajos.

Insistimos en algo fundamental y es que todas las actividades o tareas a controlar deben tener un código único, para que, durante los controles, puedan ser referidos como la base contra lo que se está analizando.

Vamos a ver un ejemplo simple de un sistema de control de costos.

Consideraremos el control de mano de obra y equipos para una determinada obra, y no se pretende con ello cubrir lo que podría ocupar un libro donde se trate exclusivamente toda la problemática de los costos y su control, dado que excedería el objetivo del presente trabajo.

Con el objeto de reducir los errores posibles de registro, se ha adoptado un número limitado de códigos o cuentas, contra los cuales se analizarán los sucesivos controles.

Código de costo	Actividad
10	Mezclado de hormigón, transporte y colocación.
20	Armado de encofrado y desencofrado.
30	Colocación de armaduras.
40	Mampostería.
50	Trabajo de la grúa.
60	Movimiento de tierra.
70	Caminos y pavimento.
80	Gastos generales de obrador y trabajos preliminares.

TABLA 1: Costos presupuestados

Descripción de actividades	Código de Costos								TOTAL	
	10	20	30	40	50	60	70	80		
Movimientos de tierra						900			100	1000
Fundaciones	5000	6000	7000						2000	20000
Losa de planta baja	1000	1000	2500						500	5000
Columnas	200	300	300						200	1000
Entrepisos	15000	17000	18000		10000				20000	80000
Movimientos verticales	2000	3000	4000						1000	10000
Mamposterías				13000					3000	16000
Ventanas y vidrios				2000	1000				1000	4000
Techos	100	100	100		100				50	450
Terminaciones internas				1000	500				3000	4500
Instalaciones				500	1000				5000	6500
Artefactos									4000	4000
Trabajos externos							1800		200	2000
Limpieza total							900		100	1000
TOTALES PRESUPUESTADOS	23300	27400	31900	16500	12600	900	2700	40150	155450	

Figura 100

GRÁFICO A: Programa original de actividades en semanas

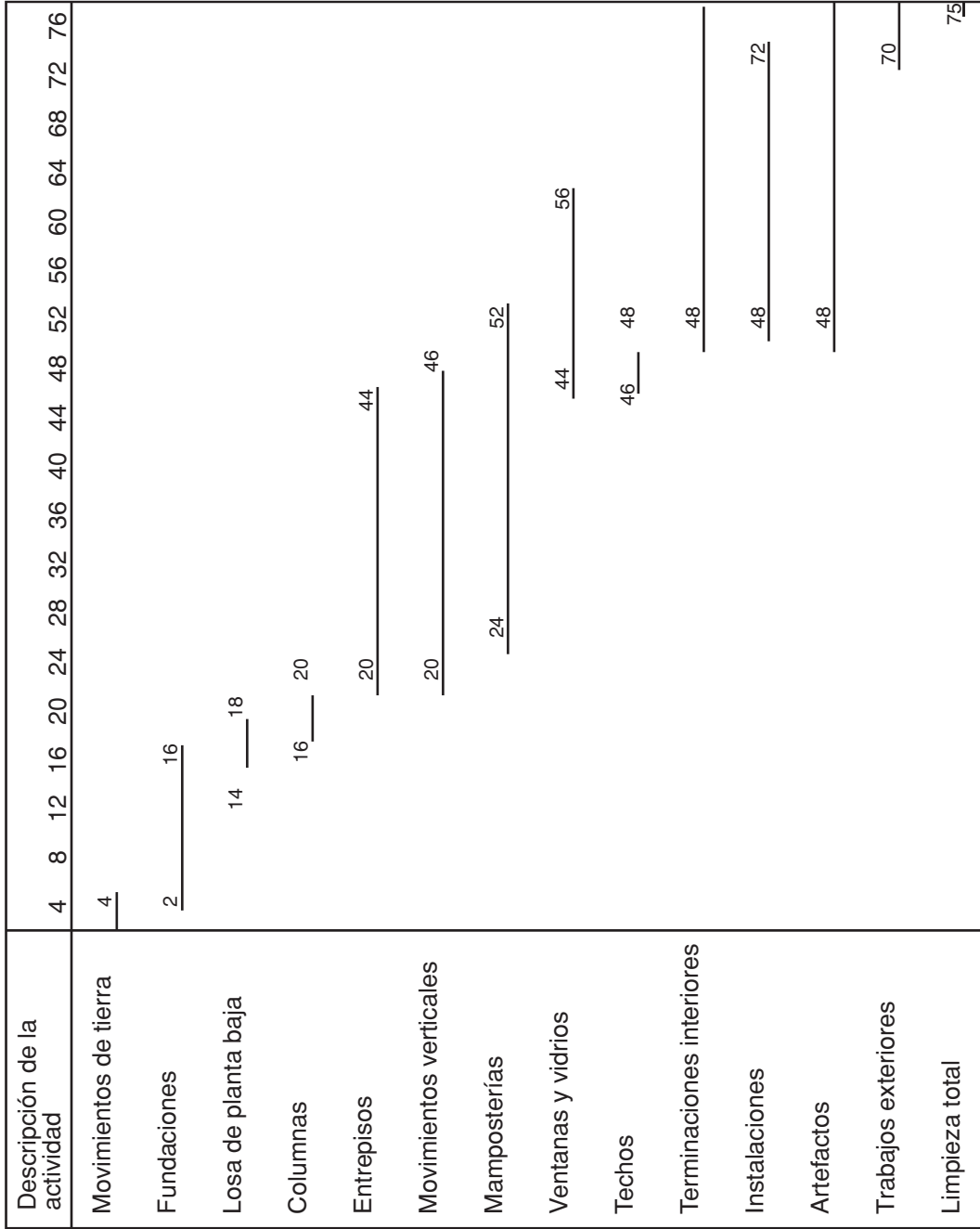


Figura 101

GRÁFICO B: Programa controlado a la semana 52

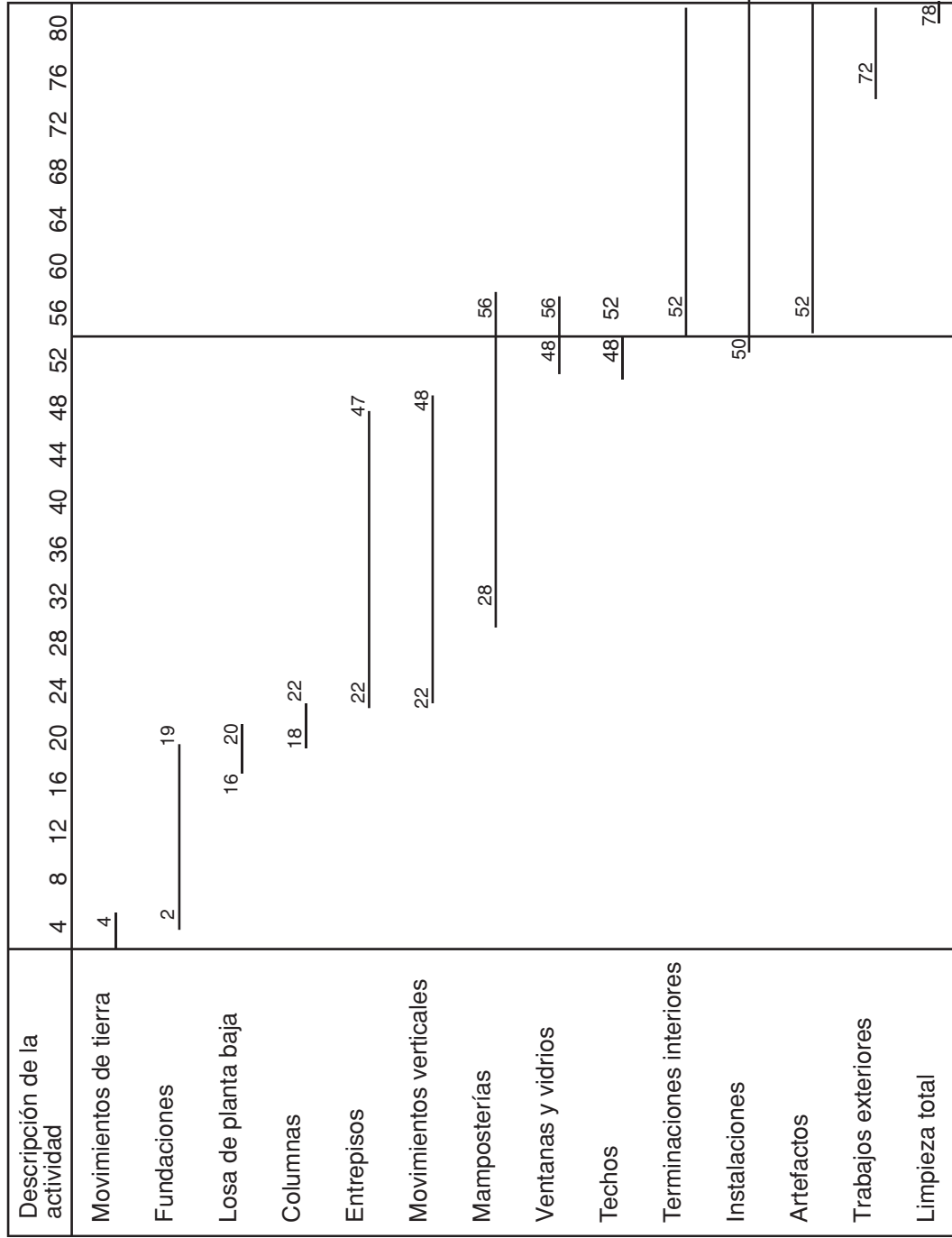


Figura 102

Sobre el programa de trabajos realizado, se indican los costos estimados, excluyendo, como se ha indicado, los gastos generales de la empresa (*overheads*), los materiales y el beneficio, para cada uno de los códigos de costos.

La tabla de la Fig. 100 muestra el desglose de los costos presupuestados, y la Figura 101, el programa para las primeras 76 semanas de trabajo.

Se registran los avances en forma usual, como se vio en el control de la programación. Los costos se registran teniendo como base los códigos de costos vistos. Tomamos como ejemplo que pasa en la semana 52 y analizamos el porcentaje de avance de cada actividad que se indica en la Figura 102. Los valores también se indican en la Figura 103. Las otras columnas de la tabla muestran los valores del presupuesto multiplicados por el porcentaje de avance. De ahí que, sumando las distintas columnas, se obtiene el valor total del trabajo hecho para cada código de costos. Esto permite analizar las variaciones que se puedan producir. Se puede apreciar, así, que a la fecha el costo es superior en \$ 2340 y se debe ver por qué es esa diferencia. Así, el ejemplo para el código 30, “colocación de armaduras”, muestra una variación de \$ 1100 y esto debe llamar la atención a la dirección para revisar este costo.

El control de consumo de materiales requiere un cuidado especial y sus variaciones pueden ser por:

- Desperdicios y roturas.
- Robos y pérdidas.
- Déficit en las entregas.
- Reparación de trabajos.
- Demoras en los sistemas de registros.
- Medida inadecuada de los trabajos realizados en el obrador.

Registros y mediciones cuidadosos permitirán establecer las variaciones para distintos materiales que integran los códigos de costos, pero recordemos que el costo de hacerlo puede exceder los potenciales ahorros. En la práctica, es más conveniente y suficiente analizar la variación global de los materiales.

Entonces, un camino o metodología sería el siguiente:

	(\$)
a) Materiales medidos para el trabajo analizado al final del último periodo	a
b) Materiales para el trabajo medido en el periodo actual	b
c) Valor de los materiales a la fecha	$c = a + b$
d) Costo de los materiales usados al final del último periodo	d
e) Costo de los materiales entregados en este periodo	e
f) Costo total de los materiales comprados a la fecha	$f = d + e$
g) Materiales existentes en el obrador	g
h) Materiales usados hasta la fecha	$h = f - g$
i) Variación de los materiales	$f = c - h$

Los valores de los materiales (a, b y c) deben ser considerados netos de contribución.

Los costos pueden estar basados en una cuidadosa combinación de facturas y remitos.

Cuando las variaciones llegan a valores negativos inaceptables, la dirección debe encarar e instrumentar una investigación en el obrador, para evitar situaciones recurrentes.

En general, existe una tendencia para el control de costos dirigida más a la mano de obra y equipos, que a los materiales. Sin embargo, hay experiencia en el sentido de que las pérdidas por materiales son significativamente más relevantes que las originadas por las otras causas. En nuestro medio basta con ver, como un ejemplo, la cantidad de volquetes que se llenan todos los días en las obras con desperdicios de distintos materiales. En consecuencia, prestar adecuada atención al tema de las variaciones en los materiales puede significar interesantes dividendos en forma de creciente beneficio. Alguno de los métodos disponibles, además del que surge de adecuados registros, es:

TABLA 2: Costos a la semana de control 52

Descripción de actividades	Código de costos								TOTAL	Porcentaje de terminación	
	10	20	30	40	50	60	70	80			
Movimientos de tierra						900			100	1000	100
Fundaciones	5000	6000	7000						2000	20000	100
Losa de planta baja	1000	1000	2500						500	5000	100
Columnas	200	300	300						200	1000	100
Entrepisos	15000	17000	18000		10000				20000	80000	100
Movimientos verticales	2000	3000	4000						1000	10000	100
Mamosterías				11200					2580	13780	86
Ventanas y vidrios				1000	500				500	2000	50
Techos	100	100	100		100				50	450	100
Terminaciones internas										-	s/inc
Instalaciones				33	67				330	430	6,7
Artefactos										0	s/inc
Trabajos externos										0	s/inc
Limpieza total										0	s/inc
Valor de la finalización a la semana 52	23300	27400	31900	12233	10667	900	0	27260		133660	
Costo actual a la semana 52	23000	28000	33000	12500	11000	500	0	28000		136000	
Variaciones	300	-600	-1100	-267	-333	400	0	-740		-2340	

Figura 103

- 1) Mantener una disposición clara, y prolija del obrador, con espacios para almacenaje y movimiento adecuados. Usar equipo mecánico para el manipuleo, siempre que sea viable.
- 2) Tener un empleado administrativo eficiente, confiable y bien entrenado para las tareas de control de almacenaje.
- 3) Mantener un buen sistema de contabilidad. Esto a veces implica, cuando la obra lo justifica, tener un ingeniero especializado en materiales, para planificar el flujo de las cantidades en forma correcta y en el tiempo adecuado. También estará a su cargo el control de todas las facturas, cumplimentar las órdenes originales y efectuar los registros cuando los requerimientos no se cumplan. Esta función se suma a la de cuidar y controlar que los materiales recibidos se correspondan con las facturas. En la Figura 104 se indica un diagrama de flujo posible, que indica el procedimiento a seguir.
- 4) Doble firma en los remitos de entrega, particularmente para el caso de hormigón elaborado.
- 5) Prever algún puesto para el pesaje de la entrega de agregados. No es necesario hacerlo en todas las entregas; se puede hacer como muestreo.
- 6) Ídem para la medida de la humedad de las entregas de arena.
- 7) La entrega de ladrillos debe ser paletizada.
- 8) Controlar todas las entregas en el momento de su descarga y compararlas con los remitos.

Desarrollo de un sistema de control de costos de obras:

Visto ese esquema general y habitualmente más usado en las obras, consideraremos el desarrollo de un sistema de control más sofisticado.

Para ello, y como lo hicimos en el ejemplo anterior, debemos tener clara y detallada la base de costos que se quiere controlar.

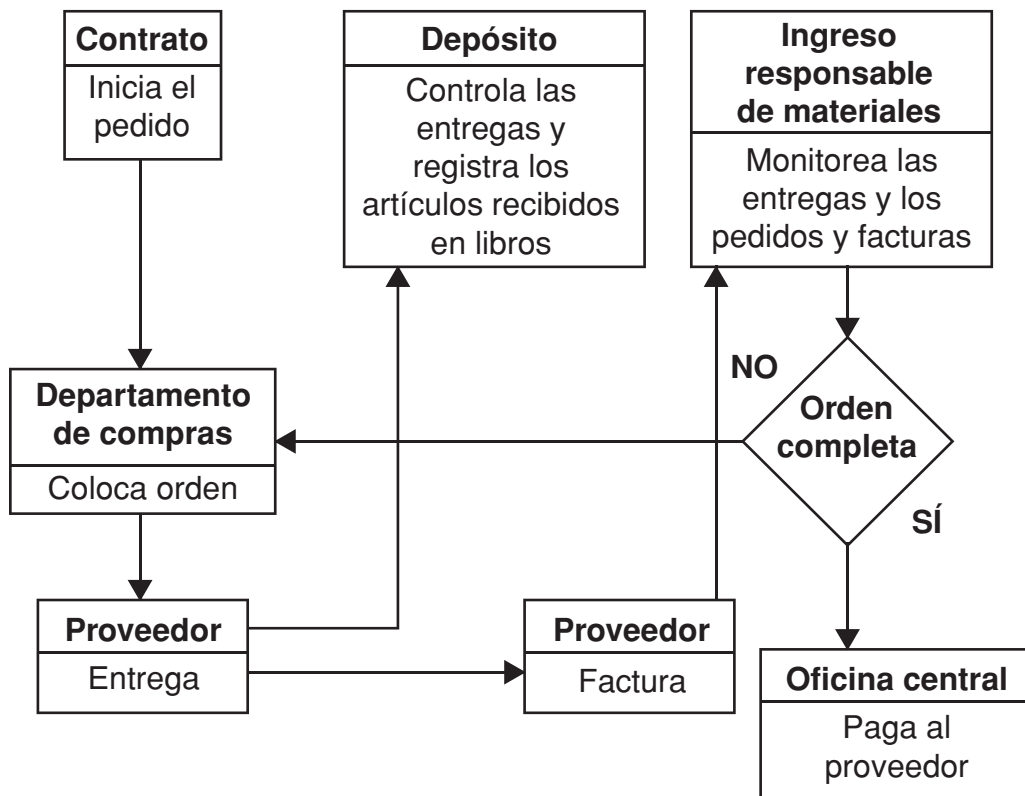


Figura 104. Abastecimiento de materiales

A veces, para los fines de control, el nivel de apertura de los costos no resulta apropiado. Entonces, se deben tener presentes algunos factores para decidir el nivel apropiado de detalle para el control de costos presupuestado o estimado.

- ¿En cuántos elementos individuales se debe abrir la estimación de costos para que tanto el personal de obra como el de la oficina central puedan cubrir el propósito de los informes?
- ¿Cuántos elementos de costos individuales pueden razonablemente controlar la dirección y su personal?
- ¿Cómo se puede tener en cuenta la ley de Pareto (ya vista)?: el 80% del costo total está probablemente representado por el 20% de los ítems de costo.

La respuesta a estos interrogantes y la correspondiente selección del nivel de detalle dependerán naturalmente de las características e importancia de la obra y de la estructura asignada para este fin. Como regla general, es aconsejable el mayor detalle sobre las partidas de costos que representan una porción significativa del costo total del proyecto.

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo donde la estructura de hormigón representa un gran porcentaje del costo. En este caso, este rubro se ha subdividido en un número de subcuentas según el tipo de operación. Por otro lado, si el costo total de todos los trabajos de mampostería no es significativo o tiene una magnitud de segundo orden frente al costo del hormigón, se los puede agrupar en una sola partida, como se indica en la tabla (Fig. 105).

Se ha dicho –e insistimos en esto– que se debe establecer una lista organizativa estándar con todos los códigos de costos para los distintos ítems. Generalmente, las empresas relativamente bien organizadas y de cierta envergadura tienen esta estructura impresa como básica, cubriendo la mayoría de los rubros que se pueden prever, y luego la adaptan según la obra que estén analizando. Como ejemplo, la “Construction Specification Institute” (CSI), de EE.UU. ha publicado un Formato General (*Masterformat*), con un detallado número de ítems, con sus correspondientes códigos de costo, que se usan habitualmente en la industria de la construcción.

El nivel de detalle resultante, para los códigos de costos, se ajusta de acuerdo con un sistema contable jerárquico. La categoría más alta está representada por una cuenta mayor y ésta es subdividida en subcuentas y subsubcuentas.

Ejemplo:

Nivel 1	0300	Hormigón
Nivel 2	03300	Colar el hormigón en el lugar
Nivel 3	03365	Hormigón postensado

Es un requisito esencial un buen diseño y un adecuado sistema de control de costos estimados, si se quiere tener éxito en el sistema de control. Es la base para el monitoreo y la comparación entre los costos estimados o presupuestados y los actuales.

A veces, el formato usado desde el punto de vista contable para el control de costos no satisface los requerimientos prácticos de obra para su control. Obviamente, la eficiencia máxima se obtiene cuando el sistema contable de costos puede proveer directamente la información requerida y necesaria para el sistema de control de costos. Con los sistemas informáticos existentes, esta compatibilidad es más fácil de obtener.

Las comparaciones entre los costos presupuestados y los actuales sólo pueden ser llevadas a cabo cuando ambas categorías de costos están clasificados, resumidos y presentados en formatos idénticos. Ya dijimos que esto permite comparar peras con peras y no manzanas con naranjas. En este sentido, es importante tener en cuenta que se debe evitar en los presupuestos grandes partidas denominadas “Varios” o “Misceláneas”, dado que luego es sumamente difícil efectuar el control, ya que se pueden imputar equivocadamente, o con el propósito de disimular desvíos, algunas actividades bajo este rubro, distorsionando la realidad de la obra.

Costo estimado detallado					Control de costos presupuestado				
Código de costo	Ítem	Material	M. de 0	Total	Código de costo	Ítem	Material	M. de 0	Total
03	Concreto								
03100	Encofrado	71920	125602	197522	03100	Encofrado	71920	125602	197522
03200	Armadura	208105	83100	291205	03200	Armadura	208105	83100	291205
03310	Coloc. de concreto	391400	42700	434100	03310	Coloc. de concreto	391400	42700	434100
03350	Terminación	0	18900	18900	03350	Terminación	0	18900	18900
04	Mampostería								
04210	Mampostería	4200	3510	7710					
04220	Mortero	2810	3640	6450					
04420	Corte de ladrillos	400	720	1120	04000	Mampostería	7410	7870	15280

Transferencia de los costos estimados del proyecto al presupuesto de control de costos

Figura 105

Control de costo/programa - Cost/Schedule Control System Criteria (C/SCSC):

Este sistema a menudo se conoce como sistema del “valor ganado”. Este método fue desarrollado en EE.UU. en la década de 1960, y es obligatorio su uso en la mayoría de los contratos que se contraen con el Gobierno. Veremos algunas de las características clave que lo hacen un método sumamente potente y productivo.

Hay tres elementos críticos involucrados en la metodología C/SCSC.

- El costo presupuestado de los trabajos programados (PV).
 - El costo actual de los trabajos ejecutados (AC).
 - El costo presupuestado del trabajo realmente realizado (EV).
- a) *Entonces, el PV es la cantidad de recursos (expresada en pesos) que se ha estimado serán consumidos para realizar una determinada tarea. Es comúnmente conocido como costo estimado. Para la metodología propuesta, se pone énfasis en buscar la correlación más estrecha posible entre el alcance del trabajo a ser completado (contenido del trabajo) y el monto de los recursos actualmente requeridos.*
 - b) *El AC es la cantidad de recursos (expresada en pesos) que fueron gastados para ejecutar una determinada tarea. También se conoce comúnmente como costos actuales o costos actuales incurridos. Registra los gastos de los recursos con relación directa al alcance del trabajo que ha sido planificado para ser completado en el mismo instante de tiempo.*
 - c) *El EV es la medida de la cantidad de trabajo realizada, reflejada en términos de un porcentaje del presupuesto asignado para una tarea específica. Este porcentaje de trabajo registrado o determinado se refiere a pesos y es el foco de la situación y el análisis del sistema. Éste es el dato nuevo que requiere la técnica C/SCSC.*
 - d) *Estimación hasta la conclusión (ETC) y estimación a la conclusión (EAC).*

Para entender qué significa y las ventajas implícitas, veamos el ejemplo siguiente, en forma gráfica (Fig. 106). El primer gráfico está presentado sin el concepto de EV, y se puede apreciar que el proyecto está en una situación por debajo del presupuesto. Usando EV, se presenta la situación real, que muestra que el proyecto está atrasado y el presupuesto excedido.

Obviamente, este sistema no resuelve problemas técnicos, ni de fondos, pero puede ayudar. Tampoco puede tomar decisiones por nosotros, aunque es una herramienta que nos ayuda y muy útil de gestión.

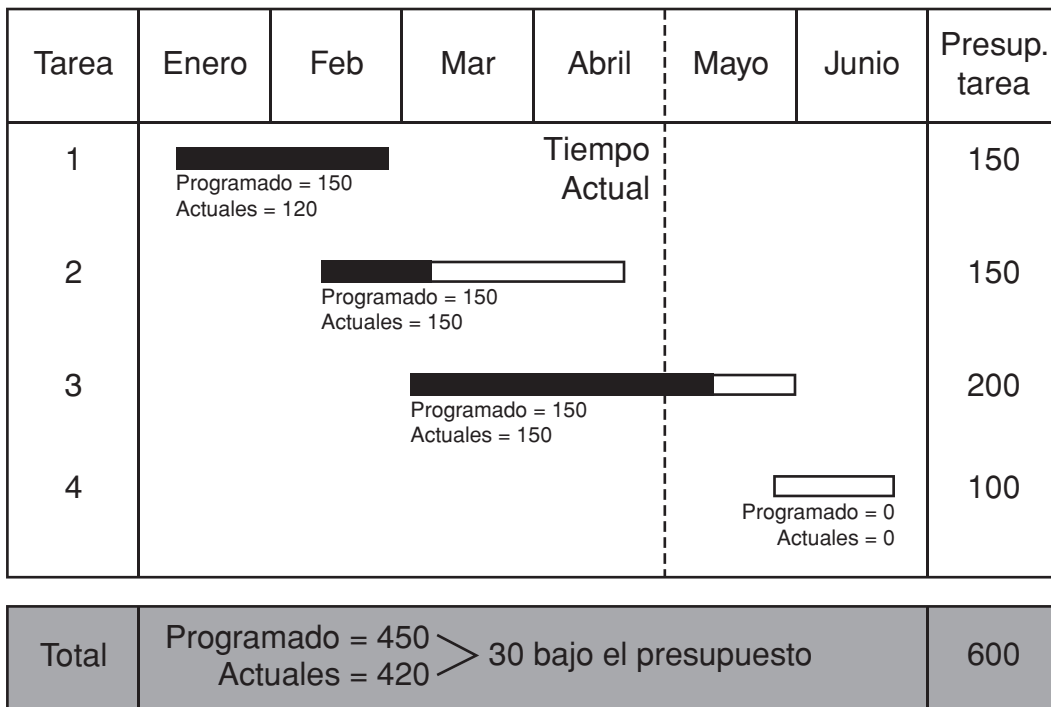
C/SCSC converge al nivel de costo contable, el cual incluye presupuestos, programas, asignación de tareas, recolección de costos, registro del progreso de los trabajos, identificación de problemas y acciones correctivas.

Dijimos que el concepto nuevo y fundamental es el EV de ahí que es importante su clara determinación.

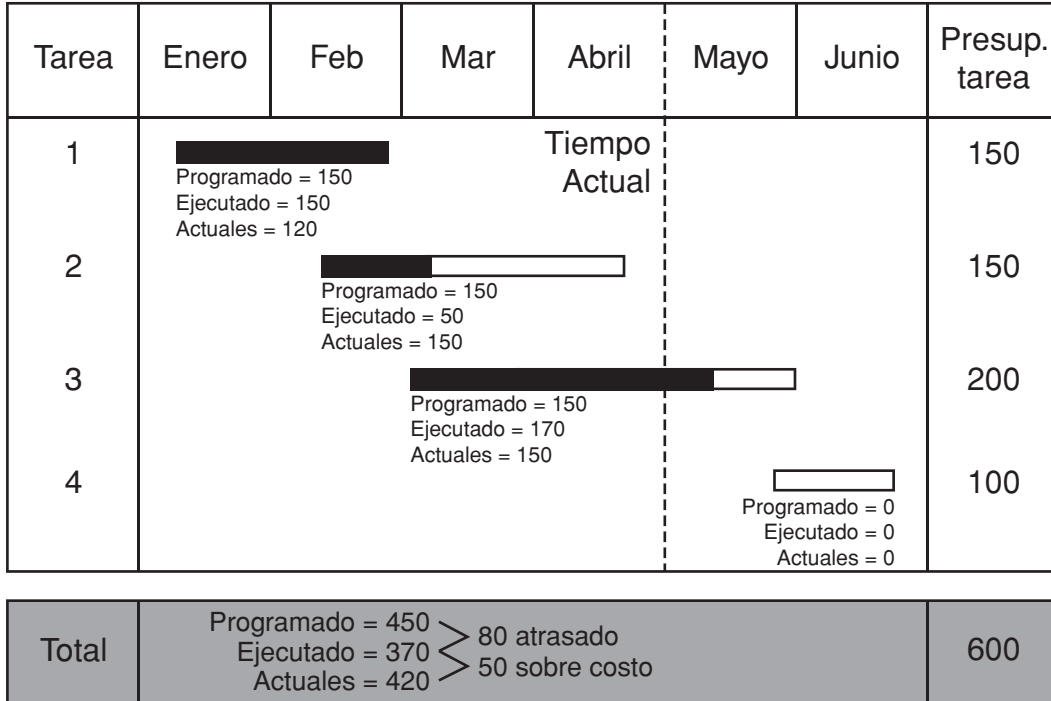
Alguno de los métodos para su determinación son los siguientes:

- **Unidades completadas:** Este método consiste en medir el número de unidades de trabajo que han sido completadas y compararlas con las totales del proyecto. No se consideran subtareas ni trabajos parcialmente ejecutados. Por ejemplo, si tenemos un gasoducto de 400 km y se han instalado completamente, en el momento de la medición, sólo 100 km, el porcentaje de terminación es de 25%.
- **Metas o jalones incrementales:** Cuando el trabajo incluye una serie de subtareas, el porcentaje de terminación puede ser estimado asignando un porcentaje proporcional a cada una de las tareas.

Beneficios de utilizar C/SCSC



Control de proyecto sin valor ganado



Control de proyecto con valor ganado

Figura 106

Por ejemplo:

Construcción de la fundación de asiento	10%
Ubicación de equipos sobre la fundación	60%
Conexión mecánica de caños	75%
Conexiones eléctricas	90%
Ensayos de rendimiento y arranque	100%

El porcentaje de terminación se estima determinando cuáles de las metas han sido alcanzadas. La precisión de este método dependerá de cómo se consideran los porcentajes de las subtareas con relación a los costos.

- **Costos faltantes para completar:** Este método, cuando se aplica apropiadamente, brinda la representación más segura para ver la situación de costos. Se debe estimar en primer lugar el costo del trabajo remanente para una determinada tarea. El porcentaje de terminación se calcula como sigue:

$$\% \text{ de terminación} = \frac{\text{Costo actual a la fecha}}{\text{Costo total estimado}}$$

o

$$\% \text{ de terminación} = \frac{\text{Costo actual a la fecha}}{\text{Costo actual a la fecha} + \text{Costo estimado para terminar}}$$

Ejemplo: El costo actual a la fecha para la erección de una estructura metálica es de \$ 18.500, y el costo estimado para completar los trabajos es de \$ 6500. El porcentaje de terminación es: $18.500 / 18.500 + 6500 = 74\%$.

Con cualquiera de los métodos que se usen para estimar el porcentaje de terminación, el EV se calcula como un porcentaje sobre el costo estimado o presupuestado original para la tarea.

Informe y evaluación del control de costos:

Los informes sobre la situación del control de costos deben permitir comparar ítem por ítem de los costos actuales con los valores ganados (EV). Asimismo, se podrá ver la estimación de costos para terminar y la proyección de los costos totales. Por supuesto, las variaciones también serán evidentes, y se indicarán como porcentajes referidos al presupuesto base.

En la planilla adjunta, se puede ver un típico informe mensual de control de costos, y sus conceptos surgen claramente de las definiciones ya vistas (Fig. 107).

Las representaciones gráficas son muy útiles, dado que brindan una rápida visualización de la situación del control de costos. El más usado y útil es el gráfico "costo-programa", como el adjunto, en el cual los costos actuales y presupuestados o estimados se registran contra los rendimientos en tiempo. En el gráfico de la Fig. 108 se ha pasado la información que surge del informe mensual del control de costos, y se puede apreciar que la obra está atrasada aproximadamente una semana de lo programado y los costos actuales han excedido el costo presupuestado en un 7,1%.

Se ha dicho ya que una de las funciones primarias del sistema de control es identificar los problemas para poder implementar las medidas correctivas necesarias. Por supuesto, no se puede esperar ni pretender que los costos actuales y los valores ganados sean idénticos, pero cuando se presentan variaciones significativas y sistemáticas, quiere decir que se está en presencia de un problema y hay que tomar decisiones correctivas, lo cual requiere analizar e investigar el origen del problema.

Puede haber distintas razones para que existan estas distorsiones; en primer lugar y la más habitual es que haya habido errores en las estimaciones. También puede deberse a cambios en la produc-

Reporte de Control de Costo Mensual

Item	Costo Código N°	Presupuesto Total	Porcentaje Completo	Valor Ganado	Costo Actual	Variación en %	Variación de costo	Costo Estimativo a completar	Costo Total Proyectado
Requerimientos Generales	1000	\$ 48.523	55.2%	\$ 26.785	\$ 22.478	16.1%	\$ 4.307	\$ 40.721	\$ 63.199
Trabajo en lugar	2000	478.925	98.1	469.825	458.799	2.3	11.026	467.685	926.484
Concreto	3000	798.147	74.6	595.418	762.396	-28.0	(166.978)	1.021.979	1.784.375
Mampostería	4000	589.991	26.2	154.578	156.887	-1.5	(2.309)	598.805	755.692
Metálica	5000	387.240	58.0	224.599	206.251	8.2	18.348	355.605	561.856
Carpintería	6000	142.364	12.0	17.084	16.841	1.4	243	140.342	157.183
Protección Humedad	7000	98.755	0.0						
Puertas y Ventanas	8000	124.721	0.0						
Terminaciones	9000	211.766	0.0						
Especialidades	10000	45.889	0.0						
Equipamiento	11000	267.451	0.0						
Amoblamiento	12000	89.010	0.0						
Construcción Especial	13000	15.600	0.0						
Ascensores	14000	82.710	0.0						
Instalación mecánica	15000	1.752.335	12.5	219.042	219.042	0.0	0	1.752.336	1.971.378
Instalación eléctrica	16000	987.143	18.9	186.570	186.570	0.0	0	987.143	1.173.713
Total Proyecto		\$6.120.570	33.2%	\$1.893.901	\$2.029.264	-7.1%	(\$135.363)	\$5.364.616	\$7.393.880

Figura 107

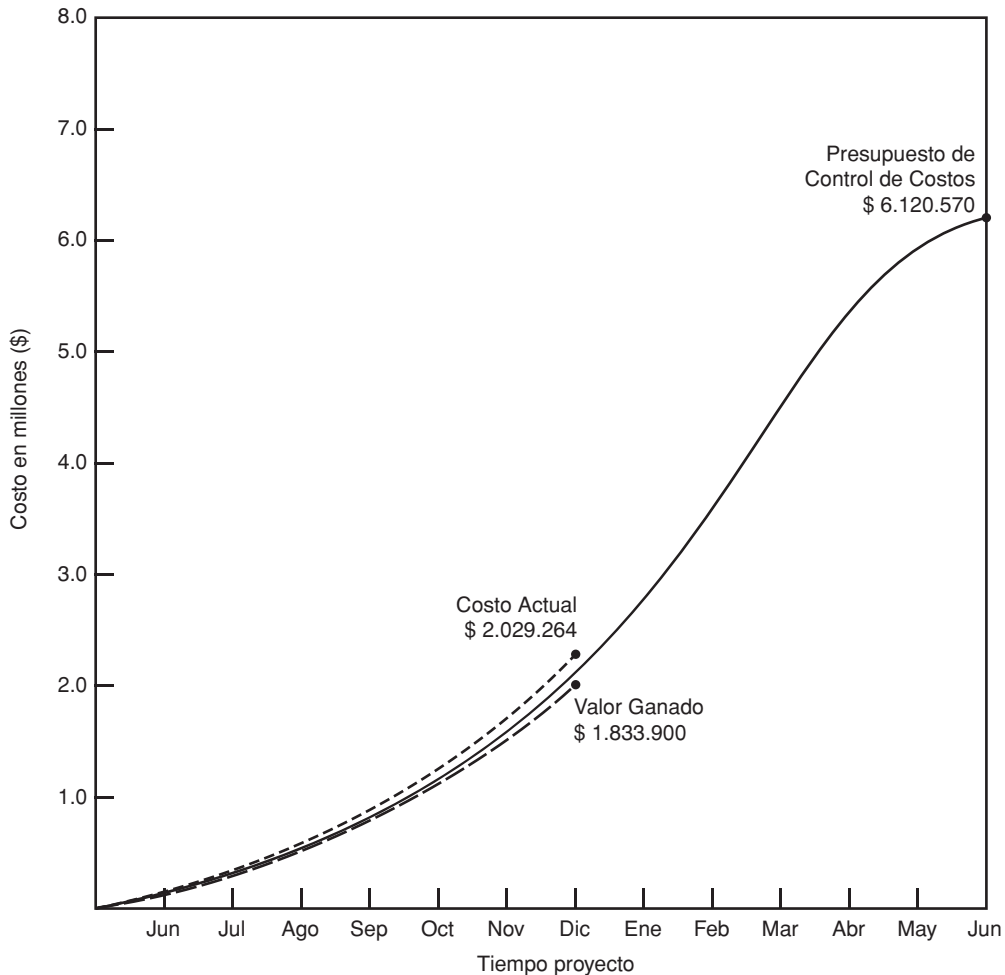


Figura 108

tividad en el trabajo, así como cambios en los precios de los materiales y de los salarios. No siempre el control de costos le permite al director identificar las causas del problema, pero le indica dónde mirar para investigar la causa. Por supuesto, además es importante tener el *feed-back* motivado por las acciones correctivas.

Los valores PV, EV y AC se usan en combinación para proporcionar medidas de rendimiento para ver si el trabajo se está llevando a cabo o no de acuerdo con lo planificado, en un momento determinado. Las medidas más comúnmente usadas son la variación de costo (CV) y la variación del cronograma (SV). Naturalmente, la variación de estos parámetros tiende a disminuir a medida que la obra se acerca a su conclusión, debido, generalmente, al efecto compensatorio que tiene la realización de mayor cantidad de trabajo.

*Variación del costo (CV): Es igual al valor ganado (EV) menos el costo real (AC). La variación del costo al final del proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada. $CV = EV - AC$

*Variación del cronograma (SV): Es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV). La variación del cronograma finalmente será igual a cero cuando se complete la obra, porque ya se habrán ganado todos los valores programados o estimados. $SV = EV - PV$

Estos dos valores son en alguna medida indicadores de eficiencia, que reflejan el rendimiento del costo y del cronograma de la obra.

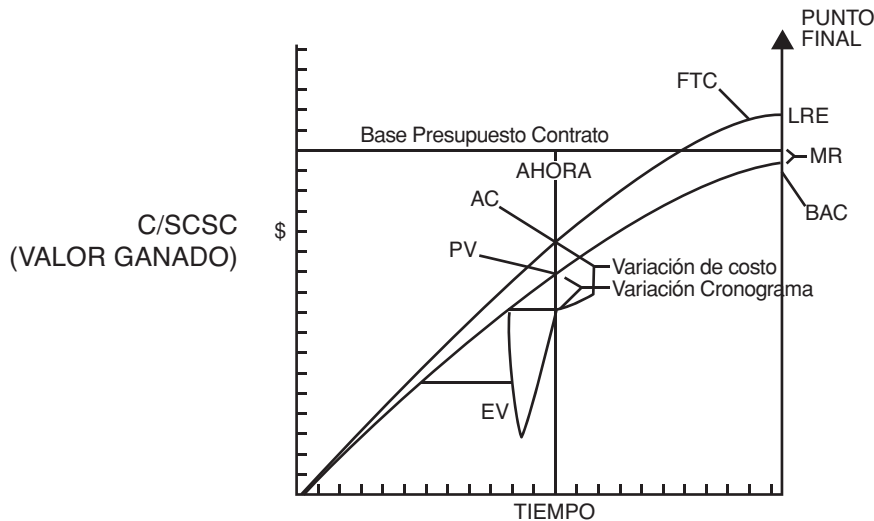


Figura 109

Índice del rendimiento del costo (CPI): Es igual a EV/AC . Es el indicador de eficiencia de costos más comúnmente usado. Un valor de CPI inferior a 1,0 indica un sobrecosto con respecto a las estimaciones.

CPI acumulativo (CPI c): Es ampliamente utilizado para predecir los costos de la obra a la conclusión. Es igual a la suma de los valores ganados periódicos (EV_c), dividida por la suma de los costos reales individuales (AC_c). $CPI_c = EV_c/AC_c$

Índice del rendimiento del cronograma (SPI): Se utiliza, además de para ver el estado del cronograma, para predecir la fecha de conclusión; y a veces se utiliza en combinación con el CPI para predecir las estimaciones de conclusión de la obra. Es igual a la razón entre el EV y el PV. $SPI = EV/PV$

En la Figura 109, idéntica a la ya usada para el registro mensual de avance, se representan todos estos valores.

Proyecciones:

Las proyecciones consisten en realizar estimaciones o predicciones de las condiciones futuras de la obra, basadas en la información y los conocimientos disponibles en el momento de la proyección. Se generan, actualizan y emiten nuevamente, basándose en la información sobre el rendimiento del trabajo, suministrada a medida que la obra se ejecuta y avanza. La información sobre el rendimiento del trabajo trata sobre el rendimiento anterior del proyecto y cualquier otra información que podría causar un impacto sobre la obra en el futuro, por ejemplo, la estimación a la conclusión y la estimación hasta la conclusión.

Los parámetros de la técnica del valor ganado del BAC, el costo real (AC) hasta la fecha y el indicador de eficiencia CPI c acumulativo se usan para calcular la ETC y la EAC, donde el BAC es igual al PV total a la conclusión para una actividad del cronograma, código o cuenta de costo u otro componente de la EDT. Por lo tanto: $BAC = PV_{acumulativo\ total\ a\ la\ conclusión}$.

Las técnicas de proyección ayudan a evaluar el costo o la cantidad de trabajo necesario para completar las actividades del cronograma, lo cual se denomina EAC. Las técnicas de proyección también ayudan a determinar la ETC, que es la estimación para concluir el trabajo restante correspondiente a una actividad del cronograma.

Aunque la técnica del valor ganado para determinar la EAC y la ETC es rápida y automática, no es tan valiosa ni exacta como las proyecciones manuales del trabajo restante que ha de realizar el

equipo de la obra. La técnica de proyección para la ETC basada en el suministro de la estimación hasta la conclusión es:

- *ETC basada en una nueva estimación.* Es igual a la estimación revisada para el trabajo restante. Esta estimación de la conclusión más exacta y completa es una estimación hasta la conclusión independiente y no obtenida mediante cálculo para todo el trabajo restante, y tiene en cuenta el rendimiento o la producción de los recursos hasta la fecha. Para su cálculo se usan algunas de estas dos fórmulas:
- ETC basada en variaciones atípicas: Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran atípicas y las expectativas en la dirección de la obra son que no se producirán variaciones similares en el futuro. La ETC es igual, en este caso, a BAC menos el valor ganado acumulativo hasta la fecha (EV c), o sea: $ETC = (BAC - EV c)$
- ETC basada en variaciones típicas: Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran típicas de las variaciones futuras. La ETC es igual al BAC menos EV c acumulativo (el PV restante), dividido por el índice de rendimiento del costo acumulativo (CPI c). $ETC = BAC - EV c / CPI c$

Una EAC es una proyección del valor total más probable basada en el rendimiento de la obra y la cuantificación del riesgo. Es el valor final total proyectado o previsto para una actividad del cronograma, componente de la EDT cuando se completa el trabajo definido.

- *EAC utilizando una nueva estimación.* La EAC es igual a los costos reales hasta la fecha (AC c) más una nueva ETC que proporciona la organización. Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando el rendimiento anterior muestra que las hipótesis o asunciones de las estimaciones originales eran básicamente defectuosas o ya no son pertinentes debido a un cambio en las condiciones. $EAC = AC c + ETC$

Las dos técnicas de proyección más comunes para calcular la EAC, usando los datos sobre el valor ganado, son una variación de:

- *EAC usando el presupuesto restante.* La EAC es igual a la ACc más el presupuesto necesario para completar el trabajo restante, que es el presupuesto hasta la conclusión (BAC) menos el valor ganado (EV). Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran atípicas, y las expectativas de la dirección son que no se deberían producir variaciones similares en el futuro. $EAC = ACc + BAC - EV$
- *EAC usando el CPIc.* El EAC es igual a los costos reales hasta la fecha (ACc) más el presupuesto necesario para completar el trabajo restante del proyecto, que es el BAC menos el EV, modificado por un factor de rendimiento (a menudo el CPIc). Este enfoque se utiliza más frecuentemente cuando las variaciones actuales se consideran típicas de las variaciones futuras. $EAC = ACc + \{(BAC - EV) / CPIc\}$

Cada uno de estos enfoques puede ser el correcto para cualquier proyecto, y le proporciona a la dirección una señal sobre si las proyecciones para la EAC no están dentro de las tolerancias aceptables. En la Figura 110 se indican todos estos parámetros.

Dentro de este capítulo incluiremos dos temas que son importantes durante el transcurso de la obra.

4.2.3. Certificado de avance de obra

La certificación de los trabajos ejecutados debe reflejar el avance físico de los mismos durante el periodo que corresponde, así como la valorización de acuerdo con el presupuesto básico que se aceptó con el inicio de la obra, y forma parte de los documentos contractuales.

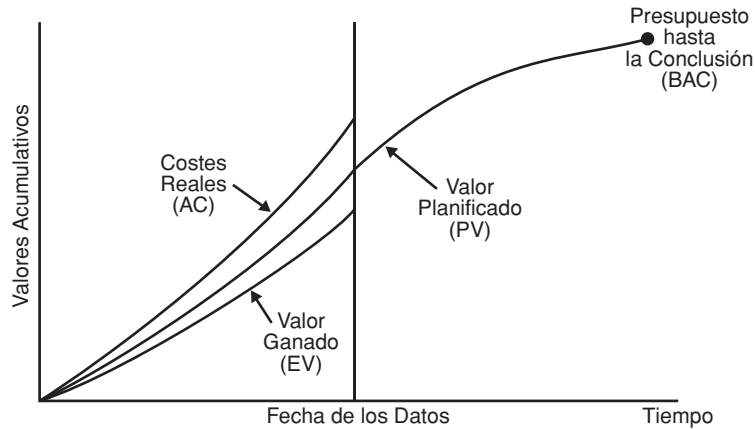


Figura 110

A los fines de ilustrar su estructura y forma de presentación, se adjunta una copia de un certificado típico de una obra de arquitectura.

Se llama certificado básico, porque está referido al presupuesto básico a la fecha de inicio de los trabajos. Generalmente los contratos, dada la duración que tienen las obras en general, prevén cláusulas de mayores costos, que, sobre la base de fórmulas polinómicas, buscan mantener actualizado el valor de la obra.

Estas fórmulas polinómicas, que se establecen contractualmente de común acuerdo, pretenden tener en cuenta aquellos parámetros que son más significativos según el tipo de obra de que se trate. Por ejemplo, para el caso de la estructura de hormigón armado se tendrá en cuenta, de acuerdo con sus porcentajes de incidencia en los costos, el valor de la mano de obra, el hormigón, la armadura de hierro y la madera de los encofrados. Cuando se trata de la ejecución de la obra total, se buscan índices generales que contemplen la variación posible del costo total de la construcción. Los generalmente utilizados son los que fija la Cámara Argentina de la Construcción y el Indec.

El contratista, entonces, cada mes, prepara sus certificados según el modelo indicado, y cuando se conocen los índices de variación correspondientes al mes analizado, prepara y presenta los Certificados de Mayores Costos, que reflejan, mes a mes, la variación que han tenido los parámetros contemplados con los mismos fijados como base contractualmente. Los índices que se fijan deben ser aceptados por ambas partes, y deben ser obtenidos por fuentes que, de acuerdo con sus metodologías, los publican oficialmente todos los meses. Es fundamental, para evitar cuestionamientos, que estos certificados se presenten mes a mes, sin dejar pasar ninguno, y que después se presente uno acumulativo. Esto genera roces.

Las características fundamentales a tener en cuenta en los Certificados Básicos son de ordenamiento. En primer lugar, están numerados en forma correlativa. En ellos se vuelca el presupuesto original con sus cantidades y precios unitarios y totales. La otra característica fundamental es que deben ser hechos en forma acumulativa; de esta forma, pequeñas diferencias, en más o en menos, en algún certificado mensual se compensan con el siguiente, y al finalizar la obra, se ha certificado el 100% de los trabajos, tanto física como económicamente.

De esta forma, al final de cada mes, la dirección de obra, conjuntamente con el responsable de la obra, acuerdan el porcentaje de avance físico del mes en cuestión de todas las actividades, y lo indican en la columna Porcentaje parcial. Esto es lo que aprueba la dirección, dado que el resto es un trabajo administrativo de pasar esos porcentajes a pesos y tener, consecuentemente, el monto a certificar durante el mes, que, adicionado a la suma certificada hasta el mes anterior, dará el monto total acumulado y los correspondientes avances físicos también acumulados.

La suma de todos los montos emergentes de esta forma de la columna Montos parciales es el Monto total del certificado N° X.

Es de hacer notar que a este monto calculado se le debe restar la parte alícuota del anticipo financiero que se le haya dado a la empresa en el inicio de los trabajos, cuando se firmó el contrato. En este caso, es del 20%, o sea, que se debe deducir este porcentaje del monto del certificado, de forma tal que al terminarse la obra se habrá reintegrado el 100% del monto percibido.

Asimismo, se debe deducir el monto previsto por fondo de reparos. En este caso, es del 10%. Generalmente, este monto se reemplaza, como ya se ha dicho anteriormente, por un seguro de caución. Si es éste el caso, igual se pone en evidencia, a los fines de tenerlo contabilizado. Así se obtiene el Monto total básico del certificado correspondiente a ese mes. Se adjunta un ejemplo de este tipo de certificación (Fig. 111).

Aprobados los certificados, tanto los Básicos como los de Mayores Costos, las empresas proceden a facturar los montos respectivos, más los impuestos que corresponden (IVA).

Además, y para completar todo el paquete de las certificaciones, es importante también certificar y facturar los eventuales trabajos adicionales que se vayan presentando durante el avance de la obra. En este sentido, es importante haber aprobado, con anterioridad a su ejecución, el alcance y monto de los trabajos que se adicionan o se eliminan. Generalmente, si esto no se hace, luego, con la correspondiente facturación, surgen los problemas. La dirección se encuentra maniatada, dado que los trabajos ya han sido ejecutados y es más difícil analizar y consensuar los costos inherentes.

La dirección de obra debe ser sumamente rigurosa con esta función de análisis y control de todos los certificados indicados, y debe mantener un archivo prolijo de los mismos y sus antecedentes.

4.2.4. Flujo de fondos (cash-flow)

Si bien no es una herramienta de control que esté bajo la órbita de la dirección, entendemos que es importante conocer su confección, su significado y su estructura.

El cálculo del presupuesto de obra es esencialmente estático, es decir, congela de manera instantánea el desarrollo de la obra en el tiempo.

Es interesante e importante analizar qué pasa desde el punto de vista económico-financiero al efectuar un seguimiento dinámico de la ejecución. Este análisis tiene dos implicancias: a) determinación de los desvíos presupuestarios sobre la marcha, que es lo que ya hemos visto como control de costos, y b) establecimiento de los requerimientos financieros derivados de la obra en sí y detección de los desvíos que se producen en el flujo de fondos (*cash-flow*).

En este último caso, es necesario calcular con cierta precisión los montos de los requerimientos de caja para cada periodo financiero de la obra (mes, trimestre, etc.), a fin de preparar los recursos que sean necesarios. Pero el esquema de requerimientos financieros también es estático; a medida que la obra progresa, ello se modifica por efectos de diversos factores de desvío económico. La satisfacción de estas dos necesidades de control origina en las empresas un mecanismo administrativo-contable. La complejidad y el grado de precisión de este mecanismo dependerán en cada caso de la magnitud de la obra, de la sensibilidad económica de la misma y de la rigurosidad del financiamiento adoptado.

Muchas empresas han pasado por situaciones financieras críticas, en algunos casos hasta llegar al límite de su quiebra, precisamente por llegar a situaciones de inadecuados recursos de caja. De allí la importancia de prever los requerimientos de fondos, para hacer las provisiones necesarias antes de llegar a esas situaciones difíciles. Esto es particularmente importante en momentos de altas tasas de interés y en momentos de inflación. Muchas empresas confunden flujos de beneficios con flujos de caja y consecuentemente cometen serios errores de cálculo. El flujo de fondos es la transferencia hacia adentro o hacia afuera de dinero y, en este sentido, como se indicó, el tiempo es de suma importancia. Puede haber, y es lo habitual, un lapso de tiempo entre el derecho de recibir un pago y el momento del efectivo pago. Podrá existir un lapso de tiempo entre la obligación de hacer un pago y el momento actual del pago. Estos lapsos de tiempo son los acuerdos de crédito que el contratista o la empresa tiene con sus acreedores y deudores. Con el simple ejemplo siguiente, se pueden apreciar estas diferencias. Una empresa compra bienes por \$ 6 cada uno y los vende en \$ 8 cada uno; pueden existir una serie de acuerdos de créditos diferentes.

Certificado básico de Obra N°: 10

ítem	Rubro	Un.	Cant.	Precio Unitario	Precio Total	Porcentaje		Monto	
						Ant.	Acum.	Ant.	Acum.
1	TAREAS PRELIMINARES Y SEGUROS								
1.1	Baños, Vestuarios, Comedores	gl	1,00		37.388,04	70%	70%	26.171,63	0,00
1.2	Oficinas	gl	1,00		14.093,10	90%	90%	12.683,79	0,00
1.3	Oficinas Dirección de Obra	gl	1,00		7.046,55	90%	90%	6.341,90	0,00
1.4	Seguro obrero	gl	1,00		82.665,75	70%	6%	57.866,03	4.959,95
1.5	Seguro de responsabilidad civil	gl	1,00		15.125,00	100%	100%	15.125,00	0,00
1.6	Agua de construcción	gl	1,00		11.250,00	100%	100%	11.250,00	0,00
1.7	Revisación médica	gl	1,00		31.548,96	70%	6%	22.084,27	1.892,94
1.8	Replanteo inicial	gl	1,00		1.250,00	100%	100%	1.250,00	0,00
1.9	Trámites luz de obra	gl	1,00		3.560,00	100%	100%	3.560,00	0,00
1.10	Seguros equipos	gl	1,00		2.560,00	70%	6%	1.792,00	153,60
	Total del ítem:				206.487,40			158.124,61	7.006,48
									165.131,09

2 CÁLCULO ESTRUCTURAL

2.1	Cálculo estructural	gl	1,00		56.372,40	73%	5%	41.151,85	2.818,62
	Total del ítem:				56.372,40			41.151,85	2.818,62
									43.970,47

3 VALLADOS

3.1	Cercos	gl	1,00		36.504,16	100%	0%	36.504,16	0,00
3.2	Cerco nunciatura	gl	1,00		21.629,89	10%	40%	2.162,99	8.651,96
	Total del ítem:				37.388,04			38.667,15	8.651,96
									47.319,11

11.906,66

4 EXCAVACIÓN											
4.1	Excavación incluido fundaciones	m3	39688,88	6,11	242.497,83	98%	1%	99%	237.647,87	2.424,98	240.072,85
4.2	Red de drenaje y depresión de napa	gl	1,00		75.163,20	95%	4%	99%	71.405,04	3.006,53	74.411,57
	Total del ítem:				317.661,03				309.052,91	5.431,51	314.484,42
5 SUBMURACIÓN											
5.1	Tabiques de submuración	m2	3357,68	107,24	360.077,60	99%	0%	99%	356.476,82	0,00	356.476,82
5.2	Anclajes de tracción	gl	1,00		272.466,60	99%	1%	100%	269.741,93	2.724,67	272.466,60
	Total del ítem:				632.544,20				626.218,76	2.724,67	628.943,42
6 BASES DE FUNDACIÓN Y LOSAS DE SUBPRESIÓN											
6.1	Bases de fundación y losas de subpresión	m3	1908,20	314,64	600.396,05	96%	3%	99%	576.380,21	18.011,88	594.392,09
	Total del ítem:				600.396,05				576.380,21	18.011,88	594.392,09
7 COLUMNAS											
7.1	Columnas	m3	426,73	594,35	253.627,74	33%	19%	52%	83.697,15	48.189,27	131.886,42
	Total del ítem:				253.627,74				83.697,15	48.189,27	131.886,42
8 VIGAS											
8.1	Vigas de hormigón armado	m3	681,50	498,89	339.993,54	13%	16%	29%	44.199,16	54.398,97	98.598,13
8.2	Vigas en remodelación palacio	gl	1,00		18.790,80	30%	5%	35%	5.637,24	939,54	6.576,78
	Total del ítem:				358.784,34				49.836,40	55.338,51	105.174,91
9 LOSAS											
9.1	Losas	m3	4324,00	343,17	1.483.867,08	22%	13%	35%	326.450,76	192.902,72	519.353,48
	Total del ítem:				1.483.867,08				326.450,76	192.902,72	519.353,48

10 TABIQUE											
10.1	Tabiques	m3	2289,84		1.279.585,49	17%	5%	22%	217.529,53	63.979,27	281.508,81
Total del ítem:					1.279.585,49				217.529,53	63.979,27	281.508,81
11 ESCALERAS											
11.1	Escaleras	m3	345,92		164.709,81	8%	11%	19%	13.176,78	18.118,08	31.294,86
Total del ítem:					164.709,81				13.176,78	18.118,08	31.294,86
12 AYUDA DE GREMIO											
12.1	Ayuda de gremio	gl	1,00		50.140,00	8%	6%	14%	4.011,20	3.008,40	7.019,60
Total del ítem:					50.140,00				4.011,20	3.008,40	7.019,60
13 VARIOS NO INCLUIDOS											
13.1	Varios no incluidos	gl	1,00		77.595,45	40%	5%	45%	31.038,18	3.879,77	34.917,95
Total del ítem:					77.595,45				31.038,18	3.879,77	34.917,95
14 LIMPIEZA PERIÓDICA FINAL											
14.1	Limpieza periódica final	gl	1,00		108.234,96	58%	6%	64%	62.776,28	6.494,10	69.270,37
Total del ítem:					108.234,96				62.776,28	6.494,10	69.270,37
TOTAL					5.648.140,00	44,94%	7,73%	52,67%	2.538.111,78	436.555,23	2.974.667,01
MONTO TOTAL DEL CERTIFICADO N° 10										436.555,23	
ANTICIPO FINANCIERO 20%										-87.311,05	
FONDO DE REPARO 10%									-253.811,18	-43.655,52	-297.466,70
NOTA: Estos importes serán sustituidos por Póliza de Caución											
MONTO TOTAL DEL CERTIFICADO N° 10										305.588,66	
MONTO TOTAL SIN FONDO DE REPAROS DEL CERTIFICADO N° 10										349.244,19	

NOTA: a) Estos importes no incluyen IVA

Figura 111

Acuerdo de crédito	Flujo de beneficio (\$)	Flujo de caja (\$)	
		Salida	Entrada
Compra 10 en efectivo			
Vende 10 en efectivo	20		20
Compra 10 a crédito			
Vende 10 a crédito	20		80
Compra 10 en efectivo			
Vende 10 a crédito		80	

Los diferentes acuerdos de crédito generan flujos de fondos distintos, lo que obliga, pues, a una previsión separada del flujo de fondos.

Cálculo de los requerimientos financieros:

Para hacer frente al cálculo de las necesidades de caja para un proyecto, es necesario contar con ciertos elementos previos: programa detallado de trabajos y presupuesto detallado de la obra, actualizado a la fecha en que se procederá a calcular el *cash-flow*, medida e intervalos de la certificación; demora de pago entre la certificación y el momento del pago; condiciones de retenciones y devoluciones; demora entre la obligación de los costos incurridos y el encuentro con esas obligaciones.

En general, la determinación de estos requerimientos es realizada por personal con formación contable, que no siempre domina los aspectos técnicos; de allí que es necesario respetar ciertas reglas básicas, para preparar este documento.

Ya vimos la importancia de establecer códigos de costos para cada actividad, a los fines de que exista un único lenguaje inequívoco para todos los registros y, por otro lado, para evitar repeticiones o superposiciones de costos.

Vimos que el presupuesto estaba determinado por la suma de materiales, mano de obra, subcontratos, costos indirectos de obra, imprevistos o contingencias, gastos financieros, gastos generales de empresa (*overhead*) y beneficio. Para determinar los requerimientos financieros, o el plan de pagos, se toman los compromisos por compra de materiales, mano de obra directa, costos indirectos, subcontratos, alquiler de equipos y gastos de obrador (en el caso de ser un costo relevante). Los costos indirectos se prorratan en función de la duración total de la obra.

De esta forma, es posible establecer, mediante un cuadro de doble entrada, la serie de combinaciones: Actividad (código de costos) - elementos de costo, como la indicada:

Actividad	Elementos de costo					
	Mat.	M. de O.	Alq. de equipos	Subcont.	Obrador	C. Ind.
003 Excavación	x		x	x		x
021 Coloc. de pisos	x	x				
Etc.						

A cada uno de los cuadros indicados con una x le corresponde un monto que debe coincidir con su homónimo del presupuesto. La suma de todos ellos dará, por otro lado, el total de costos respectivo. Como se ha indicado, lo único que no se incluye en el cuadro son los gastos generales de la empresa y los beneficios.

Con estos elementos se arma el esquema de requerimientos financieros. Para ello, se procede a analizar cada rubro según el siguiente procedimiento. En primer lugar, se individualiza y aísla el rubro en el programa de ejecución, y se verifica la manera en que cada elemento de costo incidirá en el tiempo provocando un compromiso de pago.

Rubro 21 - Colocación de pisos

Mes	15	16	17	18	19
Programa		████████████████████			
Materiales	↓ Acopio		↓ P		
Mano de obra directa			↓ P (50%)	↓ P (50%)	

Figura 112 - Compromisos de Pago

Para seguir con el ejemplo, veamos qué pasa con los compromisos de pagos del ítem 021, “Colocación de pisos”. De acuerdo con el programa de trabajos, surge que el plazo de ejecución es de 2 meses y un cuarto, a partir del mes 16. Si suponemos un acopio de la totalidad de los materiales 15 días antes de ser necesarios para el inicio de la colocación, y si la empresa paga a los 60 días, en cuenta corriente, al proveedor, el pago de la totalidad de los materiales se hará a mediados del mes 17. Con respecto a la mano de obra directa, haciendo abstracción de las quincenas, el pago se hará en dos mensualidades iguales al 50% del rubro, al final de los meses 16 y 17. Esto está indicado en la Figura 112.

Supongamos ahora el caso más complejo del rubro 003, “Excavación”. El mismo abarca 45 días a partir de la finalización del mes 1, es decir, se realizará durante el mes 2 y la mitad del mes 3.

Razonando igual que en el caso anterior, suponemos un acopio global de materiales necesarios para este rubro un poco antes del comienzo del mismo y su correspondiente pago a los 90 días (mes 4). Para el alquiler de equipos se ha pactado un anticipo del 30% del monto al inicio y el saldo (70%) a la terminación de las tareas. En este caso, es necesario considerar que el monto resulta de un cálculo de tiempo a una determinada tarifa diaria u horaria, de manera que es necesario tener en cuenta los adicionales por inconvenientes climáticos, demoras, etcétera. Finalmente, consideremos un subcontrato hipotético que ha sido pactado mediante un anticipo del 15% del monto total, dos cuotas de 35% cada una durante la ejecución de los trabajos y un saldo de garantía del 15%, que se abonará a los 90 días de terminados los trabajos (Fig. 113).

Rubro 3 - Excavación

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Programa		████████████████					
Materiales	↓ Acopio			↓ P			
Alquiler de Equipo		↓ P (30%)	↓ P (70%)				
Subcontrato	↓ P (15%)	↓ P (35%)	↓ P (35%)			↓ P (15%)	

Figura 113 - Compromisos de Pago

En la práctica, en lugar de calcular en la forma indicada, que surge de los compromisos contractuales u órdenes de compra, las empresas suelen establecer reglas de desfase compromiso-pago, que se aplican automáticamente para efectuar el desarrollo financiero. El principio es el siguiente: si el presupuesto económico original está afectado por un margen de error determinado, en pesos, al cual se superpone el margen de error del programa en tiempo, no tiene objeto determinar reglas de desfase precisas o complejas. Es preferible pensar una lógica compensación de errores por vía del juego normal de los desvíos y simplificar el cálculo del *cash-flow* utilizando un mecanismo más global, que no considere ese análisis particularizado de cada partida.

Por ejemplo, se toman criterios generales sobre cómo se pagarán los materiales según el plazo de duración de los trabajos, independientemente de si, en algún caso particular, esto no se cumple, por razones puntuales dependientes del tipo de provisión, proveedor, etcétera.

Asimismo, para la mano de obra, se consideran pagos mensuales, lineales, sin tener en cuenta el pago de las quincenas.

Por otro lado, en obras importantes y de larga duración se pueden preparar flujos de fondos trimestrales y aun semestrales.

Luego de considerar, de cualquiera de las formas indicadas para cada actividad o código de costos, las erogaciones necesarias mes a mes, se obtienen en forma acumulada los montos totales requeridos mes a mes durante toda la duración de la obra, a moneda constante.

De la misma forma, la empresa prepara, en el caso de tener varias obras, el cuadro de erogaciones mensuales totales consolidado. Los dos tipos de flujos de fondos requieren un tratamiento distinto. En este caso, se suman los gastos generales de la empresa, amortizaciones o repagos de créditos bancarios.

Para tener el cuadro completo del flujo de fondos, se deben analizar de la misma forma los ingresos por certificaciones u otros conceptos, que se van a presentar durante el desarrollo de la obra y que se aplicarán en los momentos que están previstos para ello.

Así, sumando los montos de cada mes, se obtendrán los ingresos acumulados. La diferencia entre los ingresos y los egresos totales mensuales da el resultado neto positivo o negativo que corresponda. Es normal que los primeros meses de obra el resultado sea deficitario, en cuyo caso hay que contar con los recursos necesarios para cubrir esos baches, y luego se hace crecientemente positivo, mostrando la utilidad que ha tenido la obra. A título de ejemplo, se adjuntan unas planillas de flujo de fondos típicas (Figs. 114 y 115).

Es de hacer notar que esta herramienta de gestión, al igual que las otras ya vistas, sirve para efectuar su seguimiento y control según la periodicidad que se haya previsto, para ver los eventuales desvíos y consecuentes correcciones.

El flujo de fondos permite analizar y evaluar proyectos. En este sentido, se usan modelos numéricos que ayudan a tomar decisiones en forma consciente. Consideremos alguno de los que permiten determinar beneficios y rentabilidades.

Se usan habitualmente para evaluar proyectos y, en alguna medida, poder determinar el grado de aceptabilidad.

- a) Periodo de repago: Es la inversión inicial prevista para el proyecto, dividida por el ingreso anual de caja estimado. Esta relación da el número de años requeridos para el repago de la inversión inicial. Supongamos que un proyecto cuesta \$ 100.000 para su implementación, y genera un ingreso de caja anual neto de \$ 25.000. El periodo de repago es $\$ 100.000 / \$ \text{ por año } 25.000 = 4$ años. Este método permite tener una idea rápida del riesgo del proyecto.
- b) Tasa de retorno promedio: A veces esto se confunde como un concepto inverso al *a*. Es la relación del beneficio promedio anual (ya sea antes o después de impuestos), referido a la inversión inicial o promedio del proyecto. Dado que el beneficio anual promedio no es generalmente equivalente a ingresos netos de caja, la tasa de retorno promedio no es la recíproca de *a*. Siguiendo con el ejemplo anterior, suponiendo que los beneficios promedio anuales son de \$ 15.000, la tasa de retorno promedio es: $\$15.000 / \$ 100.000 = 0,15$.

Cash Flow

08/02/02

	11-Feb 15-Feb	18-Feb 22-Feb	25-Feb 02-Mar	04-Mar 08-Mar	11-Mar 15-Mar	18-Mar 22-Mar	25-Mar 29-Mar	01-Abr 05-Abr	08-Abr 12-Abr	15-Abr 19-Abr	22-Abr 26-Abr	29-Abr 03-May	TOTALES
INGRESOS													
Saldo en HSBC Cuenta \$	78.996												78.966
Cobranza de Facturas	305.511				568.319				150.000				1.023.829
Fondos de Reparación	-22.717				-43.813								-66.529
Ret Gcias	-4.950				-9.294								-14.243
A recibir de Exolgán por Puerto Misiones				1.000									1.000
Ajuste cobranza 09/01		29.890											29.890
Fondos de Reparación						86.861							86.861
Anticipo no amortizado							-264.959						-264.959
													0
													0
TOTAL INGRESOS	356.810	29.890	0	1.000	515.212	86.861	-264.959	0	150.000	0	0	0	874.814
EGRESOS													
Proveedores	Factura												
CMP	94	52.104			108.899			108.899					269.901
ALG	3615			12.900				20.738					33.638
ALG	3602			634									634
ALG	3601			146									146
ALG alquiler		2.420				2.420				2.420			7.260
Cámara Arg Constr		150				150				150			450
Cámara Arg Ale		140										140	280
Schneider			14.950										14.950
Mirón							77.704						77.704
Argenmedios				221									221
Gremio	3.516				1.800			1.800					7.116
	205	32.954		37.047		40.000		37.018					147.018
		30											30
	2.420	2.420				2.420					2.420		9.680
	109												109
	1.452				1.452				1.452				4.356
Auditoría		1.800	2.000										3.800
Red Alternativa		30											30
Sivori													0
													0
													0
Retenciones a Pagar													
Gcias													0
SUSS			4.000				4.000					4.000	12.000
													0
Sueldos			19.000				19.000					19.224	57.224
Cargas Soc			4.000				4.000					4.000	12.000
													0
TOTAL EGRESOS	59.806	39.944	43.950	50.947	112.151	44.990	104.704	168.454	1.452	2.570	2.560	27.224	658.751
Saldo Disponible	297.003	286.950	243.001	193.054	596.116	637.987	268.324	99.869	248.417	245.847	243.287	216.063	216.063

Consideraciones sobre el informe:

- 1 Cobranzas y pagos considerados 1 a 1 en pesos
- 2 Se contempla la devolución en 25-Mar del Anticipo no amortizado
- 3 Están contemplados los totales a pagar hasta cumplir la Orden de Compra en los siguientes casos

- 4 Como cobranza de Abril 2002 por el certif de Feb 2002 se consideraron \$ 150.000.-
- 5 Se está contemplando en la línea "Anticipo no amortizado" la eventualidad de una devolución de anticipo

Figura 114

La ventaja de ambos métodos es su simplicidad, pero ninguno toma en cuenta el tiempo en el valor del dinero, lo cual puede llevar a serios errores.

- c) Flujo de caja descontado: También se lo conoce como el método del "valor presente neto". Determina el valor presente neto de los flujos de caja descontados por la tasa de retorno requerida, también conocida como tasa de corte.

$$VPN = A_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde: F_t = flujo de caja neto en el periodo t

k = tasa de retorno requerida

A_0 = inversión inicial (como es una erogación, es negativa)

Si se quiere incluir el efecto de inflación o deflación p_t (tasa de inflación en el periodo t), se agrega este factor en el sumando del denominador $(1 + k + p_t)$.

Al principio, los flujos son generalmente negativos, y si el proyecto es exitoso, se deben hacer positivos.

Veamos un ejemplo simple: inversión de \$ 100.000; \$ 25.000 de ingresos anuales durante 8 años; 15% de tasa de retorno requerida; 3% anual de tasa de inflación.

$$VPN = -\$100.000 + \sum_{t=1}^8 \frac{25.000}{(1 + 0,15 + 0,03)^t} = \$1939$$

Como el resultado es positivo, se puede decir *a priori* que el proyecto es aceptable.

Veamos un ejemplo más complejo.

Ano	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Factor de descuento	VPN
A	B	C	D = (B-C)	$1 / (1 + k + p)$	D.F.de D.
1	0	125.000	-125.000	1,0000	-125.000
2	0	100.000	-100.000	0,8696	-86.960
3	0	90.000	-90.000	0,7651	-68.049
4	50.000	0	50.000	0,6575	32.875
5	120.000	15.000	105.000	0,5718	60.039
6	115.000	0	115.000	0,4972	57.178
7	105.000	15.000	90.000	0,4323	38.907
8	97.000	0	97.000	0,3759	36.462
9	90.000	15.000	75.000	0,3269	24.518
10	82.000	0	82.000	0,2843	23.313
11	65.000	0	65.000	0,2472	16.068
12	35.000	0	35.000	0,2472	8.652
Total	\$ 759.000	\$ 360.000	\$ 399.000		\$ 18.003

Notas: $t = 0$ al comienzo del año 1. Se ha considerado $k = 12\%$ y $p = 3\%$ para todo el periodo.

d) Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de descuento que iguala los valores presentes de los dos conjuntos de flujos (ingresos y egresos)

A_t = Es el flujo de egresos previstos para el periodo t .

R_t = Ídem para los ingresos.

La tasa interna de retorno es el valor k , que satisface la siguiente ecuación:

$$A_0 + \frac{A_1}{(1+k)} + \frac{A_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{A_n}{(1+k)^n} = \frac{R_1}{(1+k)} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+k)^n}$$

$t = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

El valor de k se obtiene por prueba y error.

4.3. Gestión de la calidad

Cuando hicimos referencia a las funciones básicas o áreas de conocimiento básicas que debe cumplir y tener el director de obra, dijimos que la gestión de la calidad es una de ellas.

Indudablemente, también es inherente a su formación profesional, dado que hace al arte de construir. Por ello, no veremos en detalle qué se debe controlar ni cómo, dado que se sobreentiende que, por su formación, sería sobreabundante. En otras palabras, es algo que “debe” saber.

Queremos recordar que cuando hicimos referencia al concepto de calidad económica comparándola con la absoluta, mencionamos que no debían confundirse precisamente con el control técnico de la calidad.

El control de la calidad es uno de los puntos más débiles de los trabajos que se ejecutan en la obra. En los trabajos correspondientes al hormigón armado es donde mejor y con mayor profundidad se hacen los controles: control granulométrico y contenido o porcentaje de humedad de los agregados; calidad del cemento; calidad del hierro; determinación de las dosificaciones para obtener las resistencias solicitadas por cálculo. En obras de envergadura, se dispone de un laboratorio

En obras de arquitectura o de pequeña envergadura el control se reduce a medir el asentamiento de la pasta de hormigón y a la extracción de probetas para ser luego ensayadas a los 7 y 28 días.

En el resto de la obra, no se hacen generalmente controles tan sistemáticos como ellos.

Algunos de esos controles deben ser los siguientes:

- Verificación de replanteos y niveles.
- Verificación de verticalidad o “plomos” de marcos y muros.
- Pruebas correspondientes a las distintas instalaciones (deben estar perfectamente identificadas en los Pliegos de Especificaciones Técnicas y en los Reglamentos específicos) –electricidad, sanitarias, gas– antes de tapar las cañerías.
- Ensayo de carga de pilotes.
- Verificación de los coeficientes de transmisión térmica y acústica.
- Controles visuales y por muestreo de los distintos materiales que ingresan a la obra, como pisos, revestimientos, carpinterías de madera, metálica, etcétera. En el caso de las carpinterías de madera, habitualmente piden los pliegos que por muestreo se pueden cortar para ver sus estructuras, rellenos, nidos de abeja, espesores, etcétera. En el caso de las carpinterías metálicas, es importante calibrar los espesores, dado que es muy difícil a simple vista determinar si una carpintería es N° 18 o 16, y la diferencia en durabilidad y kilos que se pagan puede ser relevante.

Como vemos, en realidad es muy poco, y es así como aparecen fisuras, humedades, filtraciones, puertas torcidas, revestimientos que se mueven o levantan, etcétera.

Entonces, la premisa básica es tener presentes todas las especificaciones técnicas previstas para el proyecto y verificarlas, así como vigilar y hacer cumplir las reglas del arte durante la construcción. En este sentido, el director de obra no debe ser contemplativo; algo que está mal hecho y no se corrige implica que perdurará durante toda la vida útil de la obra o requerirá arreglos o remiendos posteriores, que son mucho más costosos y molestos. El foco de la gestión de calidad es controlar los procesos de ejecución de las actividades. En el pasado, el objetivo era controlar los resultados finales. Al igual que se indicó con el control de costos, el costo del control de la calidad no puede ser superior a aquello que se está controlando, salvo que sea crítico funcional o estructuralmente.

Es conveniente pensar que la calidad es hoy un factor más discriminativo que el precio, máxime con la mayor competencia.

Las etapas que ha pasado el concepto de calidad son:

- Inspección: Verificar lo que se ha construido para ver si es lo que se requirió
- Control de calidad: Introduce la inspección en las etapas durante el desarrollo de los traba-

jos, a fin de asegurar que se están realizando según los requerimientos especificados. Se basa en el muestreo.

- Aseguramiento de la calidad: Es el ajuste para un propósito. Se busca que sea correcto desde la primera vez. Se ha desarrollado para asegurar que las especificaciones se han logrado “consistentemente”. El marco de referencia son las normas ISO 9000.
- Gestión total de la calidad: Está basado en la filosofía de lograr una mejora constante. Es un enfoque esencial para la supervivencia a largo plazo en el mercado. La clave está en que todos, desde arriba hacia abajo, deben estar comprometidos e involucrados.

El control como se ve tiene dos formas; una que es cuantificable (niveles, verticalidad, etc., y otra que, podemos decir, está sujeta a la interpretación del Director, como limpieza, tolerancias, controles visuales, etcétera. Existen inspecciones cuantificables precisas, como presión de cañerías, resistencia de materiales, entre otras.

Un rubro fundamental y que no se considera dentro del área de los controles de calidad es el de la higiene y seguridad en la obra. Éste es un aspecto básico por las implicancias que puede tener por los accidentes emergentes. Esto también requiere un control sistemático, que hace a la calidad en otro sentido.

Los mayores objetivos que se persiguen con el control de la calidad son:

- Asegurar que los trabajos ejecutados respondan a las especificaciones.
- Reducir las quejas de los clientes o compradores.
- Incrementar la confiabilidad de los trabajos producidos.
- Incrementar la confianza de los usuarios.
- Reducir los costos de producción.

En resumen, la gestión de la calidad, para usar un término abarcativo, implica generar una planificación de todo lo que se va a controlar, realizar un seguimiento sistemático para asegurar que se cumplan los requisitos previstos y efectuar las tareas correctivas que sean necesarias. Como se ve, es todo lo contrario a la improvisación o a los controles erráticos.

4.4. Terminación de la obra

Si bien no fue explicitada como una función básica de la dirección, como área de conocimiento, sí lo es desde el punto de vista de su responsabilidad

Generalmente se considera que una obra está terminada cuando se la entrega al comitente para que la pueda usar según la función para la cual fue construida. Esto es parcialmente cierto, y curiosamente, a veces, luego de haber desarrollado una gestión eficiente durante la etapa de ejecución propiamente dicha, se generan problemas y conflictos en este último tramo.

En realidad, la obra tiene dos aspectos que la definen como terminada. La primera es desde el punto de vista estrictamente técnico u operativo, que es cuando se firma el Acta de Recepción Definitiva. Contractualmente, está previsto que, cuando se termina la obra, en el sentido de que es apta para cumplir con la función para la cual fue construida, o sea, que el comitente puede hacer uso de ella, se firma un Acta de Recepción Provisoria. En la misma se consignan aspectos que no son fundamentales para el uso y funcionamiento, pero que los contratistas tienen que resolver para dejarla en perfectas condiciones de acuerdo con las reglas del arte. Se le fija un plazo para que arregle todo lo puntualizado, que, según los contratos y el tipo de obra, oscila entre los 60 y 90 días. En caso de que el contratista no cumpla con este compromiso, se recurre al fondo de reparos que se fue acumulando durante el transcurso de la obra, como ya se vio, o se protesta la póliza de caución que se otorgó como garantía.

Pasado el plazo indicado, se vuelve a revisar la obra para constatar que todas las observaciones han sido subsanadas, en cuyo caso se firma el Acta de Recepción Definitiva y se reintegra el fondo

de reparos o, lo que es lo mismo, se da de baja la póliza de caución. Si quedan algunos detalles sin completar, se puede dar una pequeña prórroga.

Esto es lo inherente a la terminación física de la obra. Pero el proceso y la responsabilidad del director de obra todavía no terminó; falta la terminación administrativa de la obra, entendiéndose por ello dejar toda la documentación tanto técnica como contable o administrativa en orden. Esto es: se deben obtener, de todos los contratistas, los planos “conforme a obra” tanto de arquitectura como de todas las instalaciones, con las correspondientes actas de terminación, firmadas por las reparticiones pertinentes. Los subcontratistas de instalaciones deberán entregar los manuales de operación y mantenimiento de las instalaciones que correspondan (aire acondicionado, ascensores, energía eléctrica, contra incendio, etcétera). Por otro lado, se deben gestionar todos los pagos pendientes con los contratistas, asegurándose que no exista ningún reclamo pendiente y con el consentimiento de los mismos, que no tienen nada que reclamar (se entiende si no hay acciones legales de por medio). Un aspecto importante es verificar que todos los aportes provisionales, impositivos, etc., propios de los contratistas, estén al día, para evitar que puedan ser reclamados al comitente. Asimismo, se deben dar de baja todos los seguros que fueron tomados con motivo de la obra. Un aspecto que generalmente se descuida son los pagos de medianera con el correspondiente contrato, con el plano y la medición de las superficies a comprar con las propiedades linderas, en caso de corresponder.

Todos estos trámites duran generalmente meses después de que se terminó la obra, pero el director debe estar atento y es su obligación resolverlos eficientemente, para evitarle al comitente, que ha sido su mandante, cualquier tipo de perjuicio posterior.

Por supuesto, igual seguirá vinculado con la responsabilidad emergente del Código Civil por vicios ocultos que aparezcan durante el periodo previo a la prescripción.

Es de buena práctica agregar, para que forme parte del activo del comitente y para su propio *back-ground*, una memoria síntesis de lo que ha sucedido durante el avance de la obra, con fotografías y un análisis de evaluación de los subcontratistas y proveedores, para saber cuáles han cumplido y podrían ser convocados para otras obras y cuáles, en cambio, no deberían ser tenidos en cuenta por no haber cumplido adecuadamente o ser conflictivos. Como se puede apreciar de esta apretada síntesis, son muchas y variadas las actividades que debe hacer y a las cuales estar atento el director de obra, para poder decir que la obra está totalmente terminada.

5. ÁREAS DE CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS

Ya pusimos en evidencia en el Prólogo que, además de los conocimientos inherentes a la profesión, como son las funciones básicas del director de obra (en realidad, es válido para la mayoría de las profesiones), es fundamental conocer e incorporar algunas herramientas que posibilitan una gestión más exitosa. Más aún, no tenerlas puede hacernos fracasar aunque seamos excelentes profesionales en lo nuestro. Estas herramientas que incorporamos en este capítulo están esencialmente referidas a lo que denominamos “habilidades interpersonales”. Presentaremos una síntesis de aquellas que consideramos más trascendentes para nuestro caso, dado que existe una abundante bibliografía especializada que trata en detalle cada uno de estos sub- capítulos, y que se puede consultar para una mayor profundización. Generalmente, cada una de ellas es motivo de cursillos de especialización.

5.1. Comunicación

Para este tema, y como síntesis, nos basamos en el trabajo “Comunicaciones eficaces” del Cdor. Hugo O. de la Torre, publicado por la revista *Mercado* en marzo de 1996.

En una oportunidad, una importante universidad de EE.UU. hizo una encuesta entre un grupo de ejecutivos de distintas empresas y formación, sobre cuáles eran, a su juicio, aquellos problemas más importantes que se presentaban en sus organizaciones y a los que debían prestarles mayor atención. La mayoría respondió: problemas de comunicación.

Como introducción y anécdota jocosa, transcribiremos una situación inventada donde se presenta un caso típico de lo que se quiere decir como problemas de comunicación (fuente anónima).

En una empresa, el director general envía un *e-mail* a todos sus gerentes:

“El próximo viernes, aproximadamente a las 17, el cometa Halley pasará por esta región. Se trata de un evento que ocurre una vez cada 78 años. Siendo así, por favor reúna a los funcionarios en el patio de la fábrica, donde les explicaré este fenómeno científico.

Nota: Todos deben usar casco de seguridad. Si llega a llover, no podremos ver el raro espectáculo a ojo desnudo; por eso, todos deberán dirigirse al comedor, donde se exhibirá un video documental sobre el cometa Halley”.

De gerente a supervisor:

“Por orden del director general, el viernes a las 17, el cometa Halley va a aparecer sobre la fábrica. Si llega a llover, por favor, reúna a los funcionarios, todos con cascos de seguridad para proteger los ojos desnudos, y diríjalos al comedor, donde el raro fenómeno científico tendrá lugar, lo que sucede cada 78 años”.

De supervisor a jefe de producción:

“Por invitación de nuestro director general, presenciaremos al científico Halley, de 78 años, que

va a aparecer desnudo en el comedor de la fábrica, usando casco; también se va a presentar un video sobre el problema de la lluvia en la seguridad. El director llevará la demostración al patio de la fábrica”.

De jefe de producción a capataz:

“El viernes a las 17, el director, por primera vez en 78 años, va a aparecer desnudo en el comedor de la fábrica para filmar a Halley, el famoso científico, y su equipo. Todos deben presentarse con casco, pues se va a presentar un show sobre la seguridad en la lluvia. El director llevará a la banda para el patio de la fábrica”.

De capataz a obreros:

“Todos desnudos, sin excepción, deben presentarse al personal de seguridad en el patio de la fábrica el próximo viernes a las 17, pues el jefe y el señor Halley, famoso guitarrista, junto con su banda, estarán ahí para mostrar el raro filme “Bailando en la lluvia”. Si empieza a llover, nos iremos al comedor, usando casco. El show será allá y ocurre una vez cada 78 años”.

Comunicado a todo el personal:

“El viernes a las 17, el director va a festejar sus 78 años y va a dar una fiesta en el comedor. Se va a presentar “Bill Halley y sus Cometas”. Todos deben estar desnudos y de casco porque la banda es muy loca y la música se va a escuchar hasta el patio, aunque llueva a cántaros”.

En esta ridiculización de cómo se transmite lo que se quiere comunicar, aparecen, sin embargo, muchos de los aspectos que son habitualmente conflictivos o generan confusiones en todo el proceso de las comunicaciones.

5.1.1. Comunicaciones eficaces

Los objetivos que se persiguen cuando se habla de “comunicaciones eficaces” son:

- Conocer los conceptos básicos, elementos y obstáculos del proceso de comunicación, así como sus principales formas distorsionadas.
- Identificar y comprender las técnicas de la comunicación eficaz.
- Reconocer técnicas para manejar conflictos en materia de comunicación organizacional.
- Valorar la importancia de la comunicación como uno de los factores clave de la eficacia y el desarrollo organizacional.

Si se logran los objetivos indicados, seremos, en primer lugar, más eficaces en nuestras funciones por cuanto nos comunicaremos mejor. Difícilmente podremos motivar a los que trabajan con nosotros, liderarlos, participarlos de nuestras decisiones, si no sabemos comunicarnos con ellos. Por otro lado, en la medida en que mejoren las comunicaciones, mejorará el “clima” de la organización y, consecuentemente, la calidad de las relaciones.

5.1.1.1. Proceso de comunicación interpersonal

El ser humano es un ser comunicativo por naturaleza, pero no siempre sus comunicaciones son eficaces.

Una comunicación es eficaz no sólo cuando el emisor logra poner en la mente del receptor el mensaje deseado, sino cuando, además, se logra la acción deseada del receptor como consecuencia del mensaje comunicado. También se considera como el arte de las comunicaciones.

Es importante hacer notar que las habilidades de comunicación no son lo mismo que la gestión de las comunicaciones: ésta incluye una serie de procesos como generación, recogida, distribución, almacenamiento, recuperación y destino final de la información en tiempo y forma.

Bajo el enfoque que estamos viendo, se puede apreciar que está presente el concepto de influencia en el concepto de comunicación eficaz.

Hay una serie de elementos indispensables que se deben considerar.

Existen un emisor, que emite un mensaje, y un receptor, que lo recibe. El mensaje es el contenido de la comunicación. Éste puede ser una orden, una información, una instrucción, una aclaración,

la expresión de un sentimiento, etcétera. Para ello, es necesario un “código común”, y un canal o medio. Existen tantos canales como los sentidos del ser humano: visuales, sonoros, táctiles, olfativos y gustativos. Recurrimos al canal visual cuando, por ejemplo, el mensaje llega a través de imágenes que percibe la vista del receptor: empleamos el canal sonoro cuando el mensaje se transmite con palabras que son percibidas por el oído del receptor. A través del órgano táctil se pueden dar mensajes que transmiten sentimientos, como un apretón de manos, una caricia, una palmada; de la misma forma, a través del olfato y del gusto podemos comunicarnos y compartir experiencias.

Otro elemento importante es la respuesta, retroalimentación o *feed-back*, y es importante, porque precisamente nos permite ver si el mensaje fue adecuadamente recepcionado o es necesario hacer ajustes o correcciones al mismo.

Tanto el emisor como el receptor pueden tener intereses y objetivos distintos, y además, “filtros”. Los filtros, también llamados ruido, están condicionados por sus conocimientos, habilidades, experiencias, emociones, supuestos, prioridades, roles, valores, actitudes, estilos personales. Estos filtros, como su nombre lo indica, tamizan lo que codificamos y decodificamos; es todo lo que interfiere en la transmisión y comprensión del mensaje. Por otro lado, la comunicación se da en un contexto determinado como los valores empresarios, oportunidad de la comunicación y su localización.

Como vemos, no es tan fácil lograr comunicaciones eficaces. Para aumentar la complicación, podemos agregar que no siempre la relación es directa entre el emisor y el receptor; existen retransmisiones (es interesante releer el cuentito que presentamos como introducción).

La retransmisión puede ser simple, cuando el retransmisor se limita a transmitir el mensaje que recibió; pero puede ser ampliada, cuando el retransmisor agrega datos que no estaban en el mensaje original, a los efectos de aclararlo o complementarlo. También puede ser reducida, si el retransmisor decide eliminar parte de la información por considerarla no relevante. Por último, puede decidir recodificarlo para volcarlo en un código más adecuado al receptor de dicha información. Obviamente, estas formas distintas de retransmisión pueden afectar la comunicación, aun suponiendo buena fe del retransmisor. Ni pensemos en las distorsiones que se pueden generar en la comunicación cuando hay mala fe en el que deliberadamente omite información, o agrega datos que no responden al mensaje original, o cambia directamente el contenido a retransmitir (vale perfectamente las distorsiones que se van produciendo cada vez que se retransmite el mensaje, vistas en la comunicación del ejemplo).

5.1.1.2. Tipos de comunicación

Algunas de las clasificaciones más usuales de las comunicaciones son:

- Según los sujetos que se comunican. En este sentido, pueden ser verticales (ascendentes o descendentes, por ejemplo: de jefe a gerente o de jefe a empleado); horizontales (entre pares); oblicuas (gerente de un departamento con jefe de otro); externas (con clientes, proveedores).
- Según los canales que se utilizan: formales (siguen una determinada estructura formal) o informales (no están previstos en los manuales de la organización, pero existen; son rápidos y flexibles).
- Según el alcance: personales, grupales, abiertas.

Un aspecto importante que no se debe perder de vista es que cualquiera sea el tipo de comunicación de que se trate, generalmente nos vamos a encontrar involucrados. En nuestra vida profesional y personal, tenemos constantemente alguno de esos tipos de comunicación.

5.1.1.3. *Obstáculos*

Veamos los más comunes o frecuentes:

Con relación a los emisores y receptores, algunos de los obstáculos más frecuentes son las diferencias sociales y culturales, que generan los filtros mencionados, que producen barreras muy difíciles de salvar si no somos conscientes de su existencia.

Otro obstáculo importante es la agresividad o falta de empatía que uno de los sujetos puede tener por el otro, o la falta de interés en la comunicación.

En lo que respecta al mensaje, el obstáculo más importante es su propia naturaleza. A veces, el propio mensaje, por ser desagradable, complicado o conflictivo, es una barrera.

En cuanto a los canales, y sólo como mención, podemos indicar como perturbadores la estructura de los mismos (burocráticos, confusos), el estado de funcionamiento de los canales, la velocidad de transmisión, el número de retransmisores, el medio elegido para la comunicación.

Por último, influye el contexto, el entorno físico, que pueden generar barreras considerables.

5.1.1.4. *Formas distorsionadas*

La existencia de obstáculos genera formas distorsionadas de la comunicación.

La comunicación unidireccional o sin retorno es aquella en que no se tiene *feed-back* o respuesta del otro, o si se obtiene no se tiene en cuenta.

La comunicación saturada consiste en enviar distintos mensajes a una misma persona sobre el mismo o distintos temas.

La verbosidad es aquella en que se dan tantos detalles sobre el mensaje que terminan por hacerlo incomprendible o poco claro.

La agresiva es consecuencia de una falta de empatía por parte del emisor. El mensaje se transmite sin estima, calidez o afecto.

La comunicación fuera de código o nivel se produce cuando no se tiene en cuenta si el código es común para el receptor. Es muy común cuando se utiliza un lenguaje técnico o abreviaturas. Se están utilizando dos lenguajes distintos. Éste es un problema muy común en las obras, cuando se dan mensajes a personas que no tienen por qué conocer ciertas normas técnicas.

La comunicación inoportuna se da cuando no se tiene en cuenta la oportunidad; por ejemplo, cuando es extemporánea: o muy anticipada o muy demorada.

La insuficiente, en cierta forma, es la opuesta a la verbosidad. Los mensajes son tan escuetos que no transmiten todos los datos. Es la forma más eficiente de generar rumores. Es muy evidente con los mensajes que se envían y reciben por correo electrónico. A veces, ello no es inocente, sino que lo que se busca es la ambigüedad o el doble mensaje; se transmite un concepto dejando la posibilidad de interpretar otro.

Por último, mencionaremos las comunicaciones entrecortadas, consecuencia de interrupciones, como llamadas telefónicas o entrevistas inesperadas. En estas circunstancias, es muy difícil establecer el “ida y vuelta” en la comunicación, y lo más grave es que se pierde el clima. Es, además, una falta de respeto hacia la persona y el tiempo del interlocutor.

5.1.2. *Técnicas para mejorar las comunicaciones*

En general, son técnicas simples, sencillas, que pueden ayudar a planear y mantener comunicaciones eficaces.

A) Técnicas de planeamiento: Se aplican antes de comunicarnos y ayudan a planificar la estrategia de comunicación, teniendo en cuenta quién será el receptor, cuáles sus filtros, objetivos e intereses, medio más apropiado para comunicarnos, código común, cómo transmitir más claramente el mensaje, contexto de la comunicación, etcétera. Los aspectos a tener en cuenta para esta técnica son:

A.1. Estudio del marco de referencia. El marco de referencia de una persona está integrado por un conjunto de elementos que tienen que ver con su historia, su formación, sus valores, su medio sociocultural, etcétera. Evidentemente, pueden actuar de diferente manera un contador y un arquitecto, un joven y un adulto, un universitario y otro sin esa formación, con experiencia laboral o sin ella. Es obvio que sus marcos de referencia son distintos; ni mejores ni peores.

En esto juegan un rol importante los estilos personales. No es el objeto de este capítulo tratar en detalle estos aspectos de tipo sociológicos, pero, para el que le interesa el tema, está el modelo desarrollado por Myers-Briggs.

Este modelo distingue cuatro dimensiones en las actitudes y comportamientos de las personas y en cada una de ellas destaca una variante básica de preferencia.

La primera dimensión se refiere a la orientación de la energía de la persona (extravertido o introvertido). La segunda se refiere a cómo la persona ejerce la función de percibir (el sensorial confía en una información de carácter práctico, con aplicaciones útiles; el intuitivo presta atención a sus percepciones internas, está orientado hacia el futuro). La tercera dimensión se refiere a cómo la persona ejerce la función de juzgar: el razonador o el sentimental. La cuarta dimensión se refiere a cuál de las dos dimensiones anteriores prevalece en la actividad de la persona en su relación con el mundo exterior (el juzgador: predomina la función de juzgar, es organizado, estructurado, planifica, toma decisiones; el perceptivo: predomina la función de percibir, es flexible, adaptable, prefiere dejar opciones abiertas). En cada persona se dan estas cuatro dimensiones de preferencia, lo cual da lugar a dieciséis combinaciones posibles. Conocer el tipo preponderante de preferencia de una persona, es decir, su estilo, nos brinda una información muy importante, ya que constituye los filtros que afectarán los mensajes que codificamos y enviamos, y también los que decodificamos y recibimos.

La técnica, pues, es muy simple: consiste en estudiar el marco de referencia de las personas con las cuales vamos a comunicarnos, para detectar cuáles son las barreras y, consecuentemente, planear la estrategia de comunicación más adecuada según el caso. En este sentido, ayuda investigar, conocer a la persona, analizar sus comportamientos, como gestos, ademanes, reacciones, su vestimenta, arreglo de la oficina, etcétera.

A.2. Análisis del costo-beneficio. Toda comunicación implica costos y beneficios para el emisor y el receptor. Por costos se entiende todos los esfuerzos que demandará la comunicación: tiempo, recursos, compromisos personales, etcétera. Los beneficios son las consecuencias positivas de la interacción. Esto se puede visualizar con una tabla de doble entrada, donde se indican o reflejan los costos y los beneficios que se consideran, tanto para el emisor como para el receptor.

Sobre esta base se planifica la necesidad y la estrategia de la comunicación teniendo en cuenta los beneficios del receptor, sin dejar de considerar los propios del emisor, y sin desconocer los costos inherentes para ambos. Este análisis es de gran importancia cuando el tema es importante o cuando sabemos que la personalidad del receptor es complicada y que podrá haber obstáculos. La idea es reflexionar unos minutos sobre este aspecto.

A.3. Selección de medios. Los medios que se pueden utilizar para las comunicaciones en las organizaciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Verbales: Teléfono, intercomunicadores, entrevistas, reuniones formales e informales, grupos de trabajo o de capacitación, etcétera.
- Escritos: personales (notas, memos, cartas, *fax*, *e-mail*), grupales (circulares), abiertos, noticias, manuales, etcétera.
- Audiovisuales: videos, filmes, diapositivas, gráficos, informáticas, etcétera.

Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, y son relativas, dado que responden según nuestra estrategia de comunicación. Por ejemplo, una de las desventajas de los medios verbales es

que no queda nada registrado de lo comunicado, pero si nuestra intención es precisamente ésta, entonces, es una ventaja.

Algunas de las ventajas y desventajas de cada uno de los medios serían las siguientes:

a) Medios verbales

Ventajas: compromiso personal, sinergia, calidez, *feed-back* inmediato.

Desventajas: consume tiempo, puede dispersar, exige habilidades interpersonales, registro no garantizado.

b) Medios escritos

Ventajas: registro y archivo, compromiso por la firma, precisión, mayor alcance, permite la relectura, permite elegir el momento para leer, ordena, puede estandarizarse, mayor volumen de información.

Desventajas: *feed-back* diferido, acceso a terceros no controlado, distancia (es más frío), requiere habilidades del emisor, capacidad del lector, momento de recepción variable, aclaraciones más difíciles.

c) Medios audiovisuales

Ventajas: realismo, canales múltiples, acceso a distancia, acceso a no lectores, atractivo-estimulante, permite repetición.

Desventajas: costo de producción, no es viable para todo, exige habilidades y recursos técnicos, frágil.

B) Técnicas de mantenimiento: Son técnicas que se aplican durante la comunicación y nos aseguran el logro de una comunicación eficaz.

B. 1. Tener los *dos pies* en la comunicación. Es un acrónimo formado por las iniciales de los siete aspectos específicos a seguir, pero, por sobre todo, es una posición filosófica frente a la comunicación. Significa estar con todos los sentidos puestos en todos los detalles de la comunicación:

D: Mantener la Doble vía en la comunicación: utilizando preguntas, estableciendo un contacto visual claro, asintiendo, usando comentarios positivos, disponiéndose corporalmente, etcétera.

O: Observar pistas no verbales y escuchar con atención. Estar atento a gestos y ademanes del interlocutor, identificar pistas no verbales, concentrarse, no adivinar, no sacar conclusiones antes de tiempo.

S: Seguridad; asegurarse que ha habido una comprensión exacta de lo hablado; hacer preguntas, reflexionar sobre lo intuido, resumir el mensaje completo, etcétera.

P: Hacer Preguntas.

I: Dar Indicios de aceptación.

E: Expresar de nuevo (puede servir para evitar una interpretación errónea).

S: Hacer Silencio. Es valioso para estimular la formulación de ideas; transmite aceptación mediata.

B.2. Escuchar. Lamentablemente, algo que tendría que ser obvio no lo es, dado que es una habilidad que no tenemos desarrollada. Se dice que tenemos una sola boca y dos orejas porque tenemos más para escuchar que para hablar, pero generalmente obramos al revés.

Algunos consejos o sugerencias para escuchar eficazmente son los siguientes:

- Concentrarse en la idea principal del mensaje.
- Mirar directamente a la persona que habla.
- Tomar breves notas cuando se recibe y es necesario retener mucha información.
- Concentrarse en el significado más allá de las palabras.
- Hacerse preguntas mentales, a medida que el interlocutor habla. Esperar a que termine para formularlas.

- Evitar reaccionar violentamente. Escuchar todo el mensaje antes de responder.
- Ser receptivo a las opiniones y puntos de vista del otro.
- Evitar distracciones mientras se escucha.
- Repetir a la otra persona lo que creemos haber entendido, con palabras propias.

B.3. Usar el lenguaje apropiado. Seleccionar las palabras que se van a utilizar, tratando de evitar frases antagónicas o demasiado categóricas que puedan generar reacciones negativas o defensivas. Ejemplos: nunca, siempre; no se puede hacer; está mintiendo; lo complicó todo; estoy totalmente en desacuerdo; ¿ya terminó?, etcétera.

Es importante que, en general, todas nuestras comunicaciones en las obras sean por escrito. En este sentido, el director de obra debe seguir los canales establecidos de comunicación. Esto es, por ejemplo, que él no debe dirigirse para hacer observaciones o pedidos a sobrestantes o capataces. Se debe dirigir siempre al jefe de la obra, que es la máxima autoridad en ella. Para ello, existe un mecanismo de comunicación aceptado: el jefe de obra se dirige al director de obra por medio de notas de pedido, y el director de obra, por órdenes de servicio. Estos cuadernos están en la oficina de obra a disposición de ambas partes, y es obligación de las dos notificarse de lo planteado. Asimismo, es importante organizar las reuniones de obra en las que se hace el seguimiento de la misma, por lo general, semanalmente. Estas reuniones son presididas por la dirección de obra, y es importante que estén perfectamente establecidas desde el inicio de la obra, fijando fecha y hora de reunión. Para evitar excusas, es básico que, dentro de lo posible, se hagan siempre el mismo día y a la misma hora. En las reuniones, que deben tener un temario claramente establecido, se confeccionan actas, numeradas en forma correlativa, donde queda establecido todo lo tratado y las decisiones adoptadas. Todos los participantes deben recibir una copia del acta, que firmarán como muestra de aceptación de lo visto.

5.1.3. Manejo de conflictos en la comunicación

5.1.3.1. Fuentes

A pesar de todo lo visto y de haber hecho lo mejor en esta materia, es muy probable que surjan conflictos que hay que enfrentar y resolver.

No debemos dejar de tener presente que un conflicto no es otra cosa que posiciones encontradas respecto del mensaje comunicado. Esto es frecuente debido a los objetivos, intereses y filtros distintos que puede haber entre el emisor y el receptor.

Se pueden dar en cualquier tipo de comunicación y generalmente se mezclan dos dimensiones: la relación con el otro y la tarea involucrada. Según cuál de estas dimensiones pese más en el conflicto, éste será más o menos fácil de resolver.

Existen muchas fuentes de conflictos: falta de información, diferencias socioculturales, falta de tiempo, tensiones laborales, el trabajo en equipo con personas que tienen distinta formación, el mayor o menor grado de participación en la toma de decisiones, etcétera.

5.1.3.2. Enfoques

Según la dimensión del conflicto, se lo debe priorizar y en función de ello, adoptar distintos comportamientos. Se puede *evitar*, es decir, minimizar la preocupación por la tarea y por la persona; significa postergar o diferir el conflicto. Puede ser útil cuando su diferimiento facilita su resolución o cuando no se está emocional o técnicamente preparado para encararlo. Tiene la desventaja que el conflicto queda latente y puede ir creciendo y a veces se torna inmanejable.

Se puede *suavizar*, es decir, priorizar la preocupación por la relación en detrimento de la tarea, lo que significa, en cierta medida, ceder, transigir. Puede ser útil cuando conviene fortalecer una relación o ciertos aspectos cuestionados del mensaje comunicado no son importantes.

Forzar implica priorizar la preocupación por la tarea en detrimento de la relación. Se puede dar cuando hay urgencia en la ejecución de la acción deseada o cuando se conoce cómo ejecutarla.

Transar implica contemplar ponderadamente la relación y la tarea, pero sin resolver el conflicto. Puede ser útil cuando las posiciones son muy opuestas. El conflicto no se resuelve y generalmente vuelve a aflorar.

Por último, *resolver* implica maximizar ambas preocupaciones; definir el conflicto, obtener la información adecuada, generar las mejores soluciones y actuar.

Estos comportamientos descriptos pueden ser puntuales, pero, cuando son reiterados, ponen de manifiesto un estilo. Un buen directivo no es aquel que permanentemente resuelve el conflicto, sino el que aplica el enfoque más conveniente ante cada situación.

5.1.4. Informes

La elaboración de informes adecuados esta íntimamente relacionada con las técnicas de comunicación.

El director de obra, durante su gestión, se ve obligado a confeccionar informes de todo tipo y alcance, durante toda la duración de la obra, desde su inicio hasta su completa terminación.

Ya vimos los distintos tipos de comunicación, destinatarios, problemas que se originan por la presencia de filtros, conflictos, etcétera.

Trataremos ahora de dedicar un párrafo a la confección de “Informes”, y algunas recomendaciones para que éstos sean eficaces.

Como primera recomendación, y esto es válido siempre, la elaboración de informes requiere una preparación cuidadosa. Esto significa planificar perfectamente su contenido, el lenguaje a utilizar y quiénes serán sus destinatarios.

Se debe cuidar el lenguaje utilizado sin pretender generar piezas literarias, atendiendo todo lo inherente a la gramática, sintaxis, puntuaciones, el tiempo de los verbos y la prolijidad empleados. No se debe olvidar que la primera impresión en este sentido es importante.

Recibir un informe, y lo digo por experiencia personal, con errores de ortografía, con abreviaturas del tipo telegráficas, con una puntuación defectuosa que nos obligue a releer porque perdemos el hilo de lo que se nos quiere decir, con tachaduras es muy desagradable, nos predispone mal, independientemente del contenido.

Me ha pasado en algunas oportunidades, cuando recibía informes, tanto en la actividad profesional como en la de docente, que el emisor o autor del informe me dijera: “no le presté mucha atención a eso, porque entiendo que lo importante es lo que quería decir”. Esta respuesta es muy elocuente y, como consecuencia de lo indicado, a veces hay que adivinar lo que se nos quiere informar.

En el mismo sentido, el director de obra debe tener presente que el/los destinatario/s de sus informes debe/n recibir un texto de fácil lectura y comprensión, que guarde las formas del lenguaje y la presentación.

Generalmente, se puede extrapolar diciendo que el que no escribe bien, en forma clara, tampoco piensa bien.

El informe debe ser concreto y además se deben tener claras las prioridades de lo que se quiere informar. Se debe pasar de lo más importante y significativo a lo de menor relevancia, e ir de lo general a lo particular.

Esto en lo que respecta a lo formal, y es válido para cualquier escrito.

Yendo al contenido, debemos tener en cuenta estos aspectos:

- Ningún informe puede ser emitido sin fecha (más aún, no se lo debe recibir).
- Tiene que tener clara la referencia sobre el tema y de qué obra se trata.
- En el caso de informes sistemáticos, por ejemplo, como los que surgen de las reuniones de obra, es conveniente que se numeren en forma correlativa.

- Firma con aclaración de quien lo produjo.
- Si se envían copias, es de buena práctica indicar a quiénes se les está copiando el informe.

El destinatario condiciona el contenido, la frecuencia y el estilo. Es importante tener claro que los informes se deben archivar y generalmente salen a la luz cuando se presenta algún conflicto, razón por la cual, al escribirlos, se debe tener presente esta eventualidad.

Un informe debe tener un estilo educado, sin que por ello implique debilidad y, por sobre todas las cosas, debe ser claro y entendible por el destinatario.

Existe la tentación de lucimiento profesional, utilizando un lenguaje excesivamente técnico, que no siempre el que lo recibe tiene la obligación de conocer. Ejemplo: a un propietario o comitente que no es profesional de la construcción, no le interesa, o no entiende, si le hablamos de momentos flexores, o de tensiones, o de parámetros termodinámicos. Por el contrario, si el informe es entre profesionales o con técnicos especializados, en este caso se impone utilizar el lenguaje técnico más preciso.

Generalmente, la dirección de obra se ve obligada a elaborar informes sistemáticos para poner al tanto al comitente sobre el avance de la obra, o informes internos que surgen de las reuniones periódicas de obra y que se distribuyen entre todos los participantes interesados. Es frecuente también que el director de obra deba elevar informes semanales, quincenales o mensuales a su superior de la empresa.

En el caso de las reuniones, es importante, al momento de citarlas, establecer un temario que debe ser enviado con antelación a los participantes, para que puedan preparar sus temas o estar debidamente informados de lo que se va a tratar.

Cualquiera sea el caso, por supuesto, vale todo lo dicho, y para establecer algunos parámetros, veamos cómo podría ser la estructura de un informe.

Informe semanal o mensual N° XXX

Fecha:

Referencia: Obra: Edificio calle NN - Ciudad:

Participantes: (nombre y cargo o a quién se representa)

Temario:

1. Avance de los trabajos

1.1. Síntesis general

Ej.: La estructura está completa hasta la losa sobre el piso 18. Las terminaciones internas y las instalaciones se están ejecutando normalmente. El proyecto en su conjunto está una semana adelantado.

1.2. Resumen porcentual de los avances

El porcentaje global de avance según lo planificado es de: ——%

El porcentaje actual de avance es de: ——%

(Se adjunta copia del programa general de trabajos o gráficos o tablas, según corresponda).

1.3. Avance actual de los trabajos con relación a los programados

Diagrama de barras

Las áreas preocupantes que pueden afectar el camino crítico son las siguientes, y se indica:

- Posición según programa.
- Posición actual.
- Razones de la demora.
- Efecto sobre el camino crítico.
- Acción requerida o tomada.
- Análisis de las actividades que, por el momento, todavía no afectan las actividades críticas, pero que pueden tener efectos sobre el avance de los trabajos.

2. Informe de los distintos subcontratistas

(Síntesis de lo inherente a cada uno de los subcontratos, identificando nombre y rubro de la obra que tiene a cargo. Se debe indicar el estado de sus trabajos, la cantidad de personal, los posibles inconvenientes o interferencias que tuviera con otros gremios, etcétera.

3. Informe sobre calidad

Incluye no cumplimientos y acciones requeridas.

4. Informe sobre condiciones ambientales y de entorno

(Ídem anterior).

5. Informe sobre higiene y seguridad

6. Aspectos comerciales

Este aspecto es detallado con mayor alcance en los informes mensuales (ejemplo: licitaciones o compras necesarias o realizadas).

7. Informe sobre el tiempo

(Días de lluvia e impacto ocasionado en las distintas actividades).

8. Varios

Ejemplo: La torre-grúa se retiró de obra durante la semana del presente informe.

Los informes mensuales naturalmente tendrán la misma estructura y reflejarán más en detalle lo acontecido durante el mes.

Para el comitente, deben reunir las características de un informe ejecutivo y con toda la información que se quiera agregar como anexos.

Hay que tener en cuenta que cuando se anexa información complementaria, la misma debe ser incluida en todos los informes sucesivos; caso contrario, el comitente, aunque no lea los informes detalladamente, se preguntará por qué en este informe se ha omitido tal tabla, gráfico o capítulo.

Generalmente, en estos informes mensuales, se agregan fotos que muestran o permiten visualizar el avance de los trabajos.

En resumen: la elaboración de informes no es un tema menor o al que no se le debe prestar atención, sino todo lo contrario. Se debe planificar, pensar lo que se va a informar, establecer la estructura y la metodología que se va a seguir. Es siempre conveniente acordar, salvo que ya esté incluido en los alcances contractuales, la frecuencia con que se elaborarán y emitirán estos informes y quiénes serán los destinatarios. Se debe recordar que es importante preparar una minuta o temario previos para que lo reciban con suficiente antelación todos los interesados involucrados.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los informes son consecuencia o emergentes de reuniones, razón por la cual es fundamental su planificación, para tener reuniones productivas.

Hay que tener presente que la dirección de obra dedica aproximadamente el 30% de su tiempo a reuniones: de allí la importancia de que las mismas estén bien planificadas para que sean productivas. Por ello, siempre nos debemos preguntar:

- ¿Se justifica la reunión?
- ¿Estuvo bien conducida y planificada?
- ¿Quiénes deben asistir?
- ¿Cuáles son los principales temas que deben incluirse en la agenda?
- ¿Hay minuta de una reunión anterior? ¿Quedaron temas abiertos o pendientes?
- Etcétera.

En el capítulo correspondiente a “Técnicas de gestión”, le dedicamos un párrafo a la organización de reuniones efectivas, que es una obligación de un director, razón por la cual no vamos a insistir sobre esto aquí.

5.2. Contratos

Uno de los aspectos o materias que debe conocer en lo esencial el director de obra es lo correspondiente a la parte contractual de las obras. Por supuesto, los abogados son los encargados de su instrumentación, pero el director debe conocer, “saber leer” aquellos aspectos más importantes para

el desarrollo de la obra sin mayores conflictos. En otras palabras debe tener los conocimientos básicos sobre la legislación vinculada con los contratos (conceptos básicos de derecho comercial y legal).

Todo contrato es un acuerdo entre dos partes y, consecuentemente, se crean obligaciones legales entre ellas.

En todo contrato se tienen que presentar “elementos esenciales” sin los cuales el contrato sería inválido:

- Intención de las partes de crear una relación legal.
- Una oferta de una de las partes y la aceptación de la otra. Esta aceptación debe ser comunicada fehacientemente. El silencio no es aceptación. La aceptación no debe ser condicionada.
- Un genuino consentimiento de las partes. El contrato no es válido si una de las partes puede probar error, fraude, indebida influencia, etcétera.
- Tiene que haber un valor.
- Capacidad de las partes para actuar.
- Legalidad de los objetivos del acuerdo.

No todos los acuerdos son contratos, dado que no llevan derechos legales. Se deben crear obligaciones legales.

Los contratos de obra tienen, generalmente, una estructura común, pero es importante prestar atención a cláusulas que son básicas desde el punto de vista de la gestión. Ellas son: alcance de la obra: debe estar perfectamente aclarado qué se está contratando; duración de la obra o tiempo de construcción: en este aspecto, debe quedar claro si se habla de días corridos o laborables, y cuáles serían las causales de fuerza mayor o excepcionales que justifiquen reclamos por prolongación de los plazos. Un caso habitual que genera polémicas son los días de lluvia. Se sabe que siempre llueve: se presupone que el contratista, para la aceptación o fijación del plazo de obra, ha tenido en cuenta aquellos días de lluvia que son normales en la zona donde se va a realizar la obra. Consecuentemente, sólo tendrá derecho a algún tipo de reclamo por este concepto cuando las lluvias, por su frecuencia o inusitada magnitud, estén fuera de esos parámetros normales. Lo mismo se puede decir para zonas donde en invierno no se puede trabajar por la nieve. Por otro lado, es importante determinar qué actividades pueden haber sido afectadas por estos hechos. Este aspecto es importante para evitar discusiones estériles cuando se están considerando pedidos de prórroga por no cumplir con el cronograma, dado que está directamente relacionado con el concepto de multa.

El contrato debe aclarar de qué tipo de sistema de contratación se trata: ajuste alzado absoluto o relativo, coste-costas, unidad de medida, etcétera. Veremos, a continuación, las características de cada uno de ellos.

Deben quedar claros el precio y la forma de pago, cómo serán los procesos de certificación, la aprobación de los certificados, los plazos que tienen la dirección y el comitente para la aprobación de los certificados y las facturas, aclarar si hay anticipos por acopios o financieros y de qué forma se van a restituir, qué porcentaje de cada certificado se retendrá en concepto de fondo de reparos, y si se podrá sustituir por una póliza de caución. Un aspecto importante, al que no siempre se le presta debida atención y que se pone en evidencia cuando hay conflictos de interpretación, es la definición de los documentos que forman parte del contrato y su orden de prelación. Ejemplo: en caso de contradicción de una cota o un nivel o especificación, ¿qué vale o tiene preeminencia: lo que indica el plano de replanteo en escala 1.50, los planos municipales o los planos de detalle en escala 1.20?

Deben estar explicitadas las obligaciones legales, impositivas, sindicales, de higiene y seguridad que deben cumplir los contratistas y la exigencia de su demostración de estar al día con los compromisos emergentes, para poder cobrar las facturas mes a mes. Ésta debe ser una tarea sistemática de exigencia de la dirección, a los fines de evitar, como se ha dicho, que cualquier reclamo judicial recaiga en el comitente.

Una cláusula fundamental, que requiere un análisis minucioso y clara comprensión sobre su instrumentación, es la que establece los mayores costos, que generalmente están condicionados por una fórmula polinómica, que, según la obra de que se trate, tendrá distintos parámetros. Ésta debe ser lo más equitativa posible. Se parte de la base de que todo contrato es de buena fe, y consecuentemente

mente, ninguna de las partes debe beneficiarse o perjudicar a la otra. Los contratos son *win-win*; por ese motivo, se debe buscar que esas fórmulas, si bien nunca son estrictamente justas por su propia estructura y definición, representen de la forma más apropiada posible la estructura de costos de cada contrato. Además, deben estar perfectamente establecidos los parámetros que sirven de base (costo de la mano de obra a la fecha del contrato, precio de ciertos materiales básicos como cemento, hierro, madera, cables, caños, etc.), y los índices que reflejen cualquier cambio, tanto en más como en menos, deben poder ser de análisis y demostración inobjetable y aceptados por ambas partes.

Deben estar perfectamente definidas las obligaciones sobre seguros. A veces, el comitente se hace cargo de los seguros totales de responsabilidad civil y contra terceros, y consecuentemente, el contratista no los debe incluir en su precio.

Otro aspecto importante es todo lo relacionado con la mecánica referida a la ejecución y certificación de trabajos adicionales. La primera observación en este sentido es que, para la buena salud de todos, no existan; pero, en caso de ser necesarios, una buena práctica es establecer que no se ejecutará ninguno si previamente el contratista no lo presupuestó ni la dirección lo aprobó. Cuando ello no sucede, siempre hay discusiones sobre los montos, sobre si realmente los volúmenes son los indicados, etcétera.

Es preferible discutir y consensuar antes y no después, cuando ya el hecho es irreversible.

Una cláusula que también merece ser analizada, y que, como recién se aplicaría al final de los trabajos o en forma parcial, no siempre se le presta adecuado análisis, es la referida al monto y las causales para la aplicación de las multas. En este sentido, las multas deben dolerle al contratista, pero no deben caer en el abuso del derecho, porque luego son incobrables. Generalmente, se piensa en un valor proporcional al monto del contrato y a los días de atraso, así como al perjuicio que le ocasionaría al comitente. Ejemplo: Si se está construyendo un centro comercial o una estación de servicio, cada día de atraso implica que para el comitente deja de haber ingresos, con lo cual el lucro cesante puede ser relevante y condición del contrato.

Luego, y por último, hay que prestar atención a las cláusulas más bien administrativas, como las causales de rescisión del contrato, tanto por culpa del contratista como del comitente. Como norma general, el comitente tiene prácticamente una única obligación, que es pagar; por lo tanto, el director le debe garantizar que, cuando lo hace, está todo en orden como para que lo haga. Para la terminación de la obra están las cláusulas de Reintegro de los Fondos de Reparos y la mecánica para elaborar las Actas de Recepción Parcial y Definitiva, así como el lapso de tiempo que se asignará entre ellas.

Los sistemas de contratación más habituales en la construcción son:

Ajuste alzado: En este tipo de contratación, el contratista se compromete a ejecutar todos los trabajos previstos en la documentación, por un monto total fijo. A los fines de facilitar la certificación según el avance de los trabajos, este monto total o precio está basado en un presupuesto abierto por ítems, pero ello no implica que si se equivocó tanto en el cómputo como en los precios unitarios, tenga derecho a ningún resarcimiento. En otras palabras, es su responsabilidad. Esta variante se conoce como *ajuste alzado absoluto*. Si el contrato prevé reajustes de precios por situaciones de mercado que hacen que tanto los materiales como los valores de la mano de obra sufran variaciones, en este caso, es *ajuste alzado relativo*, dado que se prevé una cláusula polinómica de reajuste, como ya se vio.

Dada la duración de las obras, que generalmente exceden los plazos en que se puede considerar que no habrá fluctuaciones en los precios, la forma más usual es la de ajuste alzado relativo.

Una variante de este tipo de contratación se da a veces, cuando el comitente presenta a los oferentes un cómputo oficial al cual deben atenerse, y en consecuencia, el contratista debe aplicar a dicho cómputo los precios unitarios de cada ítem, no aceptándose cambios en las cantidades previstas. Esto tiene la ventaja de que el comitente, a los fines de comparación de las propuestas, elimina una de las causas de distorsión que puede surgir por estar comparando precios y cómputos distintos. Por supuesto, en caso de notarse distorsiones serias en las cantidades u omisiones de algún rubro, se debe hacer notar y se producirán las aclaraciones necesarias para ser volcadas en el presupuesto de-

finitivo, que será el documento del contrato. Igualmente, el contratista no tendrá derecho, luego, a reclamar cambios en los precios por este concepto, y será responsable por el cumplimiento de la ejecución total de la obra por el precio final acordado. En otras palabras, no podrá argumentar durante la obra cambios en los cómputos si descubriera que alguno no responde a la realidad, por no haber él confeccionado el cómputo.

Coste-costas: En este sistema de contratación, se conviene entre las partes un *fee* (costas), que cubre los gastos generales y el beneficio de la empresa. Todos los costos directos e indirectos de la obra (materiales, mano de obra, equipos, subcontratos, materiales consumibles, etc.) son pagados por el comitente. En consecuencia, al final de cada mes se certifican todos los costos incurridos en el mes más el porcentaje pactado en concepto de costas.

Indudablemente, este sistema es teóricamente más equitativo que el anterior, dado que el comitente paga rigurosamente lo que se gasta y el contratista compensa sus gastos generales y el beneficio previsto, sin ningún tipo de riesgo o previsión por contingencias; ésta sería la ventaja. Los inconvenientes básicamente están referidos a que el comitente sabe cuánto le va a costar la obra sólo cuando ésta se terminó y, por otro lado, se presta a situaciones enojosas, dado que cuanto mayor sea el costo, mayor será el monto que el contratista recibirá en carácter de costas, dado que este monto es directamente proporcional. Asimismo, si la empresa no es estrictamente responsable y ética, y además el comitente no tiene los medios de control adecuados, se presta para situaciones que pueden ser deshonestas. Algunas veces, para atenuar este hecho, se fija un tope al monto total de las costas que recibirá el contratista.

Es un sistema apto, pues, cuando la empresa es leal, el comitente cuenta con los mecanismos de control adecuados, y los trabajos que se van a encarar o no están perfectamente definidos al momento de la contratación o pueden presentar sorpresas por distintas razones, como sucede con trabajos de restauración o remodelaciones.

La diferencia más importante desde el punto de vista comparativo se puede sintetizar diciendo que en los sistemas por ajuste alzado los riesgos los toma el contratista y en el sistema por coste-costas, el comitente.

Sistema por unidad de medida: En este sistema se cotiza según una lista de precios unitarios para los trabajos que se prevé que se van a ejecutar, y luego mensualmente, o según esté previsto, se certifica en función de las cantidades realmente ejecutadas. Naturalmente, los precios unitarios tienen incluidos todos los costos correspondientes, incluyendo gastos generales y beneficio de la empresa. Es usual en obras lineales como caminos, gasoductos, líneas de alta tensión, etc., donde la medida parcial y acumulativa es relativamente fácil de hacer y verificar.

Existen otras figuras que sólo mencionaremos, porque son menos usuales y no hacen a los objetivos de este trabajo.

En este sentido, se pueden mencionar los contratos BOOT (Build, Own, Operate and Transfer) y sus variantes BOO, BOT, DBFO, etcétera. Son usuales en grandes obras de infraestructura, generalmente financiadas por el gobierno. En estos casos, el desarrollador o los contratistas son de gran envergadura y responsables por el desarrollo de la idea, el proyecto, la obtención del financiamiento, la operación de la obra y, finalmente, la transferencia de la propiedad de la obra a las reparticiones que correspondan (por ejemplo: centrales eléctricas, plantas potabilizadoras, rutas con peaje y otros).

5.2.1. Notas de pedido y órdenes de servicio

Vinculado con los temas contractuales, su conocimiento y consecuencias, es importante prever las implicancias de todos los actos que suceden o se generan durante la marcha de la obra.

El director de obra, durante el transcurso de la misma, debe tener claro que se produce una relación biunívoca entre él y su función, y la empresa constructora, los subcontratistas y todos aquellos

que en forma directa o indirecta están afectados a la obra. Consecuentemente estas relaciones deben estar y quedar debidamente documentadas.

Es muy frecuente pensar que las relaciones son amistosas, leales, y, como consecuencia del trato que se va generando durante la marcha de los trabajos, las directivas o los pedidos son hechos muchas veces en forma verbal, creyéndose que con esto es suficiente.

Este mecanismo informal, mientras todo anda bien, pasa desapercibido o inadvertido, y hasta es valorado por la supuesta flexibilidad y dinámica que le da al desarrollo de los trabajos; pero, cuando surgen los problemas y se producen desencuentros, porque se afectan las responsabilidades y tienen implicancias económicas, nos vemos obligados a recurrir al contrato y, en esta instancia, todos sabemos que sólo vale lo que está escrito.

Ya mencionamos que la relación entre el director de obra y el jefe de obra de la empresa constructora se realiza a través de dos instrumentos: el director de obra se dirige al jefe de obra a través de “órdenes de servicio” y el jefe de obra se dirige al director de obra a través de “notas de pedido”.

Es interesante tener en cuenta el nombre de estos documentos, porque tienen su trascendencia: el director de obra “ordena” y el jefe de obra “pide”, “solicita”.

Por todo ello, desde el primer día de inicio de la obra, podemos decir que, como acto fundacional, se habilitan dos libros que están normalizados; uno es el “Libro de órdenes de servicio” y el otro el de “Notas de pedido”.

Esto significa que la foja 1 actúa como un acta de iniciación de la obra para ambas partes, donde quedan documentados la fecha, el nombre de la obra y quiénes estarán autorizados a firmar sendos documentos.

Algunas recomendaciones que nunca se deben omitir en la confección de ambos documentos o instrumentos son las siguientes:

- Deben estar foliados en forma correlativa.
- Cada vez que se quiere indicar algo, debe constar la fecha y la referencia sobre el tema. Esto es muy importante; si se quieren hacer comentarios sobre varios temas, se deben confeccionar notas u órdenes separadas. Es de mala práctica poner todo en una sola orden o nota. Del mismo modo, la respuesta también debe ser biunívoca, es decir, que deberán separarse las respuestas a cada tema.
- Siempre se escriben por triplicado y en forma manual; una copia es para el director de obra, otra para el jefe de obra y la tercera queda adherida a los libros, según corresponda (debe haber siempre papel carbónico en buenas condiciones, en forma tal que las tres copias sean perfectamente legibles).
- Se deben firmar con la correspondiente aclaración de la firma, y ambas partes deben firmar la recepción según corresponda.

El trámite siguiente e imprescindible es la respuesta a lo que se ordena o pide y el correspondiente archivo.

Seguir esta metodología, en forma prolija, sistemática y ordenada, se aprecia en su verdadero alcance cuando se presenta alguna controversia, que siempre conduce a implicancias económicas, diferencias, litigios y, en el límite, a juicios.

Un consejo básico: Todo en la obra debe quedar documentado por escrito; es el primer paso para evitar conflictos.

Por supuesto, es válido lo que se ha indicado cuando nos referimos a “Informes”, en lo relacionado con la claridad de lo que se quiere decir. Éstos son dos documentos donde precisamente no puede haber ambigüedades, razón por la cual es muy importante pensar bien lo que se va a escribir. Lo que se pide u ordena debe ser siempre realizado de manera educada, sin dejar que trasunte ningún tipo de situación personal entre los interlocutores. El objetivo, recordemos, es la obra.

5.3. Conflictos y negociación

Como se ha hecho notar en distintos pasajes de este trabajo y surge de la experiencia, la interrelación entre las personas, organizaciones públicas y organizaciones privadas son una fuente permanente de conflictos, que en la mayoría de los casos deben ser resueltos (es lo aconsejable) directamente entre los involucrados por medio del proceso de negociación. De allí que estos dos aspectos están íntimamente relacionados.

Insistimos (y es fácilmente entendible) en que el director de obra, por sus funciones, tiene que tener claro que siempre va a estar en presencia de situaciones de conflicto durante la marcha de cualquier obra, y es una de sus funciones más importantes lograr su solución en forma pacífica, negociando, a los fines de conseguir los objetivos que se buscan, esto es, terminar la obra de acuerdo con todo lo previsto. Sus habilidades en este sentido son fundamentales, y debe estar preparado para ello. Puede y debe ser aglutinador, o él mismo ser conflictivo, si no tiene esto claro. Podemos afirmar, sin temor de pecar de exagerados, que un director debe tener un conocimiento explícito en negociación.

Por supuesto, hay gran cantidad de bibliografía que trata específicamente y con total alcance estos temas; aquí vamos a tratar de esbozar los conceptos teóricos básicos.

Existen distintas actitudes que se pueden adoptar frente a un conflicto: huir, ignorarlo o suprimirlo, intercambiar o pactar, dialogar y atacar o defenderse. Las variantes primera y última no llevan generalmente a resultados positivos y suelen deteriorar la relación entre las personas. Consecuentemente, la única forma racional y efectiva de resolver los conflictos o disputas es mediante el diálogo. A veces esto no se puede lograr directamente, en cuyo caso se recurrirá a un tercero que pueda ayudar a restablecer la situación racionalmente. Una forma última de esta recurrencia a terceros es obviamente la justicia, pero es sabido lo que ello conlleva. En el fondo, es el propósito último de la ley.

Hay muchas definiciones sobre el significado de conflicto; todos, en mayor o menor medida, sabemos de qué estamos hablando o a qué nos estamos refiriendo. Una de estas definiciones es: “Se llama conflicto al proceso que comienza cuando una parte percibe que la otra ha frustrado o está por frustrar algo que le concierne”. No nos referiremos acá a conflictos sobre sentimientos o bienestar, sino a conflictos sobre objetivos que pueden ocurrir cuando un individuo o grupo sigue objetivos diferentes de aquellos que tienen otros individuos o grupos.

No siempre las partes interesadas o involucradas, por ejemplo, entre contratistas y proveedores, o entre comitente y subcontratistas, están de acuerdo sobre el significado de la ley o lo que está previsto en el contrato.

Trataremos de examinar la naturaleza de la negociación como un medio para reducir o resolver las clases de conflictos que son habituales, pero es conveniente aclarar que no tiene nada que ver con un manual sobre cómo negociar.

A veces, en ciertas etapas de los proyectos, el conflicto puede jugar un rol creativo, dado que puede permitir analizar distintos enfoques sobre algún tema, en forma tal de generar una solución superior, sin perder de vista objetivos y metas.

La negociación implica también aspectos éticos.

Entonces, reiteramos, la técnica más adecuada para resolver un conflicto es la negociación, que puede ser definida como el proceso a través del cual dos o más partes buscan una relación aceptable de intercambio de aspectos que están bajo su propio control. Otra forma de verlo es que la negociación es un campo del conocimiento y un esfuerzo que se focalizan en lograr el favor de la gente sobre la que queremos lograr algo. Implica o abarca conceptos que a veces se consideran sinónimos en ciertas circunstancias, tales como: mediación, arbitraje, lograr la paz, lograr acuerdos, zanjar diferencias, moderar, ajustar diferencias, compromiso, pacto, regateo.

El conflicto puede ser resuelto negociando una solución, si ella existe, que produzca ganancia o al menos la menor pérdida a todas las partes.

En este sentido, es interesante la solución óptima de Pareto (ya mencionado en otras partes del texto), que propone que el objetivo general en una negociación debe ser encontrar una solución tal que ninguna parte quede mejor posicionado sin que la otra se haya perjudicado en la misma cantidad o más. Este concepto es muy importante, porque indica, de otra forma, que plantearse el conflicto

con el deseo de obtener una victoria sobre la otra o las otras parte/s es inapropiado. No nos olvidemos de que, si el director lleva la negociación a ganancia-pérdida, y la otra parte pierde, desde ese momento ganó un adversario que estará buscando la oportunidad para desquitarse, y esto no beneficia a nadie. En la relación director de obra - jefe de obra - comitente - contratistas - proveedores, se presentan infinidad de situaciones donde es preciso tener claro esa premisa de negociación.

Generalmente, las relaciones del comitente y la dirección de obra con contratistas y subcontratistas pueden identificarse como adversas, con intereses encontrados. El comitente quiere que la obra esté terminada lo antes posible y al menor costo, y los objetivos del contratista son lograr el mayor beneficio con el menor esfuerzo. Estos intereses encontrados generan, consciente o inconscientemente, una atmósfera de recelo y antagonismos. El concepto de “asociación” ha sido desarrollado para reemplazar esta atmósfera por otra de cooperación y mutuo beneficio, pero la relación básicamente controversial hace que en la mayoría de los casos la cooperación sea difícil.

Este concepto es definido por Cowan, Gray y Larson como: “Un método de transformación de las relaciones contractuales en forma cohesiva, cooperativa, con un conjunto simple de metas y el establecimiento de procedimientos para resolver las eventuales disputas en tiempo y de manera efectiva”.

Veamos algunos requisitos y principios que nos deben guiar en una negociación.

La llave para entender la naturaleza de la negociación, como debe ser aplicada en tanto directores, es que pocos conflictos producidos durante la obra, y durante toda su gestión en general, tienen que ver con si la tarea debe ser emprendida o no. En cambio, suelen tener que ver con el diseño preciso de la obra, con cómo se realizará, por quién, dónde y a qué costo. La implicancia es clara: El trabajo debe ser hecho. Si los conflictos entre cualquiera de las partes llegan a un punto donde colapsa la negociación y el trabajo se para, todos pierden. Un principio, pues, es que los métodos usados para reducirlos o resolverlos deben permitir que el conflicto sea ajustado sin que provoque daños irreversibles al objetivo del proyecto.

Un segundo requerimiento, vinculado de cerca con el anterior, es que para la resolución o reducción del conflicto, el director debe seguir y fomentar que la negociación se hará en forma honesta entre las partes. Para entender mejor esta idea, se la puede comparar con otros ejemplos. En un juicio de divorcio, o en un accidente, es difícil esperar de los abogados esta táctica ética.

Las partes en conflicto no son enemigos o competidores, sino aliados, miembros de una alianza con fuertes intereses comunes. Por tal motivo, es un requerimiento para todas las partes en conflicto buscar soluciones que no sólo satisfagan sus necesidades individuales, sino también las necesidades de otras partes vinculadas con el conflicto, así como las de los mandantes. Esto es lo que se llama solución *win-win* (ganar-ganar). Este concepto es la clave de la negociación.

Fisher & Ury “Getting to Yes” desarrolló una técnica de negociación tendiente a mantener los tres requerimientos vistos, y que se puede definir con cuatro puntos:

- Separar a la gente del problema. Las partes bajo conflicto generalmente están condicionadas emocionalmente. Perciben y sienten en forma sensiblemente diferente las divergencias. De esa forma, se confunden emociones y objetivos a punto tal, que no se tiene claro cuál es cuál. Como consecuencia, las partes se atacan en lugar de ver el problema. Para evitar esto, se debe definir claramente el problema, para que no se transforme en algo interpersonal. Así, ambas partes pueden trabajar sobre el problema y no sobre ellos.
- El foco debe estar en los intereses y no en las posiciones. Hay que evitar que aflore el ego entre las partes en conflicto. Como ejemplo habitual, supongamos que el director de obra le dice al jefe de obra: “necesito que tal ítem esté terminado para el 15 de febrero” y el jefe de obra le responde: “es imposible”. Aquí comienza, casi con seguridad, un pequeño conflicto, que se podría evitar si el tema se planteara de otra forma, como: “¿Podemos ver el cronograma, que tengo una necesidad?”. Esta forma abre una conversación o un planteo amigable, en que se está involucrando al jefe de obra. En la negociación posicional, las “posiciones” son imposiciones de deseos inmediatos y presuponen que el entorno es estático. Otro ejemplo podría ser, discutiendo un trabajo adicional, que el director de obra dijera:

“no acepto un valor superior a x \$”. En cambio, cuando la discusión se plantea en términos de intereses, una parte debe tener en cuenta los intereses subyacentes de la otra. Conocer los intereses de la otra parte permite sugerir soluciones que puedan satisfacer ambas posiciones sin perjudicar a ninguna.

- Antes de tratar de llegar a un acuerdo, buscar opciones que sean mejoras mutuas. Generalmente, las partes saben de antemano adónde quieren llegar. Como consecuencia de ello, son ciegos a otras variantes y no son particularmente creativos. Por eso es importante, una vez que se tiene claro el problema, tratar de presentar o explorar distintas variantes de solución que sean de interés mutuo.
- Tratar de buscar criterios objetivos. En lugar de negociar o regatear sobre posiciones, es mejor buscar normas o estándares que permitirán resultados de mejor calidad (ejemplos: valores de mercado, opiniones de expertos, reglamentaciones, leyes, políticas de la empresa).

Existe abundante bibliografía sobre este tema, pero no quisimos dejar de tocar, aunque sea sintéticamente, un aspecto de importancia fundamental en nuestra acción profesional. Ya dijimos que se puede hacer fracasar o poner en peligro un proyecto por fallas en esta herramienta tan sutil.

5.4. Fuentes de poder e influencia

Este tema, poco visto en la teoría de la gestión, es, sin embargo, importante y lo planteamos como una introducción, por su íntima vinculación con el tema liderazgo, que desarrollaremos brevemente más adelante. El poder, desde el punto de vista ingenieril, se define como la habilidad para hacer un trabajo, y desde el punto de vista social, es la habilidad para hacer que otros hagan el trabajo o las acciones que deseamos, independientemente de sus deseos. Cuando hemos visto muchas veces que la dirección tiene responsabilidades pero no autoridad, que tiene que lograr resultados por influencia pero no por una autoridad asignada, entonces podemos ver por qué el poder es un tópico importante. En otras palabras, sin poder no se pueden lograr muchas cosas.

Generalmente existe una confusión bastante grande sobre los términos y definiciones vinculados con el poder desde el punto de vista de la ciencia social.

Trataremos de ver la diferencia que existe entre poder y otros términos que a veces se utilizan como equivalentes: influencia, autoridad, liderazgo, control.

Poder:

Se define como la potencialidad o habilidad para ejercer influencia sobre las decisiones de otros, determinar, en cierto grado, su comportamiento, establecer la dirección de su acción futura.

Liderazgo:

Es el uso del poder para obtener esos propósitos. Esto es, que los líderes emplean varias formas de influencia para movilizar a seguidores efectivamente. Una forma descriptiva de verlo es como una relación interpersonal en la cual otros cumplen porque lo desean, no porque deban. El liderazgo está siempre asociado con el logro de objetivos e implica tener un acuerdo común y compromiso con esos objetivos, y estructuración de los roles en forma tal que la gente sepa qué se espera de ellos. En el próximo capítulo veremos más en detalle, porque consideramos que es importante, algunas técnicas para lograr ser líder y ejercer el liderazgo.

Control:

El control es el resultado final u objetivo de la influencia. Ya vimos que se trata del proceso de fijación de estándares, monitoreo de resultados con realimentación y acción para corregir eventuales desvíos. El concepto central que está involucrado fundamentalmente en los conceptos anteriores de poder, liderazgo y control es, entonces, *la influencia*. Dentro de este marco, la influencia se conside-

ra como la base del proceso a través del cual los líderes obtienen su poder para el control de los hechos. Los líderes pueden derivar su poder de una variedad de tipos diferentes de influencia, tales como el uso de coerción física o fuerza, dinero y recursos económicos, autoridad legal y formal, presión social o estatus, habilidades especiales y conocimiento, visión personal y carisma, y otros tipos de recursos.

Influencia:

Se considera habitualmente que la influencia tiene un alcance más reducido que el poder. Implica la habilidad de una persona para alterar o cambiar a otra persona o grupo, en situaciones específicas, ya sea en su satisfacción o rendimiento. La influencia está vinculada más de cerca con el liderazgo que con el poder, pero ambas están involucradas en el proceso de liderazgo. Entonces, la autoridad es diferente del poder por su legitimidad, y la influencia es más estrecha que el poder, pero están tan vinculados los dos términos, que pueden usarse como equivalentes o intercambiables.

Autoridad:

La definición de autoridad es relativamente simple. Es el poder formal dado a una persona por su posición en la jerarquía de una organización.

Políticas:

Se define como el proceso de influencia en una organización para lograr el poder, para cambiar el balance del poder a fin de conseguir los objetivos y propósitos.

Luego de todas estas definiciones, se puede ver fácilmente que existen seis términos interrelacionados que presentan bastantes controversias sobre el preciso significado, pero, para nuestros fines, pienso que todos sabemos de qué estamos hablando.

Fuentes de poder:

Es interesante conocer qué fuentes de poder puede utilizar un director, además de las que le da su autoridad formal.

En general se aceptan como las más trascendentes ocho formas de poder. La mayoría de ellas se explican por sí solas y son las siguientes:

- **Recompensa:** Es considerada como un incentivo positivo que alguien piensa que el otro le va a dar u ofrecer. De cierta forma, la recompensa que se da es una función de las responsabilidades formales inherentes a la posición.
- **Castigo:** poder coercitivo o castigo tiene que ver con lo contrario de la recompensa. Está ligado a lo que uno cree que el otro puede hacer con uno. Este factor generalmente está previsto en las organizaciones y también está determinado formalmente por la posición.
- **Poder referencial:** En algunos casos, B mira y admira a A como persona. B desea ser similar a A y ser admirado como él. En esta situación, B puede conformarse con las demandas de A, razón por la cual llamamos a esto poder referencial. Este recurso es función principalmente de las cualidades personales de A.
- **Experiencia:** Es a menudo un experto en algún tema específico. El jefe confía en él porque conoce mejor lo que debe hacerse en una situación. La experiencia y habilidad están casi enteramente en función de las características personales del individuo, más que en las sanciones formales.
- **Legitimidad:** El poder legítimo es un recurso que se pone en evidencia cuando alguien siente que el superior tiene derecho a efectuar un pedido dado. Es una forma de autoridad.
- **Información:** En las organizaciones, la información es controlada frecuentemente por individuos. Ellos deciden quiénes pueden conocerla. En este caso, el que la tiene ejerce poder sobre el que en algún momento puede necesitarla.

- **Persuasión:** Se trata de cuando alguien induce a otro para que entre en un determinado curso de acción. Esto toma tiempo, conocimiento e información y hace que la persona involucrada atienda lo pedido.
- **Conexiones:** Construir y establecer alianzas con gente influyente dentro de la organización es una base importante de poder para los directores que tienen que trabajar con personas que ejercen distintas funciones, para lograr más eficientemente sus objetivos.

Como se puede apreciar por lo visto sintéticamente hasta ahora, la naturaleza del poder es mucho más complicada que los enunciados de una simple lista. Es interesante darse cuenta de que algunas formas del poder surgen de las organizaciones y otras dependen de nosotros (carisma).

Los estudios indican que los directores más eficientes confían más en tipos personales de poder, mientras que los menos efectivos están relacionados con la falta de autoridad formal para dirigir y castigar.

Algunos autores y estudios (Kotter) demuestran que el poder en las organizaciones está basado más sobre un inspirado liderazgo que sobre rangos ejecutivos y estatus.

5.5. Liderazgo

Ya dijimos que es una herramienta de dirección importante. Muchos creen que si no se nace con el perfil de un líder, es imposible serlo con una adecuada formación o entrenamiento. Dado que no es el objeto principal de este libro, trataremos de presentar, en una apretada síntesis, conceptos importantes del libro de William A. Cohen *El arte de ser líder*.

La definición y su valoración ya fueron vistas en el capítulo anterior. Es interesante dejar sentado desde el principio que el liderazgo no depende, como muchas veces se cree, del buen trato, ni de las condiciones agradables de trabajo, ni de las compensaciones pecuniarias. La gente sigue a los líderes por otras razones, siempre que el líder sepa serlo.

Verdades que deben saberse antes de comenzar a liderar:

- Una persona puede significar la diferencia entre el éxito o el fracaso en cualquier organización.
- La mayor parte de las personas se tornan exitosas sólo merced a la ayuda de otros. Esta ayuda se logra mediante la práctica del liderazgo.
- No es necesario dirigir para ser un líder. Es importante que uno se decida a serlo.
- El liderazgo se puede asimilar a un modelo de combate: tiene riesgo, incertidumbre, dureza del medio ambiente y aplica penalidad por fallar o premia por triunfar.
- La esencia del liderazgo es muy sencilla. Consiste en motivar a la gente para que ejercite su potencial al máximo, a los fines de alcanzar los objetivos que nosotros proponemos.
- Los líderes se hacen, no nacen.
- El buen liderazgo no depende del buen trato o de las condiciones de trabajo placenteras. Es independiente de esos factores, lo cual no invalida que es mejor si se dan.

Modelo de combate aplicado al liderazgo:

Hay seis maneras que hacen que el modelo nos ayude para ser líderes:

- Estar dispuesto a correr riesgos. No hay beneficios sin sacrificios. Es la única forma de poder tener éxito.
- Ser innovador. Hay que pensar antes de actuar. Tratar de pensar en alguna forma efectiva que no se haya utilizado antes.
- Hacerse cargo. Esto no significa decir “yo soy el líder”; los hechos pesan más que las palabras.

- Tener expectativas. Alentar las máximas expectativas acerca de uno mismo y de los demás.
- Mantener una actitud positiva. A la gente le interesan las personas positivas; aquellas que piensan: “algo puede hacerse”.
- Salir al frente. No se puede liderar desde atrás.

Cómo hacer que los demás nos sigan:

- Tratar de que los demás se sientan importantes, y no declararse importante uno mismo.
- Tratar a los demás como a uno le gusta ser tratado. Nadie sigue a nadie que lo trata mal.
- Promover la propia visión. Se debe tener una idea clara de adónde se quiere llegar y llevar al equipo, y esto se debe transmitir y convencer al grupo de que es lo más conveniente, que vale la pena.
- Responsabilizarse de las acciones y lo que hagan los integrantes del grupo. Esto es muy importante. El líder es responsable de todo lo que haga el grupo; por ello, cuando las cosas no salgan bien, uno debe aceptar la responsabilidad. En cuanto se intenta trasladar esa responsabilidad a otros, se deja de ser líder.
- Elogiar en público y criticar en privado.
- Aprovechar toda ocasión para salir a ver y ser visto. Hay que recorrer las instalaciones, la obra, las oficinas, para saber lo que está sucediendo; por otro lado, se tienen mayores oportunidades de hablar con todos y cada uno de los subordinados y motivarlos.
- Recurrir a la competitividad para tratar de que el esfuerzo sea un juego. A todos nos gusta competir.

Cómo conducir a otros con estrategias básicas para ejercer influencia:

- Persuasión. Esta estrategia se usa cuando nuestra autoridad está limitada por algo y cuando hay otros con igual o mayor poder que nosotros en igual situación. En este caso, hay que brindar razones para que a uno lo sigan.
- Negociación. Esta estrategia se usa cuando los beneficios de las personas lideradas son limitados y tienen un poder semejante al nuestro. Hay que ofrecer algo a cambio para lograr nuestros objetivos.
- Integración. Ésta es una estrategia motivadora muy importante y debe ser usada siempre que sea posible. Los liderados necesitan tener una sensación de pertenencia y de que participen de nuestras ideas, metas y objetivos.
- Dirección. Es útil cuando el tiempo disponible es escaso y no permite usar las otras. En este caso, debemos tener más poder que nuestros liderados.

Cuándo elegir una determinada estrategia para influir:

La estrategia determinada va a depender de:

- La personalidad individual de la persona o personas que se lideren.
- La situación anímica momentánea de los liderados.
- Cómo nos encontramos nosotros en ese momento.
- Las finalidades y objetivos propios.
- La situación relativa de fuerzas entre el líder y los liderados.
- La importancia del momento para la decisión que el líder debe tomar.
- La clase de compromiso que pueda exigir el líder para que los liderados cooperen en el logro de los objetivos.
- Los reglamentos, leyes o autoridad que pueda tener el líder en la situación específica.

Estrategias de manipulación:

La palabra manipulación generalmente tiene connotaciones negativas y su uso como estrategia es riesgoso. Se debe recurrir a ella cuando se persigue el bien de los liderados o de la organización, pero no en beneficio propio del líder. Se usa cuando no se pueden usar otras en forma más eficiente, o cuando estamos en situaciones peligrosas o críticas.

Entre ellas, se pueden mencionar:

- Seducción. Se usa cuando la autoridad es más informal que formal, y cuando no se quiere o puede explicitar hacia dónde se quiere llegar.
- Redirección. Cuando no se quiere revelar la verdadera razón de lo que se propone.
- Repudio. Cuando sea importante reducir la propia importancia en cuanto al poder, para así conseguir lo que el líder desea.

Cómo construir autoconfianza en las tareas de liderazgo:

Hay un principio que es básico: la autoconfianza crece en la medida en que se cumple la función de líder exitosamente. Por ello, y para evitar frustraciones, es importante hacer bien, eficientemente, tareas menores y luego pasar a otras mayores que impliquen mayor dificultad.

Para ello es aconsejable seguir los siguientes pasos.

- Hay que intentar ser líder sin “corona”, buscando y ofreciéndose a actuar como líder siempre que sea posible.
- Ser maestro generoso, sin egoísmo, y ayudar a los otros. Los demás lo buscan para hacerlo su líder.
- Desarrollar destreza y experiencia. Generalmente, son fuentes de poder para liderar.
- Mentalización. La estimulación mental ayuda al éxito.

Pensar la organización como un equipo deportivo preparado para ganar:

Pensemos en el funcionamiento de un equipo deportivo *amateur*, por ejemplo, representando a un colegio en un torneo intercolegial.

Para construir la organización para que se comporte como un equipo ganador, se tendrá que poner en práctica lo siguiente:

- Hacer que todos estén orgullosos de formar parte.
- Convencer al grupo de que no hay otro mejor.
- Reconocer los logros siempre que sea posible.
- Alentar la creación de lemas, símbolos, nombres, etcétera.
- Establecer el valor del grupo pasando revista y promoviendo la historia y los méritos de la organización.
- Dirigir la atención hacia un propósito común.
- Alentar a la organización a intervenir en actividades de conjunto fuera del trabajo.

Elaboración de una moral elevada y espíritu de cuerpo:

Estos conceptos están vinculados con el anterior en el sentido de la formación de la organización como si se tratara de un equipo deportivo.

Para ello, es importante lograr:

- Dejar que los demás participen de la propiedad de sus ideas, fines y objetivos.
- Ser jovial en todo lo que se haga.
- Enterarse de lo que está sucediendo y tomar medidas para asegurar y capitalizar su posición.
- Liderar con el ejemplo personal siempre que sea posible.
- Mantener una elevada integridad personal.

- Construir confianza mutua demostrando verdadera preocupación por lo que les suceda a los que dependen de uno.
- Concentrarse en la contribución, más que en la ganancia personal, alentando a toda la organización a que haga lo mismo.

Como síntesis, para construir una organización ganadora como si fuera un buen equipo deportivo, requiere de la construcción de cuatro pilares fundamentales:

- Cohesión
- Trabajo de equipo
- Moral elevada
- Espíritu de cuerpo

Como ejemplo, se puede imaginar la arenga que un buen director técnico de un equipo de fútbol haría antes de comenzar un partido difícil: “Estamos ante un rival recio y técnicamente fuerte, hábil, pero no tanto como para que pueda superarnos, ¡porque nosotros somos el equipo YY!”.

Cómo adiestrar a un equipo ganador:

Para ello, se debe tener muy claro lo siguiente:

- Hacer de nuestro trabajo una forma de vida. Día y noche.
- Asegurarse de que se es accesible a todos los liderados.
- Reunirse con los subordinados periódicamente y siempre que ellos lo soliciten.
- Reconocer siempre el buen comportamiento de alguien.
- Reprimir o corregir al que incurra en una falta.
- Mantener un alto grado de disciplina.

Esto se puede resumir como “mandar con amor”.

Tanto los reconocimientos como los castigos deben hacerse en el momento adecuado; si se deja pasar el tiempo, pierden eficacia.

Formas de motivación para los que se lidera:

Algunos de los pasos que se pueden seguir para motivar a la gente que se lidera son:

- Trabajar primero con el factor más importante. A veces, un alto sueldo, buenos beneficios o seguridad laboral son menos importantes. Es muy común que los líderes creen que estos tres ítems son los más significativos; sin embargo, hay estudios que muestran que la gente valora más otros aspectos, como: trabajar con gente que trata respetuosamente, que el trabajo sea interesante, posibilidad de desarrollo, reconocimiento por el trabajo bien hecho, posibilidad de tener ideas propias y no limitarse a seguir instrucciones, etcétera. En general, los tres factores vistos al inicio son los que la gente valora como menos trascendentes, lo que no implica que se los deba desatender.
- Tratar siempre con respeto a los subordinados.
- Hacer que el trabajo resulte interesante.
- Reconocer siempre el trabajo bien hecho.
- Conceder a los liderados ocasión de desarrollar sus capacidades.

Cómo hacerse cargo de una situación crítica:

Es importante, cuando se está en presencia de una situación crítica, seguir los siguientes pasos:

- Fijarse el objetivo de inmediato. No se puede conducir a nadie a ninguna parte si no se sabe adónde se quiere ir.

- Comunicar claramente lo que se quiere hacer y hacerlo en forma tal que despierte el interés y la atención de todos los liderados.
- Actuar con osadía. En estos casos, no hay generalmente tiempo para ser cautelosos. Es el momento de arriesgarse.
- Tomar decisiones y no postergarlas para más adelante.
- Se debe dominar la situación tomando la iniciativa. De no ser así, la situación será la que domina.
- Liderar dando el ejemplo. Vale el lema “sígueme” y actuar de acuerdo con ello.
- Desvincularse de los que no pueden hacer el trabajo que se desea y tomar o contratar a los que sí pueden. Tratar de evitar elegir mal a los colaboradores.

Desarrollo del carisma del líder:

Dijimos al principio que líder se hace, no se nace, como a veces se cree. Uno de los atributos que debe tener el líder es lo que se conoce como carisma, y también hay que entrenarse para ser carismático.

Se pueden seguir algunos métodos o caminos para el desarrollo del carisma, tales como:

- Demostrar compromiso.
- Vestirse adecuadamente. Es importante para la imagen.
- Soñar en grande.
- Moverse siempre hacia los objetivos que se han planeado.
- Hacer los propios deberes.
- Construir una mística.
- Recurrir al enfoque indirecto.

Todos estos propósitos, con excepción del último, se explican por ellos mismos. Aclaremos qué se quiere decir con “recurrir al enfoque indirecto”. La idea básica es lograr que la gente haga las cosas creyendo que son ellos y no uno quien lo desea. En otras palabras, para usar este enfoque es necesario buscar la oportunidad de conseguir que la gente haga las cosas sin tener que decírselo directamente. Para ello, es fundamental estar atento a no herir el orgullo del otro ni de menoscabar su autoestima. Un camino, por ejemplo, es la cortesía: uno se puede dirigir a su secretaria de la siguiente forma: “María, recuerde que a las doce tenemos la reunión prevista. ¿Le puede avisar a todos los participantes, por si se han olvidado?”; lo que es mejor que decir: “María, quiero que todos estén a las doce en mi oficina para la reunión prevista”.

El enfoque indirecto se basa en la sugestión, para lo cual es importante tener presente:

- Hay que atraer la atención de aquellas personas en las que se espera influir; para ello, no debe haber conflictos o distracciones.
- Cuanto mayor sea el prestigio personal, mayor será la fuerza de la sugestión. El simple hecho de ser líder hace que tenga más fuerza todavía la sugestión que se quiere alcanzar.
- El poder de sugestión será más fuerte cuanto más cerca se esté socialmente de la persona que se intenta influir. Esto facilita, pero no es esencial.
- La repetición de sugerencias refuerza el poder del líder. Una vez que se ha inducido a alguien a hacer una cosa por haberlo enfocado indirectamente, más difícil le resultará al otro detenerse.
- Las sugerencias positivas son más efectivas que las negativas. Este enfoque se puede utilizar para que se hagan cosas o que no se hagan. Es más fácil usarlo para lograr que se hagan.

Solución de problemas y toma de decisiones:

Es sabido que un líder debe resolver problemas y tomar decisiones. Ambas situaciones van juntas y están íntimamente relacionadas con la función del líder. Además, las decisiones que debe tomar no son fáciles y los problemas que debe enfrentar son difíciles. Veamos algunas situaciones:

- Se debe estar preparado y prevenido para que los problemas no obstaculicen los objetivos. Hay veces que se debe dejar que los problemas los resuelvan otros. No es conveniente que uno se convierta en un “resolvidor” de problemas, dado que en estos casos los otros derivarán siempre hacia nosotros sus problemas. Nos pasaríamos todo el tiempo apagando incendios. Por ello es útil que los liderados, cuando esté dentro de su alcance, resuelvan sus propios problemas. Esto sirve para motivarlos y afianzarlos. En otras oportunidades los debe resolver únicamente el líder, como, por ejemplo: cuando el problema es propio del liderazgo de la empresa, cuando el líder es el único experto al que puede acudir para resolver determinado problema, cuando se trata de una situación de emergencia o los que lo siguen no pueden avanzar más.

- Para resolver los problemas se pueden usar tres herramientas: *brainstorming* o reuniones para el intercambio de ideas, técnicas psicológicas y análisis de posibles alternativas.

- Si los problemas que se presentan se pueden resolver mejor con todo el equipo actuando en forma conjunta, entonces se debe recurrir al *brainstorming*. Para los problemas que se pueden resolver sin ayuda, se utiliza la técnica psicológica o el análisis de alternativas.

Como se ha indicado al inicio de este tema, hemos querido, dada la trascendencia que le asignamos a las relaciones humanas, a la conducción de grupos que son inherentes a la función del director de obras y a cualquiera que tiene que conducir gente, presentar en forma sintética, casi como con receta de cocina, una herramienta que todo directivo debe conocer. Por supuesto, hay muchísima bibliografía que trata abundantemente este tema, pero nos pareció práctico utilizar los lineamientos del que mencionamos al inicio.

5.6. Técnicas de gestión

También plantearémos sintéticamente este tema, poniendo en evidencia algunos aspectos que todo director debe conocer y tener en cuenta. De nuevo, existe una abundante bibliografía sobre todo lo inherente a *management* y cursos y carreras específicas, razón por la cual aquí sólo trataremos de puntualizar algunas ideas que son útiles para la formación del director de obras.

Ya fuimos anticipando algunos aspectos cuando tratamos otros temas, como habilidades personales y manejo de las comunicaciones; a los otros los mencionaremos cuando permita dar coherencia a la temática.

En primer lugar, es bueno insistir —y es clave no perder esto de vista— en que muy pocos profesionales trabajan solos; lo frecuente es que sean responsables del trabajo de otros y también de la eficaz administración de recursos. Estas responsabilidades por personas y recursos son básicamente las que definen a la gestión o el *management*.

¿Cuáles son las capacidades gerenciales que distinguen a un profesional eficaz de uno mediocre? De acuerdo con encuestas realizadas acerca de las cualidades de los profesionales de éxito, se indica que las principales son: integridad, capacidad de análisis, inteligencia, simpatía, tenacidad, flexibilidad, aptitud para tomar decisiones, organización personal, confiabilidad. Como se puede apreciar, son cualidades relacionadas más con aspectos de carácter y de personalidad, que con habilidades técnicas.

Básicamente, entonces, todas esas cualidades pueden ser expresadas en términos de habilidades gerenciales, como administración del tiempo de trabajo, organización personal y laboral, buenas relaciones interpersonales, capacidad de decisión, comunicación gerencial. Algunos poseen naturalmente muchas de estas cualidades y otros necesitan capacitación.

Todos tenemos tres imágenes de personalidad que dependen de la percepción: cómo uno se ve a sí mismo, cómo nos ven otras personas (colegas, subordinados, etc.) y qué persona somos realmente.

Cuando estas tres imágenes coinciden, nuestra percepción es correcta, lo que nos permite conocer nuestras fuerzas y limitaciones.

Tenemos una inclinación natural a negar las opiniones de los otros: hay que tratar de evitarla.

Administración del tiempo de trabajo:

La mayoría de los profesionales tienen más tiempo disponible del que están dispuestos a admitir.

La administración y el control del tiempo personal en el trabajo es una de las técnicas más importantes para ser un profesional eficaz.

Es muy común apreciar que muchos ejecutivos importantes, exitosos en sus actividades, son los que más actividades marginales realizan. Tienen tiempo de participar en cámaras empresarias, dar cursos, escribir, practicar deportes, participar en actividades políticas, etc., y ello es posible porque son muy hábiles administradores de su tiempo. Muchos profesionales tienen tan claro la importancia del tiempo, que cobran sus honorarios sobre esa base. Para tener una idea de esa incidencia, se pueden calcular nuestros ingresos por sueldo y dividirlos por 1600 horas/año, y así tenemos una estimación de lo que cuesta nuestra hora.

En este sentido, es importante tener en cuenta los distintos estilos de administración del tiempo: el adicto al trabajo, el que no puede negarse a ningún pedido, el eficiente (todos sus minutos cuentan), el indeciso, el gerente de crisis, el sociable. Lo importante es planificarlo y controlarlo. Una forma de hacerlo, por ejemplo, es registrar durante una semana en una agenda el tiempo dedicado a cada actividad, para poder apreciar objetivamente en qué estamos perdiendo el tiempo, y concentrarnos en aquellas actividades que nos permiten cumplir con nuestros objetivos. La programación del trabajo apunta a establecer prioridades, a categorizar las tareas como, por ejemplo: urgentes, trabajo que sólo uno puede resolver, trabajo que puede ser delegado, trabajo que no es fundamental, etcétera. A partir de ello, debemos dedicar nuestros esfuerzos para resolverlos según esas prioridades. Otro aspecto que es conveniente conocer son aquellas horas del día en las que somos más productivos. Cada uno tiene distintos tiempos propios, y es conveniente dedicar los mejores a aquellas tareas que requieren estar más lúcidos y concentrados.

Organización personal:

En este tema se plantean algunas disyuntivas que se refieren a las ventajas e inconvenientes de trabajar con el “escritorio limpio” y de “puertas abiertas”. A simple vista, tener un escritorio ordenado es mejor que tenerlo desordenado con montones de papeles. Muchos creen que cuando el escritorio está lleno de papeles el ejecutivo es una persona muy ocupada e importante; en cambio, la realidad es que se demuestra ineficiencia: algo está indicando que hay trabajos atrasados. La experiencia y los estudios realizados muestran que hay cierta correlación entre la imagen de un ejecutivo exitoso referida a su forma de vestir, cortesía en el trato, respeto por los horarios, uso del teléfono, etc., y el estado de su escritorio.

Es básico saber manejar la gran cantidad de “papeles” que llegan diariamente a nuestro escritorio; distinguir los importantes de aquellos que debemos hacer circular rápidamente. Esto lleva de la mano otro tema, que es tener clara la importancia de un archivo eficiente. Por supuesto, en esto juega un rol básico la secretaria. Un buen ejecutivo hace participar a la secretaria en la mayor cantidad posible de tareas diarias; considera que conforma con ella un equipo; delega todo lo que puede y le da la autoridad necesaria; la alienta a que desarrolle distintas capacidades; no la hace perder tiempo; la critica sólo en privado y de manera constructiva. Por supuesto, un aspecto previo es haber sabido elegir a la secretaria.

Delegación efectiva:

La delegación efectiva es la transferencia planificada de autoridad y responsabilidad a otros para que ejecuten el trabajo dentro de límites establecidos de común acuerdo.

No se debe confundir con una manera de transferir la mayor cantidad posible de tareas a otros, a fin de reducir la carga de trabajo personal. Esto es delegación por abdicación.

El proceso de delegación efectiva puede dividirse, sintéticamente, en las siguientes etapas:

- Seleccionar la tarea y la persona adecuada.
- Decidir si es necesario dividirla en partes manejables y cómo hacerlo.
- Planificar el proceso de planificación, autoridad necesaria, el control, etcétera.

- Discutir el tema con los que se harán cargo. Enfatizar los objetivos y los niveles de calidad exigidos.
- Proporcionar toda la información que sea necesaria y acceder a las necesidades de eventuales consultas que se presenten durante el trabajo.
- Motivar a las personas para que logren los resultados propuestos.

Se parte de la base de que se ha elegido a la persona o al grupo adecuado para poder delegar.

Automotivación y motivación del equipo de trabajo:

Ya consideramos este punto cuando nos referimos al liderazgo, pero haremos mención aquí de la importancia como técnica de gestión que tienen estos temas.

La motivación para desempeñarse bien y el nivel de la moral de una persona son dos factores que siempre están interconectados.

Cuando se tiene una alta motivación, se generan una serie de beneficios potenciales como: la calidad del servicio brindado es más alta; el esfuerzo por agradar es mayor; las actitudes hacia el trabajo y la empresa son positivas y constructivas; se hacen todos los esfuerzos por cumplir con los cronogramas; la puntualidad es mejor; la gente es proactiva y las enfermedades son menos frecuentes y más breves.

Para mejorar la motivación es importante conocer las causas probables de una baja moral. Estas causas pueden estar en el hogar o en el trabajo. Entre otras, pueden ser: inseguridad en el hogar o en el trabajo; problemas familiares o personales; nivel de ingresos insuficiente; diferencia de nivel de sueldo o de condiciones de trabajo en relación con otras personas de la misma organización; malas condiciones de trabajo; diferencias de trato entre personas.

Una vez conocidos estos factores antimotivantes, se debe prestar atención a aquellos que producirán una alta satisfacción laboral, como: mejorar el nivel salarial potencial a través de gratificaciones o participación en las utilidades; subsidios para ciertos gastos personales (compra de un auto); premio con algún viaje que incluya a la familia; una nueva tarea; reconocimiento del trabajo bien hecho ante terceros; autoridad, responsabilidad y autonomía.

Esto, en lo que respecta a la motivación de terceros, pero es prácticamente imposible motivar a otros si uno no está motivado, y para ello debemos aplicar algunos conceptos para mejorar y fomentar la automotivación. Puede parecer, en algunos aspectos, un ejercicio narcisista, pero permite lograr el propósito.

Algunos de ellos son los siguientes: incrementar la autoestima todas las mañanas pensando en que se es bueno en determinado campo y por eso se ocupa una posición de autoridad y responsabilidad; recordarse a uno mismo que los actos y comportamientos propios constituyen un ejemplo para las personas que lo rodean; fijarse objetivos de corto plazo y darse tiempo para reflexionar y elogiarse cuando las tareas se ejecutaron bien; concederse pequeñas recompensas por éxitos alcanzados, como un buen almuerzo o tomarse algo más de tiempo libre; vincular los motivadores personales con el desempeño laboral y las recompensas; enorgullecerse de los logros de los demás, especialmente si uno ha servido de vehículo para su desarrollo personal.

Marco objetivo y pautas:

Una buena gestión gerencial requiere una actitud mental objetiva. Los fines se logran más fácilmente estableciendo objetivos y pautas realistas. Ya vimos, y vale la pena recordarlo ahora, que un método para saber si los objetivos están bien formulados es usar la fórmula S.M.A.R.T. Establecer objetivos para una tarea es útil porque: concentra la mente en los aspectos importantes del trabajo; motiva a las personas para lograr los resultados pretendidos; proporciona satisfacción laboral cuando hay logros; evita que el que trabaja se vaya por la tangente o pierda tiempos y recursos; pone de manifiesto los beneficios de completar la tarea y anticipa cuáles serán los resultados.

Algunas de las cualidades que deberían estar implícitas en una buena formulación de objetivos y pautas son: ser precisa, clara y sin ambigüedades; definir el resultado final en forma clara y simple; ser razonablemente posible e incluir restricciones de tiempo.

A veces, un error común es fijar muchos objetivos sin prioridades y sin ayuda suficiente para desarrollar los correspondientes planes de acción. No confundir trabajo urgente con trabajo importante.

Buenas relaciones de equipo:

Este aspecto, que es sumamente importante y valioso, ya fue analizado con cierta extensión cuando nos referimos al liderazgo. Sólo plantearé una inquietud para meditar: pensemos en tres personas que trabajan con nosotros y preguntémosnos qué sabemos de ellos; cómo es su familia; cuáles son sus ambiciones, sus intereses; de qué club es partidario; qué hace los fines de semana, etcétera. Las respuestas a estos interrogantes nos pueden dar una idea de cómo son nuestras relaciones con el equipo con el que convivimos y tenemos intereses comunes de trabajo.

Desarrollar el trabajo en equipo es un arte que requiere no sólo habilidades por parte del ejecutivo, sino gran sensibilidad.

A un buen equipo de trabajo es posible pedirle y lograr mayor productividad (ya definimos qué es productividad). En Japón, la palabra “calidad” es sinónimo de “productividad”. Cuando ellos piensan en mejorar la calidad, implícitamente están pensando en mejorar la productividad, eliminando todo tipo de derroches o gastos inútiles de los distintos recursos.

Toma de decisiones y resolución de problemas:

La toma de decisiones y la resolución de problemas son dos de las áreas más difíciles en el trabajo profesional. La capacidad de tomar decisiones se puede enseñar y desarrollar.

Lo primero que tenemos que determinar, y que es preciso conocer, es la diferencia entre las decisiones directas, regulares y urgentes, y las decisiones más complejas, que requieren un análisis adecuado para llegar a buen puerto. Las decisiones del primer tipo pueden denominarse programables y en general pueden derivarse. Las más complejas requieren mayor cantidad de información y mucha discusión y análisis antes de ser tomadas. Aquí es donde se pone de manifiesto la habilidad de gestión del directivo.

El proceso decisorio generalmente consta de cinco etapas: a) definir los objetivos y propósitos que busca la decisión; b) reunir los hechos y la información necesarios; c) determinar los cursos de acción alternativos disponibles; d) considerar las ventajas y desventajas de cada variante y elegir la más apropiada; e) actuar para la implementación de la decisión adoptada como más conveniente. Siempre se deben controlar los efectos de la decisión tomada, y revisarla y corregirla si es necesario.

El método japonés para tomar decisiones parte de la base de una discusión a fondo, la difusión de la información y el acuerdo consensual. Luego, todos los involucrados son totalmente responsables.

Ayuda también recurrir al pensamiento lateral y al *brainstorming*.

Flexibilidad gerencial y aceptación del cambio:

Estamos en la era de los grandes cambios. Basta sólo con pensar en los tecnológicos.

Para afrontar estos cambios, el profesional debe ser flexible y resistente. Debe ser activo y no reactivo. Los mercados cambian y los gustos cambian. Por lo general, el temor a los efectos desconocidos del cambio es mucho peor que la experiencia real del cambio mismo.

La flexibilidad es una de las características de un gerente de éxito y algunos creen que es una cualidad inherente.

El pensamiento positivo resuelve muchos problemas y ayuda a crear una mejor calidad de vida.

La tenacidad también es importante para superar problemas y reveses. El director debe tener claro que es importante: insistir-persistir-resistir.

La suerte es importante, pero, como muy bien decía un deportista exitoso: era sorprendente cómo aumentaba su suerte cuando dedicaba mucho tiempo a entrenarse.

Existen algunas técnicas para superar cambios adversos: a) ocuparse con otras tareas en el trabajo o en la casa (“hay que tener por lo menos tres intereses importantes en la vida: si se pierde uno, siempre es posible concentrarse en los otros dos”); b) medir las reacciones antes de actuar: no pro-

meter nada en un momento de euforia y no herir a nadie en un momento de ira; tener presente los logros personales, los éxitos logrados; pensar en otras oportunidades de satisfacción laboral y realización personal.

Equipo de asesoramiento:

Generalmente, todo director o gerente necesita de asesores, los cuales pueden tener una influencia determinante. Ser asesor significa ser capaz de escuchar con comprensión y de dar un consejo sensato sobre determinados problemas.

Un profesional que sabe valerse de las técnicas del asesoramiento recibirá una serie de beneficios tales como: a) mejor delegación, ahorro de tiempo y mejores resultados; b) mejor desempeño y compromiso más responsable del equipo; c) mejores comunicaciones y relaciones interpersonales; d) aumento de la lealtad y el respeto del equipo y e) moral y motivación más altas.

Reuniones efectivas:

Las reuniones son una parte necesaria del trabajo profesional para intercambiar opiniones y analizar hechos, difundir información y tomar decisiones colectivas, e insumen un tiempo considerable. Las buenas reuniones son una oportunidad y un desafío para los asistentes, razón por la cual, si no se planifican y controlan adecuadamente, son frustrantes y hacen perder el tiempo. Las reuniones imprevistas son casi siempre una pérdida de tiempo.

Un procedimiento lógico de planificación de las reuniones es el siguiente:

- Definir los objetivos de la reunión y quiénes participarán en ella.
- Planear el mejor momento, el lugar adecuado y las comodidades que será necesario disponer (proyectores, refrigerio, papel para tomar notas, etcétera).
- Los asientos deben ser cómodos y el ambiente agradable. No permitir interrupciones telefónicas o personales.
- Preparar un temario y circularizarlo con debida anticipación. Es conveniente fijar cuál será la duración aproximada de la reunión. Una reunión que dura más de dos horas generalmente es improductiva, se pierde concentración.
- La anticipación con que se convocará la reunión debe prever tiempo suficiente para leer y eventualmente investigar los temas a tratar, pedir opiniones a otras personas o sugerir otros temas de interés.
- Es conveniente discutir los temas que pueden ser polémicos antes de la reunión, para recibir opiniones o profundizar la información necesaria.
- Estar preparado para eventuales conflictos de intereses y analizar pautas de argumentación y negociación.
- Se debe confeccionar un acta que todos los presentes tienen que leer y firmar.

El que preside la reunión debe poseer habilidades especiales, como capacidad para manejar conflictos; un carácter enérgico pero agradable y simpático; destreza para resumir una discusión sin tergiversarla. Debe asegurar el logro de los objetivos previstos dentro del tiempo estipulado. Debe alentar la participación de todos los convocados.

Es importante la puntualidad en el inicio de las reuniones, ya que es una muestra de respeto por todos los participantes, y el gerente, que es el presidente de la reunión, debe dar el ejemplo en este sentido.

Una reunión mal preparada puede ser desalentadora y frustrante. A los participantes se los debe controlar con firmeza pero con cortesía.

Es básico que las reuniones sirvan para tomar decisiones y cursos de acción, dejando establecido quién será el responsable y los plazos para la concreción.

Las personas de más éxito en las reuniones son las más tranquilas: están bien preparadas, controlan las discusiones, recuerdan claramente los objetivos, tienen argumentos para posibles contingencias.

Es de buena práctica, antes de levantar la reunión, hacer una síntesis de todo lo convenido punto por punto, para que todos estén de acuerdo.

Estilos gerenciales:

En algún momento de la carrera, los directores o gerentes deben saber qué estilo gerencial van a seguir o adoptar, para lo cual es conveniente conocer las características de los estilos tradicionales. Cada manual de Administración de Empresas o cada universidad que enseña estos temas tiene su propia concepción y lo defiende como el mejor.

Entre estos estilos, se pueden mencionar:

- La escuela clásica establece reglas y procedimientos normalizados para todas las actividades. La eficiencia es la característica distintiva en las prácticas operativas. Los gerentes toman las decisiones y fijan las normas, y los empleados las cumplen.
- La escuela científica adopta un enfoque científico para la resolución de problemas y la toma de decisiones, y se vale de modelos numéricos para optimizar todos los sistemas. Esta escuela cree que los problemas se resuelven con ecuaciones y computadoras.
- La escuela conductista considera que la psicología es lo más importante de la administración. Propone trabajar a la par de la gente y obtener los mejores resultados con la colaboración de los demás.

La realidad es que no existe un estereotipo universal del buen gerente. Como ya vimos, un buen gerente tiene que tener, además de una muy buena formación, una gran cantidad de atributos y habilidades personales, que se logran con capacitación y experiencia. La dirección integral consiste, y considero que resume muy bien lo que hemos tratado de desarrollar en este libro, en *saber - hacer - saber hacer*.

No sirve sólo saber o hacer; lo importante es saber hacer.

El estilo gerencial más eficaz no debe ser ni fuertemente autocrático ni demasiado permisivo. El director o gerente exitoso es el que conoce sus propios valores, las necesidades de su equipo, las exigencias de la situación y el tiempo disponible.

En otras palabras, en dirección, los interrogantes básicos son los mismos; lo que cambia son las respuestas.

La tensión gerencial:

La vida profesional está llena de hechos y situaciones que producen tensión. La experiencia nos ayuda a convivir con ella y en algunos casos hasta puede tener cierta influencia positiva.

Hay que estar atentos para que el estrés no llegue a ser particularmente intenso y debilitante. Por ello, es conveniente tener otros intereses en la vida además del trabajo, tales como: la familia, la fe, los *hobbies*, trabajos comunitarios, etcétera. Todas estas actividades nos ayudan a apartar la atención de las situaciones que nos provocan estrés negativo.

Las presiones generalmente provocan tensión cuando no es posible superar los problemas, y debemos aprender a poder convivir con estas situaciones. No nos compete ni estamos preparados para definir o establecer sintomatologías y diagnósticos médicos o psicológicos sobre lo que es el estrés. Es causa de bajo rendimiento laboral y puede provocar un deterioro serio en la calidad de vida. Según los expertos, una serie continuada de hechos tensionantes durante un periodo largo puede ser más perjudicial que un golpe más fuerte pero más breve.

Naturalmente, nuestro umbral para las reacciones ante la tensión depende de nuestra personalidad, de las experiencias vividas y de la capacidad personal. Las personas sensibles e introvertidas suelen sufrir este problema en forma más frecuente que las insensibles y extravertidas.

Para salvaguardarse de los efectos perjudiciales de la tensión, se necesita tener un enfoque integral. Tenemos que analizar como somos cómo jefes, como cónyuges, como amigos. Cultivar relaciones sanas en el trabajo y en el hogar es la mejor manera de reducir las tensiones. Las relaciones deben ser francas y amistosas. Se debe tratar de mantener un equilibrio adecuado entre el trabajo y la

vida familiar y de amistades. Por supuesto, hay que tener un buen estado físico, lo que no significa ser un atleta de competición.

Los principales requisitos para controlar razonablemente las tensiones son:

- Reconocer los síntomas del estrés y los hechos que probablemente lo desencadenan.
- Planificar y controlar las tareas personales para evitar crisis y presiones excesivas.
- Delegar regular y efectivamente.
- Aprender a decir no ante ciertos requerimientos que pueden ser negativos.
- Mantener autodisciplina en nuestros hábitos (comidas, sueño, bebidas, control de peso, etcétera).
- Cultivar el sentido del humor.
- Discutir los problemas y las frustraciones, tanto en el hogar como en el trabajo. Reprimirse no resuelve los problemas.
- Reconocer cuándo es necesario un cambio y considerarlo como un desafío positivo.
- Si el trabajo es causa de una tensión que no se puede controlar, se debe pensar en algún cambio. La salud está primero.

Dice un viejo proverbio chino: “Si un problema tiene solución, no es problema; si no tiene solución, no es problema”.

Mantenerse al día con los cambios técnicos:

Sobre este tema, que es obvio, haremos una rápida reflexión. Los cambios técnicos se producen a una velocidad exponencial asombrosa, haciendo impacto necesariamente en los profesionales.

Ya dijimos que cuanto más se asciende en la escala de dirección o gerencial, el profesional tiene más gente a su cargo y bajo su responsabilidad.

La vida profesional se ha vuelto más compleja y ya no podemos aspirar a conocer y dominar todas las técnicas, razón por la cual debemos tener un cierto equilibrio para detectar cuáles son aquellos avances fundamentales para nuestra gestión. Además, hay que tener en cuenta que, con el transcurso del tiempo, aprender es más difícil. Por todo ello, debemos hacer un esfuerzo inteligente, programado, para mantenernos lo más actualizados posible de aquellos cambios técnicos que consideramos básicos, vinculados con nuestra profesión y actividad. Hay algunos mecanismos que nos permiten lograr este grado de actualización:

- Seleccionar lo que se va a leer y tomar el hábito de hacerlo sistemáticamente. A veces, tratar de leer demasiado, en este sentido, sólo sirve para acumular material que finalmente no es leído. Por ello, es importante seleccionar el material técnico más apropiado. Escuchar a algunos colegas referentes sobre qué están leyendo es un medio para tamizar lo que se va a leer.
- Delegar la investigación bibliográfica y las tareas de actualización a personas del grupo de trabajo, en cada una de sus especialidades.
- Hacer un programa de capacitación y luego un balance de cómo ha sido su cumplimiento. Siempre hay que encontrar tiempo para ello.
- Estar en contacto con expertos en los temas que nos son inherentes o nos interesan y buscar oportunidades para tener reuniones para oírlos e intercambiar información.
- Participar de conferencias, congresos, cursos específicos, etcétera.

Por supuesto, se podrían enumerar muchos otros caminos para estar actualizados en nuestra formación. Cada uno tendrá sus propios métodos, pero lo que sí es indudable es que se debe considerar como una “obligación” más mantenerse actualizado sobre las herramientas que se necesitan para ser un directivo eficiente.

Por otro lado, se debe propiciar que todos los subordinados también tengan la posibilidad de hacer este aprendizaje. Para ello, se puede elaborar un plan de cursos dentro o fuera de la empresa,

para que, según las especialidades, los funcionarios y empleados puedan asistir. Esto tiene varias ventajas: además de tener un personal más calificado, que seguramente mejorará la competitividad de la empresa, logrará un mayor sentido de pertenencia a la organización. Es una de las formas quizás más efectivas de motivación, y desde el punto de vista costo-beneficio sumamente positivo. Si el director toma a su cargo periódicamente hacer charlas de transferencia de conocimientos y experiencias personales, todavía es mucho más relevante la interrelación.

6. COMENTARIOS FINALES

Hemos llegado al final de esta presentación, esperando haber satisfecho el propósito que habíamos planteado en la introducción. Esto es, no sólo hacer un libro que aclare o capacite sobre aspectos estrictamente técnicos, sino además complementarlo con los aspectos de manejo humano que son para esta profesión tanto o más importantes que saber hacer cumplir un Pliego de Especificaciones Técnicas en todos sus aspectos. Esto tiene un alcance que podría definir como filosófico. Si no se tiene claro que en nuestra gestión trabajamos generalmente para otros y con otros, con todo lo que implica manejar el arte de las relaciones humanas, podemos fracasar estrepitosamente en nuestro cometido. Y si se tiene en cuenta que tenemos la obligación de velar por el uso eficiente y productivo de todos los recursos que se nos confían para administrar y controlar, los conflictos sin resolver pueden ser cuantitativa y cualitativamente muy relevantes.

Sería una verdadera satisfacción personal que algunos –si fueran todos, mejor– de los conceptos aquí plasmados fueran de verdadera utilidad para los profesionales de la construcción que tienen a su cargo obras, tanto en forma personal como pertenecientes a empresas. Se ha hecho notar, y lo reitero, que para cada uno de los temas afrontados, existe abundante bibliografía específica que seguramente permite profundizar y explorar con mayor alcance lo que aquí se presenta, pero lo que se ha perseguido es despertar inquietudes en el sentido de que un profesional que quiere ser exitoso (cumplir con lo que piden sus mandantes) debería tener una visión integradora de aquellos aspectos que, además de ser técnicos, implican una relación más amigable, exenta de conflictos, en todo el ámbito en que actúa. Esto, seguramente, le producirá una mayor satisfacción personal y profesional, y en definitiva, será un incremento en su *back-ground*.

7. BIBLIOGRAFÍA

- BATLEY, Tom: *Técnicas de Gestión para profesionales*, Buenos Aires, Ediciones Granica, 1992.
- BOUWCENTRUM INTERNATIONAL EDUCATION: "Planning applied to building", 10th International Course on Housing, Planning and Building, Rotterdam.
- BROUGHTON, H. F. y PIPPARD, N. S.: *Programming of Traditional House Building*, London, The Builder, 1955.
- CIVITELLO, Andrew M. Jr.: *Construction Manager*, EE.UU., Mc Graw Hill, 1997.
- CODE OF PRACTICE FOR PROJECT MANAGEMENT FOR CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT: *The Chartered Institute of Building*, 2^{da} ed., Great Britain, Longman, 1996.
- COHEN, William A.: *El Arte de ser líder*, Buenos Aires, Editorial Atlántida S.A., 1990.
- CHIRWING, Enrique W.: *Programación rítmica*, Santiago de Chile, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería, 1968.
- DE LA TORRE, Hugo O.: "Comunicaciones Eficaces", *Separata Mercado*, Cuaderno N° 7, Buenos Aires, marzo 1996.
- ELLIS, Ralph D. Jr.: *Project Cost Control Systems that Really Work - The Handbook of Project Management*, New York, AMA, 1993.
- FIRVIDA, Eduardo: *Muestreo del trabajo en la construcción*, Argentina, Bouwcentrum Argentina, 1969.
- GARCÍA RUIZ, Gonzalo: *Organización de obras*, Barcelona, Ediciones CEAC, 1966.
- HARRIS, Frank y Mc CAFFER, Ronald: *Modern Construction Management*, 4^{ta} ed., Londres, Blackwell Science Ltd., 1995.
- HOLLINS, R. J.: *Production and Planning Applied to Building*, London, 1966.
- LAMBERT, Lee R.: *Cost/Schedule Control System Criteria - An integrated Project Management Approach using earned Value Techniques*, New York, AMA, 1993.
- LOCK, Dennis: *Gestión de proyectos*, Madrid, Paraninfo, 1990.
- MEREDITH, Jack R. y MANTEL, Samuel J. Jr.: *Project Management - A Managerial Approach*, 4^{ta} ed., New York, John Wiley & Sons, 2000.
- MORDECAI HARELI: "Programación de Obras Repetitivas – Ciclogramas", Seminario Bouwcentrum Argentina, 1972.
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO: *Introducción al Estudio del Trabajo*, Ginebra, 1962.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI): *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*, 2004.
- RATIOBOUW: *Efficient House Building*, Rotterdam, 1962.
- : *Planning Seriebouw*, Rotterdam, 1966.
- ROUSSEAU, J. y CAVILL, R. W.: *Work Study in the Building Industry*, London, The Royal Institution of Chartered Surveyors, 1958.
- SALLENAVE, Jean-Paul: *La gerencia integral*, Bogotá, Editorial Norma, 1994.
- SANSOM, R. C.: *Organization of Building Sites*, London, National Building Studies, Her Majesty Stationery Office, 1959.

- STIRES, David M. y MURPHY, Maurice M.: *PERT/CPM*, Boston, Materials Management Institute, 1964.
- TAYLOR, Henry: *Construction Project Management*, New York, Delmar Publishers, 1995.
- THE NATIONAL BUILDING AGENCY: *Programming House Building by Line of Balance*, Arundel Street, London WC2, NBA House.
- TURNER, G. y ELLIOT, K.: *Project Planning and Control in the Construction Industry*, London, Casell, 1964.
- VAN ETTINGER, J.: *Towards a Habitable World*, Rotterdam, Bouwcentrum, Elsevier Publishing Co., 1960.
- VAN ETTINGER, J. y SITTIG, J.: *More through quality*, Rotterdam, Bouwcentrum, International Quality Centre, 1965.
- : *Quality Control and Standardization as conditions of Industrial Growth*, Rotterdam, International Symposium on Industrial Development.
- VAN NIEUWKERK, W. J.: *Industrialization of house-building in the Netherlands*, Rotterdam, Bouwcentrum, 1965.