



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

APLICABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RETRASOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN NACIONALES

Diana Marroquín Liu

Piura, 20 de Enero de 2010

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA



“Aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos en los proyectos de construcción nacionales”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Diana Edith Marroquin Liu

Piura, enero de 2010

Dedicatoria

A mis familiares, en especial a mis padres y Martín, quienes me apoyaron en todo momento para cumplir mis objetivos.

Bach. Diana Marroquin Liu

Prólogo

Las obras de construcción son propensas a no culminar sus trabajos de acuerdo al plazo contractual; siendo las causas más comunes los retrasos que afectan los cronogramas de obra ocasionados por el contratista, la entidad contratante, o algún hecho fortuito (Youngjae, Kyungrai, & Dongwoo, 2005). La mayoría de estos retrasos son difíciles de clasificar y de establecer sus efectos en el cronograma.

El análisis de retrasos es una herramienta útil que permite medir y cuantificar los retrasos, identificando las actividades afectadas por los mismos dentro del cronograma y determinando su impacto o no en el plazo contractual (Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007), de manera que sirve como soporte técnico en la determinación de una ampliación de plazo, pago de mora por incumplimiento, o en última instancia la resolución del contrato.

Existen varios métodos de análisis de retrasos en la literatura internacional de construcción que se consideran profesionalmente aceptables para la determinación del efecto de los retrasos en el cronograma de obra durante la ejecución del proyecto de construcción. Algunos de los métodos serán más prácticos y efectivos de realizar que otros dependiendo del tiempo disponible para el análisis y los requerimientos necesarios, como información y documentación, que se dispongan de la obra para su aplicación (Schumacher, 1995).

En el Perú, para el caso de obras públicas nacionales se tiene que en el Reglamento de Contrataciones del Estado, artículo 175° (ver Anexo A), existe una disposición referida a las ampliaciones de plazos donde menciona que éstas procederán sólo si se sustenta que las causas de las mismas no son imputables al contratista, son ocasionadas por la entidad o son ocurrencias de fuerza mayor, estableciéndose un procedimiento administrativo para la solicitud y resolución. Sin embargo, no se tiene registro o conocimiento de la utilización de alguna metodología de análisis que permita determinar los efectos de los retrasos en el cronograma de obra y el efecto de los mismos en el plazo contractual como sustento técnico en la gestión de ampliaciones de plazo de obras de construcción tanto públicas como privadas.

De acuerdo a un estudio de los proyectos de construcción municipales, solo en la ciudad de Piura tenemos que "...el 75% de los proyectos analizados presentan entre 0 a 60 días adicionales o incrementos del plazo del 50% para el caso de los proyectos por administración directa y 40% en el caso de los proyectos realizados por contrata... El 78% de las obras por contrata incrementaron sus plazos (25% de desarrollo urbano, 20% de edificación, 18% hidráulicas y 14% viales); así como, el 78% de las obras por

administración directa incrementaron sus plazos (25% de desarrollo urbano, 11% de edificación, 13% hidráulicos y 29% viales) en los últimos años... En este estudio se comprueba que el problema administrativo presenta un porcentaje importante en las variaciones de plazo en un 45%” (Cáceres, 2005).

Además tenemos que el sector construcción a nivel nacional representó más del 30% de casos de arbitraje en el país en el 2008, según informó la Cámara de Comercio de Lima. Se trata de empresas constructoras que tienen controversias con el Estado por diversos aspectos relacionados con los contratos suscritos para el desarrollo de obras viales. La mayoría de las controversias están referidas a ampliaciones de plazos y adicionales de obras (El Comercio, 2008).

Por lo tanto, debido a la problemática que existe respecto a las ampliaciones de plazo en el obras de construcción del país y siendo que los métodos de análisis de retrasos utilizados a nivel internacional sirven para determinar los efectos de los retrasos en el plazo contractual, es útil conocer la aplicabilidad de estos métodos en los proyectos de construcción nacionales como herramienta para la gestión de ampliaciones de plazo.

Aprovecho la oportunidad para agradecer a los ingenieros que me brindaron parte de su tiempo para realizar la encuesta; y sobre todo al ingeniero Gerardo Chang por su denodada dedicación, acertadas sugerencias, motivación constante y confianza transmitida, que fueron claves para obtener el resultado final.

Resumen

El presente trabajo constituye una investigación exploratoria con la finalidad de conocer la aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos más utilizados a nivel internacional para la gestión de ampliaciones de plazo en obras de construcción nacionales.

Esta investigación se divide en tres etapas. La primera etapa es la investigación teórica para introducirnos en los conocimientos relevantes sobre análisis de retrasos. La segunda etapa es la investigación de campo, donde se obtendrá información de la realidad de las obras de construcción nacionales referidos al tema de retrasos. Y por último, en la etapa de análisis de resultados se contrastará la información encontrada en las etapas anteriores.

Como conclusión general, los métodos de análisis de retrasos podrían aplicarse en los proyectos de construcción nacionales. El análisis de los requerimientos para la aplicación de los mismos y su contraste con la realidad peruana así lo demostraría. Sin embargo, la aplicación de estos métodos no es suficiente para determinar las causas de los retrasos ni asignar las responsabilidades de los mismos.

Índice General

Dedicatoria	iii
Prólogo	v
Resumen	vii
Índice General	ix
Lista de Tablas.....	xii
Lista de Figuras	xiii
Introducción.....	1
Capítulo 1. Los retrasos en construcción.....	3
1.1 Definiciones sobre los retrasos en construcción	3
1.2 Causas de los retrasos en construcción	4
1.2.1 Causas típicas de retrasos ocasionados por el dueño.....	6
1.2.2 Causas típicas de retrasos ocasionados por el contratista.....	6
1.3 Clasificación de los retrasos en construcción	7
1.3.1 Clasificación de retrasos por la asignación de responsabilidades	7
1.3.2 Clasificación de retrasos por su origen.....	8
1.3.3 Clasificación de retrasos por el trabajo a realizar.....	9
1.4 Métodos para el análisis de retrasos en construcción.....	12
1.4.1 Taxonomía de los métodos de análisis de retrasos	14
1.4.2 Método As-planned vs. As-built.....	20
1.4.3 Método Impact As-planned	21
1.4.4 Método Collapse As-built.....	24
1.4.5 Método Time Impact Analysis [TIA].....	26
1.4.6 Método Window Analysis	28
1.4.7 Método Contemporaneous Period Analysis [CPA].....	32
1.4.8 Validación de recursos para la aplicación de los métodos.	33
Capítulo 2. La administración de los proyectos de construcción	37

2.1	La administración contractual en construcción	37
2.1.1	Los contratos en construcción	38
2.1.2	Tipos de contratos en construcción	42
2.1.3	Los participantes en el contrato de una obra de construcción.....	43
2.2	Planeamiento y cronograma de obra.....	45
2.3	Control de la obra y la importancia del tiempo.	48
	Capítulo 3. Metodología de investigación.....	53
3.1	Conceptos sobre la investigación.....	53
3.2	Proceso de investigación.....	53
3.2.1	Concepción de la idea a investigar	54
3.2.2	Planteamiento del problema	54
3.2.3	Literatura existente	55
3.2.4	Inmersión inicial en el campo	55
3.2.5	Concepción del diseño del estudio	55
3.2.6	Muestreo cualitativo	57
3.2.7	Recolección de datos cualitativos	58
3.2.8	Análisis e interpretación de datos.....	60
3.2.9	Preparación del informe	60
	Capítulo 4. Resultados y análisis de la investigación.....	61
4.1	Requerimientos para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos.....	61
4.1.1	Requerimientos de información	61
4.1.2	Requerimientos de conocimiento y habilidades del analista.....	64
4.2	Resultados del trabajo de campo	64
4.2.1	Respecto a la fase contractual y de planificación.....	64
4.2.2	Respecto a la fase de control de obra	66
4.2.3	Respecto al análisis de retrasos	67
4.3	Análisis de los resultados.....	68
	Conclusiones y Recomendaciones	71
	Bibliografía.....	74
	Anexo A. Artículos de La Ley y Reglamento de Contrataciones del Estado Concordado (Aprobado mediante D.L. N°1017).....	A-1
	Anexo B. Segmento de las normas de control interno para el área de obras públicas.	B-1
	Anexo C. Características del enfoque cualitativo del proceso general de la investigación científica	C-1

Anexo D. Cuestionario muestra elaborado para las entrevistas	D-1
Anexo E. Entrevista a Ingeniero Experto de Entidad Privada.....	E-1
Anexo F. Entrevista a Ingeniero Experto del Sector de Construcción	F-1
Anexo G. Entrevista a Ingeniero de Entidad Paraestatal.....	G-1
Anexo H. Entrevista a Ingeniero Experto del Sector de Construcción	H-1
Anexo I. Entrevista a Ingeniero Experto de Empresa de Construcción	I-1
Anexo J. Entrevista a Encargado de Proyectos de Entidad Estatal	J-1

Lista de Tablas

Tabla 1.1. <i>Clasificación de Algunas Relaciones Fuente-Causas de los Retrasos en Construcción</i>	5
Tabla 1.2 <i>Descripción de la Clasificación de Retrasos por Trabajos a Realizar</i>	11
Tabla 1.3. <i>Nomenclatura de la Taxonomía de los Métodos de Análisis</i>	16
Tabla 2.1. <i>Obligaciones y Derechos del Propietario y del Contratista</i>	44
Tabla 3.1 <i>Formulación de Hipótesis en Estudios Cuantitativos con Diferentes Alcances</i>	56
Tabla 3.2 <i>Correspondencia entre el Tipo y el Diseño de Investigación</i>	57
Tabla 4.1 <i>Requerimientos para la Aplicación de los Métodos de Análisis de Retrasos</i>	63
Tabla 4.2 <i>Cuadro de los Resultados Obtenidos en el Análisis</i>	68

Lista de Figuras

<i>Figura 1.1.</i> Esquema de algunas relaciones causa-efecto de los retrasos en construcción. . .	5
<i>Figura 1.2.</i> Clasificación de retrasos por trabajo a realizar.....	10
<i>Figura 1.3.</i> Taxonomía de los métodos de análisis de retrasos según la práctica recomendada por AACE International.	15
<i>Figura 1.4.</i> Ejemplo de aplicación del método de comparación <i>As-planned vs. As-built</i> ...	21
<i>Figura 1.5.</i> Ejemplo de aplicación del método <i>Impact As-planned</i>	22
<i>Figura 1.6.</i> Diagrama de flujo del método “ <i>What-if</i> ”	23
<i>Figura 1.7.</i> Diagrama de flujo del método “ <i>As-planned technique unit of measure</i> ”	24
<i>Figura 1.8.</i> Ejemplo de aplicación del método <i>Collapse As-built</i>	25
<i>Figura 1.9.</i> Diagrama de flujo del método <i>Collapse As-built</i>	26
<i>Figura 1.10.</i> Ejemplo de aplicación del método <i>Time Impact Analysis [TIA]</i>	27
<i>Figura 1.11.</i> Diagrama de flujo del método <i>Time Impact Analysis [TIA]</i>	28
<i>Figura 1.12.</i> Ejemplo aplicativo del método <i>Window Analysis</i>	29
<i>Figura 1.13.</i> Diagrama de flujo del Método <i>Window Snapshot Analysis</i>	30
<i>Figura 1.14.</i> Diagrama de flujo del método <i>Isolate Delay Technique [IDT]</i>	31
<i>Figura 1.15.</i> Diagrama de flujo del método <i>Contemporaneous Period Analysis [CPA]</i>	32
<i>Figura 3.1.</i> Etapas del proceso de investigación con enfoque cuantitativo	54
<i>Figura 3.2.</i> Mecanismos para recopilación de datos	58
<i>Figura 3.3.</i> Procedimiento para elaborar un cuestionario.	59

Introducción

A nivel internacional, investigadores como Stumpf (2000), Arditi & Robinson (1995), Alkass, Mazerolle & Harris (1996), entre otros, han realizado estudios sobre el análisis de retrasos y los métodos empleados, presentando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, así como comparaciones metodológicas entre estos métodos. Algunos otros como Bordoli & Baldwin (1998), y Youngjae, Kyungrai & Dongwoo (2005) han postulado nuevos métodos de análisis de retrasos que tratan de mejorar las desventajas de los métodos más utilizados en la industria de la construcción internacional. De éstos últimos, sin embargo, no se cuentan con registros que indiquen su aplicación usual en la industria de la construcción.

Adicionalmente, se han realizado investigaciones sobre la documentación en construcción para la determinación de las causas de retrasos. Así podemos mencionar el trabajo de Elnagar y Yates (1997) que realizaron un estudio para determinar los tipos de documentación usados para determinar las causas de los retrasos en proyectos. Además exploraron la relación entre los indicadores de retrasos y las causas técnicas de retrasos para proveer una guía en la documentación usada en la determinación de retrasos. Específicamente examinaron tres áreas basadas en datos de proyectos actuales: sector de negocio, indicadores de retrasos y causas técnicas de retrasos. Los datos recolectados provinieron de entrevistar a 115 ingenieros de la industria de la construcción. Los datos fueron analizados en cada área independiente sin incluir los efectos de las otras áreas. De los resultados obtenidos determinaron que la actualización de cronograma *schedule update*” y el reporte diario de construcción *daily construction report*” fueron los documentos que más importantes como indicadores de retrasos en los proyectos de construcción.

Debido a que no se tiene registrado estudios previos sobre el tema a nivel nacional, se realizará una investigación exploratoria, de manera que los resultados obtenidos constituirán un nivel básico de conocimiento para una futura investigación descriptiva del mismo.

Asimismo, se ha establecido como objetivo general para nuestro estudio determinar la aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos más utilizados a nivel internacional como sustento técnico para la gestión de ampliaciones de plazo en las obras de construcción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a. Identificar los métodos de análisis de retrasos más utilizados a nivel internacional.

- b. Identificar las habilidades técnicas, herramientas de información y documentación que se deben manejar durante la ejecución de una obra de construcción y se requieran para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos más utilizados a nivel internacional.
- c. Exponer las habilidades técnicas, herramientas de información y documentación que cuentan las obras de construcción nacionales.
- d. Exponer algunas prácticas a nivel nacional de análisis de retrasos en obras de construcción desde los puntos de vista del contratista y entidad contratante.
- e. Contrastar los requerimientos necesarios para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos en relación con las habilidades técnicas, herramientas de información y documentación que cuentan las obras de construcción nacionales durante su ejecución.

Cabe aclarar que el alcance de la investigación se enfoca en determinar algunos lineamientos para el análisis de retrasos en construcción, por lo que sólo se considerarán a todas las obras de construcción públicas y aquellas obras de construcción privadas en las que se establezca un contrato de obra. Además, el estudio no intenta realizar un análisis específico para la determinación de las causas de retrasos en obra, determinar la relevancia o importancia del uso de los métodos de análisis de retrasos, ni establecer preferencias por la aplicación de algún método de retrasos en especial, ya que corresponderá a una investigación posterior y profunda la determinación de los mismos.

Capítulo 1.

Los retrasos en construcción

Este capítulo está enfocado en reunir conceptos básicos sobre los retrasos en construcción y las clasificaciones de los mismos, además de mostrar los diferentes métodos de análisis que se han utilizado en la práctica internacional para determinar su impacto en el plazo contractual del proyecto.

1.1 Definiciones sobre los retrasos en construcción

En la literatura internacional sobre la industria de la construcción no se tiene un consenso sobre la definición de los retrasos en construcción, existiendo ambigüedades al respecto (Peters, 2003).

Stumpf (2000) en un artículo técnico relacionado al análisis de retrasos define el retraso como un acto o evento que origina una extensión de tiempo requerido para la terminación de una obra bajo contrato. Estos retrasos se reflejan en el cronograma como días adicionales de trabajo o inicio tardío de alguna actividad, y pueden o no ocasionar cambios en el alcance del contrato.

Elnagar y Yates (1997) mencionan que una de las definiciones más completas sobre retrasos es la dada por el *System of Model Specifications*¹ (FORMSPEC) que dice:

“Los retrasos son actos o eventos que posponen, extienden o de alguna manera alteran el cronograma, parte de un trabajo o todo el trabajo. Los retrasos incluyen aplazamiento, paralización, desaceleración, interrupción, disminución de rendimiento, y todo lo relacionado con reprogramación, interferencias, ineficiencias y pérdida de productividad y producción. Los retrasos pueden ser el resultado de trabajos adicionales, o trabajos suspendidos, retrasos causados por el contratista o de cualquiera otra causa bajo condiciones generales”.

Igualmente, según las definiciones presentadas en el MICHSPEC (Department of Management and Budget, 1997) los retrasos se definen de la siguiente manera:

¹ El FORMSPEC *System of Model Specifications* ha sido desarrollado en los Estados Unidos por el *Project Management Associates*.

“Cualquier acto, omisión u otro evento que, de manera adversa, afecta o altera el cronograma, el progreso o la culminación de todo o parte del trabajo. Retraso es un término genérico que intenta incluir aplazamiento, paralización, desaceleración, interrupción, disminución de rendimiento, y todo lo relacionado con reprogramación, interferencias, ineficiencias y pérdida de productividad y producción”.

Mientras que el AACE International (2007) menciona que el retraso simplemente representa un estado de extensión en la duración de una actividad, o un estado de prevención de una actividad sobre su inicio o término respecto a su predecesor.

Cabe aclarar adicionalmente que existe una diferencia entre el concepto de retrasos y el concepto de suspensión de trabajo. La suspensión de trabajo proviene de una orden directa del dueño del proyecto para detener el progreso total o parcial de algún trabajo; cuando esto sucede, el trabajo del proyecto entero o una parte de él se paraliza hasta que el dueño levante la suspensión. En cambio, el retraso no está sujeto a una orden directa de paralización por parte del dueño del proyecto por lo que la determinación de sus causas pueden involucrar muchos aspectos que deben ser analizados (Bartholomew, 2002).

Sin embargo, sea cual fuere su definición, la importancia de los retrasos recae en las causas que lo originan y los efectos que ocasiona en el cronograma de obra.

1.2 Causas de los retrasos en construcción

La realización de un proyecto de construcción consiste en la ejecución de un grupo de actividades que se relacionan entre sí. Una actividad estará retrasada si no se inicia en el tiempo estimado o por la extensión de tiempo de la misma, la cual es ocasionada por diversas causas y puede o no afectar otras actividades o el proyecto entero (Jingsheg, Cheung, & Arditi, 2001). Esquemáticamente se puede mostrar las relaciones causa-efecto de los retrasos en construcción, tal como se muestra en la Figura 1.1.

Por lo general, podemos mencionar que la mayoría de las causas de retrasos en construcción recaen en aproximadamente 10 clasificaciones con las numerosas variaciones posibles dentro de cada categoría (Fisk & Reynolds, 2006).

1. Retrasos ocasionados por el dueño
2. Ordenes de cambios por el dueño
3. Cambios constructivos
4. Diferencias en las condiciones de campo
5. Condiciones atmosféricas desfavorables
6. Aceleración de trabajo (pérdida de productividad)
7. Suspensión del trabajo
8. Error al cotizar los precios de materiales y equipos
9. Errores en el expediente técnico
10. Problemas misceláneos

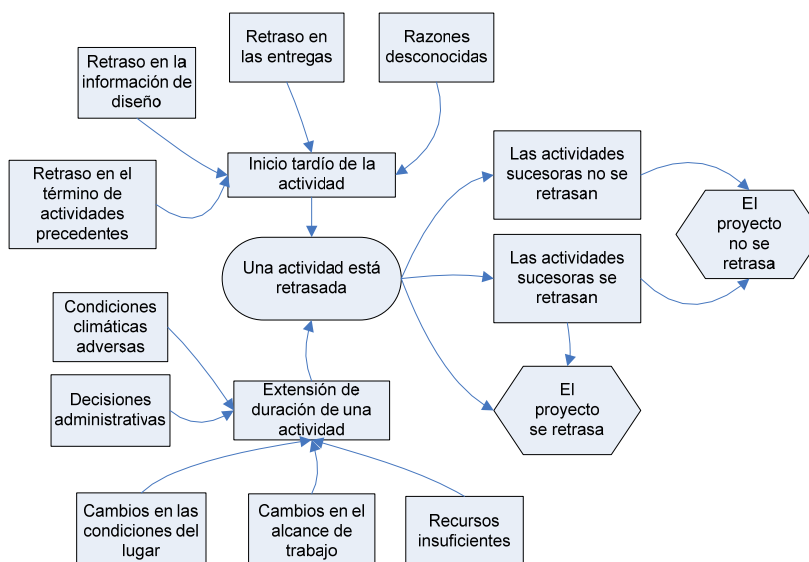


Figura 1.1. Esquema de algunas relaciones causa-efecto de los retrasos en construcción.

Fuente: De Artículo "Construction Delay Computation Method" Elaborado por Jonathan Jingsheng Shi, S. O. Cheung y David Arditi. *Journal of Construction Engineering and Management*. Enero-Febrero 2001. Página 61.

Las causas de retrasos pueden ser clasificadas por su fuente según puede apreciarse en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1.

Clasificación de Algunas Relaciones Fuente-Causas de los Retrasos en Construcción.

Fuente	Causa
Dueño	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carencia de experiencia. 2. Retrasos en la entrega de autorizaciones. 3. Retrasos en las aprobaciones de trabajo. 4. Fallas en obtener permisos. 5. Datos irrelevantes en el documento.
Documentos del Contrato	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cláusulas inadecuadas del cronograma. 2. Interdependencia de trabajos con el dueño o supervisor. 3. Incoherencia en los planos 4. Falta de responsabilidad en los permisos 5. Establecimiento de fechas y cláusulas de interfase. 6. Coordinación inadecuada.
Supervisor de obra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poca experiencia en el uso de cronogramas para control de obra 2. Recopilación de datos inadecuada 3. Inadecuado control y monitoreo de cronograma y presupuesto. 4. Coordinación in situ 5. Reuniones de trabajo
Contratista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inconformidad con las especificaciones 2. Cronogramas no actualizados 3. Poca coordinación y cooperación con el supervisor. 4. Fallas durante la ejecución 5. Fallas en las solicitudes de permisos

Fuente: De "Construction Project Administration". Elaborado por Edward R. Fisk y Wayne D. Reynolds. Prentice Hall 2006. Página 534.

Muchas de las disputas acerca del impacto en la duración de los proyectos de construcción se enfocan en determinar primero las causas del retraso antes de determinar al responsable por cada retraso en específico (Schumacher, 1995). La determinación de los retrasos es importante tanto para el dueño así como para el contratista debido a que brinda la justificación para una ampliación de plazo, cobro de mora por incumplimiento de contrato, o resolución del contrato. Adicionalmente, los retrasos traen como consecuencia, además de una extensión de tiempo en el trabajo que puede o no afectar el plazo total del proyecto, un incremento en el costo del proyecto en el que incurren tanto el dueño del proyecto como el contratista.

1.2.1 *Causas típicas de retrasos ocasionados por el dueño.*

Podemos mencionar que los retrasos típicos ocasionados por el dueño del proyecto son por las siguientes causas (Fisk & Reynolds, 2006):

- a. Aprobación tardía de los planos de ejecución y las muestras.
- b. Aprobación tardía en las pruebas de laboratorio.
- c. Demoras en responder al contratista sobre inquietudes en el campo de trabajo.
- d. Cambios en el método de trabajo del contratista.
- e. Variaciones en las cantidades estimadas.
- f. Interferencia con el contratista durante la construcción.
- g. Cambios en el cronograma por el dueño.
- h. Cambio de diseño.
- i. Cambios en el nivel de inspección.
- j. Fallas en proveer acceso al sitio de trabajo.
- k. Falta de requerimiento de vías de acceso.
- l. Interferencias con otros contratistas del dueño.

1.2.2 *Causas típicas de retrasos ocasionados por el contratista.*

Igualmente, los retrasos típicos ocasionados por los contratistas resultan de las siguientes causas (Fisk & Reynolds, 2006):

- a. Entrega tardía de los planos de ejecución.
- b. Adquisiciones tardías de materiales y equipos.
- c. Personal insuficiente.
- d. Personal no calificado.
- e. Inadecuada coordinación con sub-contratistas u otros contratos.
- f. Retrasos del contratista.
- g. Respuesta tardía a consultas del dueño o arquitecto/diseñador.
- h. Construcción no conforme a los requerimientos del contrato, rehaciendo los trabajos que sean necesarios.

1.3 Clasificación de los retrasos en construcción

Todas las construcciones están sujetas a incertidumbres como el clima, las condiciones del suelo, disponibilidad de trabajo, material, equipo, etc. Estas incertidumbres tienen una naturaleza variada y ocasionan en muchos casos retrasos en el cronograma.

Los retrasos en el cronograma dan como consecuencia un incremento de costos tanto para el dueño como para el contratista. Para los contratistas, este incremento de costos se refleja en extensiones de horas laborables o de materiales y equipo, mayores gastos generales; es decir, en una ineficiencia de los costos. Igualmente para el dueño, este costo se interpreta como pérdida de rentabilidad, mayores gastos generales, cambio en el costo de oportunidad.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha sugieren que los costos ocasionados por los retrasos en el cronograma son altamente significantes, por lo que ambas partes del contrato deben estar muy interesadas en tratar de minimizar sus efectos, ya que la acción de mitigar el retraso con una aceleración del cronograma incurre a mayores costos en el presupuesto.

Es por eso que la clasificación de los retrasos puede determinarse de varios tipos. En la literatura encontrada sobre clasificación de retrasos, tenemos tres tipos de clasificación: por su origen, por asignación de responsabilidad, y por trabajos a realizar; los cuales no son excluyentes entre sí, es decir que un retraso puede estar dentro de las tres clasificaciones con denominación distinta.

1.3.1 *Clasificación de retrasos por la asignación de responsabilidades*

La siguiente clasificación de retrasos está dada por la asignación de responsabilidades, de los cuales podemos mencionar los siguientes: los retrasos inexcusables, los retrasos excusables, los retrasos compensables y los retrasos no compensables (Stumpf, 2000).

Retrasos Inexcusables o no excusables.- Este tipo de retrasos están bajo el control del contratista, o cualquiera que trabaje para ellos. Ejemplos de retrasos inexcusables son los retrasos en la movilización de equipo, rendimiento ineficiente de la cuadrilla de trabajo. Estos retrasos no solamente son no compensables, sino que pueden ser justificación suficiente para que el dueño pueda demandarlos y exigir alguna compensación por daños.

Retrasos Excusables.- Son aquellos retrasos que no son causados por el contratista, por lo que no están bajo el control del mismo y, por lo tanto, pueden ser justificación para la solicitud de una ampliación de plazo. Los retrasos excusables pueden afectar actividades no críticas. Si se determina que un retraso es excusable deberá determinarse si éste es compensable o no compensable.

Retrasos Compensables.- Los retrasos se consideran compensables cuando las causas de su ocurrencia son imputables al dueño, es decir está bajo el control del

dueño, sus agentes o empleados incluyendo a los supervisores de la obra. Estos retrasos se caracterizan porque son consecuencia de actos del dueño dentro de su responsabilidad contractual. Por tanto, el dueño debe aprobar la solicitud de ampliación de plazo y reembolsar los costos adicionales ocasionados por este retraso.

Retrasos No Compensables.- Este tipo de retraso se da cuando, de forma contraria a los retrasos compensables, esta fuera del control del contratista y del dueño, y por tanto este último está obligado a aprobar una ampliación de plazo, pero sin reembolsar los costos adicionales ya que en este caso ambas partes están afectadas sin culpa.

1.3.2 Clasificación de retrasos por su origen

De acuerdo a la clasificación de retraso por su origen tenemos retrasos independientes, retrasos en serie y retrasos concurrentes (Stumpf, 2000).

Retrasos Independientes.- Son aquellos retrasos que ocurren solos y no de un retraso anterior. El efecto de un retraso independiente puede ser calculado en el plazo contractual. Adicionalmente, un retraso independiente puede originar un retraso en serie.

Retrasos en Serie.- Son una secuencia de retrasos consecutivos no traslapados en una secuencia particular de actividades. Por ejemplo, en una secuencia de tres actividades consecutivas iniciadas por la actividad A seguida por la actividad B y finalmente la actividad C, un retraso ocasionado por el dueño en la actividad A seguido por un retraso ocasionado por el contratista en la actividad B puede resultar en un retraso en serie en donde la extensión de tiempo en la duración total del proyecto es igual a la suma de ambos retrasos. En el caso de retrasos en serie, los retrasos individuales no entran en conflicto y es fácil determinar el retraso general del proyecto (Arditi & Robinson, 1995).

Retrasos Concurrentes.- Son aquellos retrasos que envuelven más de dos eventos que pueden ocasionar retrasos en el cronograma, uno de ellos dado por el contratista y el otro por el dueño del proyecto. Si tomamos ambos eventos de manera independiente, cualquiera de los dos puede causar cambios en el plazo contractual, pero si cualquiera de ellos no ocurriera, el cronograma se vería afectado por el otro evento. En otras palabras, son retrasos no relacionados que concurren de manera paralela en la ruta crítica (Baram, 2000). Generalmente se menciona que, en la mayoría de las disputas que existen entre las partes por retrasos concurrentes, éstas se resuelven compartiendo las responsabilidades a menos que algún árbitro determine la responsabilidad de la misma. Dentro de esta clasificación también se presentan algunos corolarios mencionados a continuación:

1. Dos eventos de retraso no relacionados que ocurren al mismo tiempo son concurrentes sólo si los dos aparecen paralelamente afectando la ruta crítica.
2. Un retraso en alguna actividad de la ruta crítica no es concurrente con otro retraso de alguna actividad no crítica, a pesar que sucedan al mismo tiempo.

3. Los retrasos en las actividades no críticas pueden ser concurrentes si la duración de éstos excede su holgura o tiempo flotante.

Cabe mencionar que la recuperación de daños y perjuicios ocasionados por los retrasos concurrentes depende en gran medida de la situación. El analista debe examinar los hechos de cada caso detenidamente. La norma general es que los retrasos concurrentes se manejen como retrasos no compensables, donde el beneficio de determinadas excusas elimina cualquier beneficio potencial de indemnización. El resultado neto es un retraso excusable sin indemnización de los daños por parte del contratista. Sin embargo existen excepciones a esta regla de “no perjuicio, no culpabilidad”:

- a. Un retraso concurrente inexcusable con un retraso excusable generalmente se convierte en un retraso excusable.
- b. Un retraso concurrente excusable con suspensión del trabajo se convierte en retraso excusable.
- c. Un retraso excusable concurrente con retrasos que tengan base en cambios o diferencias en el campo, pueden tomarse como compensable.

1.3.3 Clasificación de retrasos por el trabajo a realizar

Igualmente, de acuerdo a la clasificación de retrasos por el trabajo a realizar, podemos encontrar los siguientes (ver Figura 1.2): *Date delays*, *Total delays*, *Extended delays*, *Adicional delays*, *Sequence delays*, y *Progress delays*. La Tabla 1.2 presenta la descripción de cada una de estos tipos de retrasos (Bordoli & Baldwin, 1998).

Para el caso específico de retrasos en un cronograma *Critical Path Method* [CPM] debemos tener un cuidado especial cuando los retrasos se producen en aquellas actividades que no afectan la ruta crítica, es decir las actividades no críticas. Si un retraso afecta una actividad no crítica, el impacto de éste puede ser amortiguado por el tiempo de holgura que posee, pero si el retraso posee una duración mayor al tiempo de holgura, entonces esta actividad pasará a ser crítica. Sin embargo, independientemente de si afecta o no la ruta crítica del cronograma, ya hemos mencionado que cualquier retraso genera mayores costos tanto al contratista como al dueño, y por lo tanto debería ser considerada en el momento de evaluar los resultados del análisis de retrasos.

Se pueden encontrar numerosas maneras en el cual se pueden determinar los retrasos de construcción y analizan tanto las responsabilidades de las partes como el plan de mitigación de las mismas. Algunas de las técnicas desarrolladas para este propósito han sido adoptadas en la industria de la construcción desarrollando programas y literatura extensiva dados por expertos en la materia.

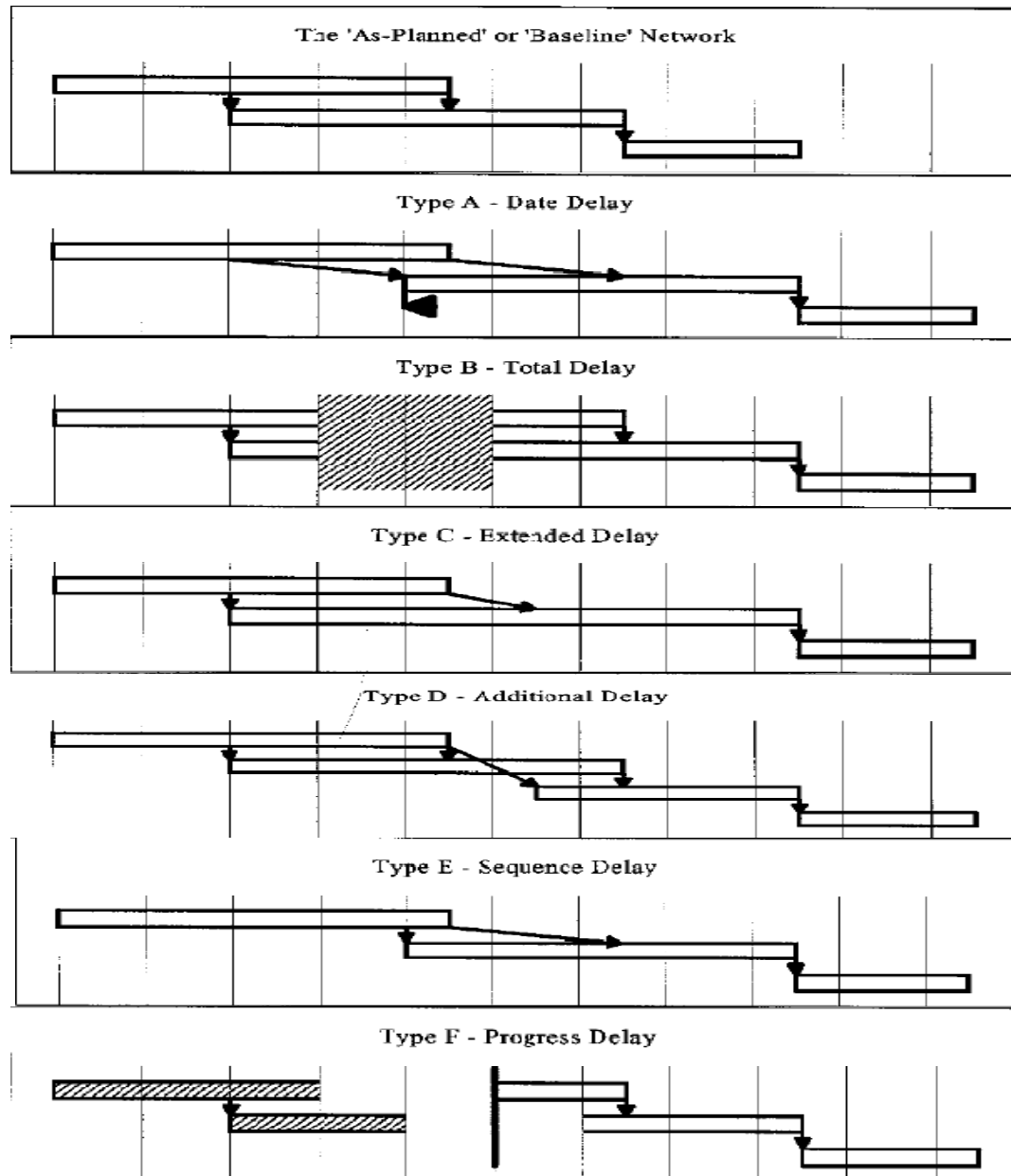


Figura 1.2. Clasificación de retrasos por trabajo a realizar.

Fuente: De "A methodology for assessing construction project delays". Elaborado por David W. Bordoli y Andrew N. Baldwin. *Construction Management and Economics*, 1998.

Tabla 1.2

Descripción de la Clasificación de Retrasos por Trabajos a Realizar.

Nombre del retraso	Descripción	Ejemplo	Método de simulación
A: Date	Una actividad no puede empezar (o terminar) hasta una fecha específica independientemente si la actividad predecesora se ha realizado o planea realizarse.	El transporte de equipos o materiales para un día específico sin que el trabajo pueda proceder. La disponibilidad de mano de obra o de un subcontratista especialista para el inicio de una actividad está sujeta a una fecha determinada. La realización de información sin que la actividad pueda proceder.	La adición de una "fecha impuesta" de la actividad relevante en la ruta.
B: Total	Parada completa de todo el trabajo de construcción.	Huelgas y paros. Trabajos pospuestos. Inhabilidad de acceder o ingresar al área de trabajo. Efectos del clima no previstos en la programación original.	Ajuste del calendario para las actividades relevantes. Mayores feriados afecta el cronograma de trabajo.
C: Extended	La duración de una actividad se extiende.	Incremento en los trabajos que contiene una actividad. Cambio en las circunstancias en las cuales el trabajo fue inicialmente considerado como resultado de una productividad menor a la planificada. Escasez en el reemplazo de equipos o materiales para la terminación de la actividad.	Incremento en la duración de la actividad relevante.
D: Additional	Inclusión de actividades adicionales en la programación planificada.	Actividades nuevas o adicionales incorporados en el proyecto, consecuente con la programación original.	Adición de actividades en la ruta existente de actividades.
E: Sequence	Actividades que no pueden realizarse en la secuencia inicialmente planeada.	Cambios en la especificación de materiales o técnicas cuyo resultado en las actividades no es posible de realizar bajo las condiciones de la planificación inicial.	Alteraciones en la lógica de interacción de las actividades reflejando una nueva secuencia.
F: Progress	El progreso de los trabajos son menores que el planificado.	Inadecuada mano de obra, equipo o materiales. Productividad es menor que la planificada. Interrupciones no programadas de los equipos. Los efectos normales de malas condiciones climáticas. Vandalismo Doble trabajo debido a que la obra o los materiales no concuerdan con las especificaciones.	La adición de información del progreso de la red de actividades.

Fuente: De "A methodology for assessing construction project delays". Elaborado por David W. Bordoli y Andrew N. Baldwin. *Construction Management and Economics*, 1998.

1.4 Métodos para el análisis de retrasos en construcción

Primeramente debe entenderse que existen dos aspectos importantes en el análisis de retrasos. El primero es determinar qué acciones o eventos presentados durante la ejecución de obra, ocasionados tanto por el contratista como por el dueño o hecho fortuito, han generado un retraso. El segundo aspecto es determinar si ese retraso afecta o no el plazo de ejecución de la obra.

Podemos mencionar que el análisis de retrasos se conoce también como análisis forense del cronograma, y el AACE International (2007) lo define como:

“Estudio de cómo interactúan los acontecimientos reales en el contexto de un modelo complejo con el fin de comprender la importancia de una desviación o una serie de desviaciones respecto a algunos modelos de referencia y su papel en la determinación de tareas dentro de una secuencia compleja de actividades. Se basa en criterios profesionales y en la opinión experta y usualmente requiere de decisiones subjetivas. Lo más importante de estas decisiones es qué enfoque técnico debería usarse para medir o cuantificar retrasos e identificar las actividades afectadas, además de indicar cómo debe aplicarse el método seleccionado”.

Un método ideal de análisis debe incluir todos los tipos de retrasos, aceleraciones o retrasos extensivos, y una definición de retraso concurrente con perfiles reales de asignación de recursos. Además, el análisis de retrasos debe realizarse un día a la vez, contabilizando los cambios en las actividades críticas del proyecto. Debido a que los retrasos pueden afectar actividades con holgura o de la ruta crítica, la responsabilidad de cada retraso debe incluir todas las consecuencias que afectan a la secuencia planificada de actividades (Mohan & Al-Gahtani, 2006).

Existen muchos métodos desarrollados a nivel internacional para el análisis de retrasos, de entre ellos podemos hacer dos clasificaciones: los métodos básicos y los métodos de análisis de ruta crítica (Bordoli & Baldwin, 1998).

Los métodos básicos muestran una manera simple no sofisticada de determinar las responsabilidades del que ocasionó los retrasos. Estos incluyen el “método entrópico”, que se enfoca en la búsqueda de un acuerdo entre las partes de la manera más simple y rápida posible. El otro método es el “diagrama de barras *As-built*”, que ilustra de manera gráfica el retraso de la obra. Igualmente, está el método de “diagrama de dispersión”, que indica el tiempo de eventos extraños durante la ejecución de obra.

Los métodos de análisis de ruta crítica incorporan el cronograma CPM, entre los cuales podemos mencionar el método de la “malla *As-built*” que es equivalente al método básico de “diagrama de barras *As-built*”; el de “los impactos sustraídos *As-built*”, que usa el cronograma *As-built* como base y sustrae los eventos retrasados para proveer un cronograma sin retrasos; y también podemos mencionar el “análisis de los impactos añadidos a la línea base”.

Como puede apreciarse, existen diversos métodos de análisis de retrasos que se han desarrollado a lo largo del tiempo para determinar una solución a los problemas

presentados en obra y que afectan tanto el cronograma como el presupuesto. De la variedad de métodos desarrollados en la industria, hay unos métodos que han sido utilizados por la mayoría de empresas en Estados Unidos [USA], Canadá y Europa.

Bordoli y Baldwin (1998) mencionan, como conclusión del análisis de un cuestionario que se realizó sobre los métodos de análisis de retrasos más utilizados en USA, que éstos deberían permitir la determinación concurrente de tres aspectos importantes:

1. *El progreso o avance del proyecto al momento que ocurre un retraso.* Un evento, cuando es visto desde la “línea base” o cronograma *As-planned* tiene efectos de retraso potenciales. Sin embargo, si el progreso actual de la obra al momento que ocurre el evento es menor que el programado, el evento puede no afectar el plazo contractual.
2. *El cambio natural de la ruta crítica.* Sólo retrasos que afectan actividades que se encuentran dentro o cerca de la ruta crítica tienen efectos en el plazo contractual de la obra. Esto es probablemente, considerando que la ruta crítica puede variar durante el ciclo de vida del proyecto debido al avance de obra y los efectos de retrasos anteriores en la ruta. Los efectos de los retrasos actuales deben por lo tanto ser determinados en la ruta crítica en el momento que ocurren.
3. *Los efectos de la acción tomada, o que debería tomarse, para minimizar los retrasos potenciales.* En muchos de los formatos de contrato existe una expresión provisional donde el contratista debe tomar acción para reducir los efectos del retraso quienquiera que sea el responsable. Este deber es una obligación general bajo ley y los efectos de la acción propuesta a ser tomada o que el contratista deberá tomar debe ser incorporada en el cronograma.

Aunque los métodos de análisis de retrasos estén bien documentados, no existe información clara y disponible en el actual uso de estas técnicas juntas con el tipo de software adecuado. Adicionalmente se observan que muchos de estos métodos, a pesar de ser muy usados en la industria presentan algunos defectos que deben ser perfeccionados (Stumpf, 2000).

El AACE International (2007), para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos, menciona que el analista debe considerar los siguientes factores para la elección del método a utilizar:

- a. *Requerimientos contractuales.*- Este factor es considerado como soporte documentario para solicitudes de ampliaciones de plazo. Existen contratos, como en USA, que dentro de sus especificaciones indican el método de análisis de retrasos a utilizarse, por lo que la opción de elección de cualquier otro método queda descartado. Usualmente para solicitudes de ampliaciones de plazo, los contratos indican la utilización del método *Time Impact Analysis* [TIA]. Por otro lado, cuando el contrato no menciona el método a utilizarse para solicitud de ampliaciones de plazo, el analista es libre de elegir el método a aplicar considerando ciertas cláusulas del contrato como por ejemplo “impacto en la ruta crítica” o “la causalidad del retraso en el plazo contractual”.

- b. *Propósito del análisis.*- Los métodos de análisis de retrasos son una herramienta para determinar los efectos ocasionados por diferentes tipos de retrasos durante la ejecución de obra. Por tanto la elección del método a implementarse estará sujeto a la determinación del impacto de uno o varios tipos de retrasos a considerar para la gestión de ampliaciones de plazo acorde a lo estipulado en el contrato de obra.
- c. *Disponibilidad y fiabilidad de información.*- La elección de cualquier método está fuertemente ligado con la disponibilidad de información validada y fiable. Por tanto, el analista primeramente deberá determinar la disponibilidad de documentación contemporánea del proyecto, y luego determinar qué documentos son fiables y brindan la información necesaria para el análisis.
- d. *Plazo permitido para el análisis de retrasos.*- Existen algunos contratos de obras que indican el plazo disponible para la elaboración o presentación de solicitudes de ampliaciones de plazo, ya sea por parte del contratista o de la entidad contratante. En estos casos, la elección del método a utilizarse dependerá del tiempo disponible para la realización del análisis; por lo que si el plazo del proyecto es corto o las disposiciones contractuales indican un número reducido de días para la solicitud de ampliaciones de plazo, lo más conveniente será utilizar un método de análisis que sea sencillo de aplicar y no le tome al analista más tiempo que el necesario.
- e. *Habilidad del analista y recursos disponibles.*- Otro factor importante para la elección de los métodos de análisis de retrasos es la experiencia del analista en el uso de los métodos. Adicionalmente, el analista deberá contar con habilidades en la utilización de alguna herramienta, ya sea software o manual, que le permita realizar el análisis de manera confiable, además de conocimiento de procesamiento de la información disponible del proyecto.
- f. *Requerimientos legales.*-El analista deberá conocer los requerimientos legales, contractuales o de procedimientos que influyan en la elección del método a emplearse. Por ejemplo, el contratista debe demostrar que el cronograma *As-planned* o de línea base ha sido elaborado sin errores, o que las causas de alguno de los retrasos deben ser imputables al dueño y no al contratista o viceversa.
- g. *Utilización previa de métodos utilizados por la otra parte.*- El analista debe tener en cuenta el método utilizado por la otra parte para objetar, en caso fuere necesario sobre los errores o vacíos que pueda presentar ese método en comparación al aplicado por él mismo.

1.4.1 Taxonomía de los métodos de análisis de retrasos

En la industria de la construcción internacional los métodos de análisis de retrasos y sus enfoques poseen varios nombres usuales, cuyos usos son indisciplinados. El AACE International (2007) correlaciona los nombres usuales de estos métodos con una clasificación taxonómica, de manera que permite un uso nominal más específico y objetivo de los métodos. Cabe mencionar también que la taxonomía recomendada es una clasificación jerárquica que comprende el sistema de cinco niveles: el tiempo, los métodos básicos y específicos, y la implementación básica y específica de cada método (ver Figura 1.3). Esta clasificación también se puede apreciar en la Tabla 1.3 y sus elementos se explican a continuación.

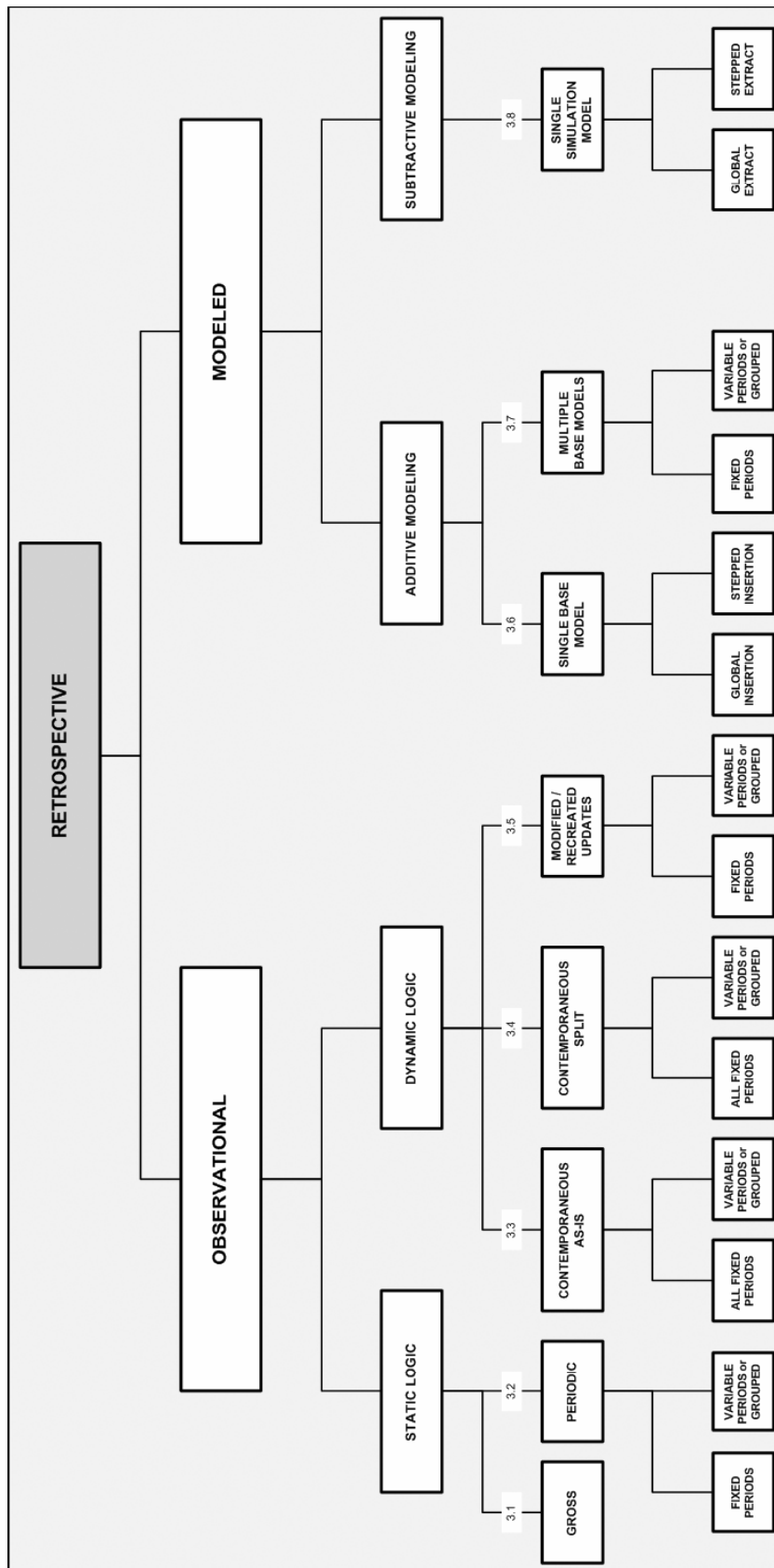


Figura 1.3. Taxonomía de los métodos de análisis de retrasos según la práctica recomendada por AACE International.

Tabla 1.3.
Nomenclatura de la Taxonomía de los Métodos de Análisis.

Taxonomía		Retrospectiva											
		Observación					Modelación						
1	2	Lógica Estática		Lógica Dinámica			Aditiva		Sustractiva				
3	4	Global	Periódico	Actualizaciones contemporáneas (As-Is ó Split)	Actualizaciones Recreated/ Modified	Base Simple	Base Múltiple	Base Simple	Base Simple	Base Múltiple	Sustractiva		
5													
Nombres Comunes		As-planned vs. As-built	Window Analysis	CPA, Time Impact Analysis, Window Analysis	CPA, Time Impact Analysis	Impacted As-Planned, What-if	Time Impact Analysis, Impacted As-planned	Inserción global	Inserción por pasos	Periodos fijos	Ventanas variables o agrupadas	Extracción global	Extracción por pasos
				CPA, Time Impact Analysis, Window Analysis	CPA, Time Impact Analysis	Window Analysis, Time Impact Analysis	Time Impact Analysis, Impacted As-planned	Time Impact Analysis, Impacted As-planned	Window Analysis, Impacted As-planned	Time Impact Analysis, Impacted As-planned	Window Analysis, Impacted As-planned	Time Impact Analysis, Impacted As-planned	Time Impact Analysis, Impacted As-planned

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 11.

Nivel 1. Tiempo

El primer nivel jerárquico distingue el momento de “cuándo se realiza el análisis”, el cual consta de dos ramas: prospectivo y retrospectivo.

Análisis Prospectivo.- Consiste en la mejor estimación que el analista realiza sobre futuros eventos. Este análisis ocurre mientras el proyecto está todavía en curso y no en un contexto “forense”. Dentro de este tipo de análisis se encuentra el análisis de riesgos que se anticipa a los posibles futuros eventos que aparecerán en el proyecto.

Análisis Retrospectivo.- Se realiza después que el retraso ha ocurrido y se conoce el impacto del mismo. El momento del análisis se presenta después de ocurrido el retraso pero antes del término de todo el proyecto, o después de haberse concluido. Las diversas formas de documentación *As-built* brindan una ventaja plena en la elección de los métodos de análisis de retrasos bajo el enfoque retrospectivo, ya que es la principal fuente de información disponible para la aplicación de los métodos.

Nivel 2. Métodos Básicos

El segundo nivel jerárquico contiene los métodos básicos que consisten en dos ramas: de observación y de modelación. La distinción aquí es si la experiencia del analista se utiliza para los fines de interpretación y evaluación de sólo la información del cronograma existente, o bien para la elaboración de simulaciones y la posterior interpretación y evaluación de los diferentes escenarios creados por las simulaciones.

Método de Observación.- Consiste en analizar el cronograma, ya sea examinándolo solo o en comparación con otro, sin que el analista realice cambios en él para simular un determinado escenario. El análisis de periodo contemporáneo (*Contemporaneous Period Analysis [CPA]*) y el análisis comparativo *As-planned vs. As-built* son ejemplos comunes del método básico de observación.

Método de Modelación.- A diferencia del método de observación, el método de modelación requiere la intervención del analista más allá de la simple observación, ya que en su preparación el analista inserta o extrae actividades que representan los retrasos del cronograma CPM y compara los resultados calculados de los estados “antes” y “después”. Ejemplos de este tipo de método son el *Collapse As-built*, *Time Impact Analysis [TIA]* y el *Impacted As-planned*.

Nivel 3. Métodos Específicos

El tercer nivel jerárquico está conformado por los métodos específicos de los métodos básicos.

Dentro del método de observación, se hace una distinción sobre si la evaluación considera sólo la lógica original (secuencia de actividades inicial), o aquella que se desarrolla durante la ejecución del proyecto a menudo llamada “lógica dinámica”.

Observación de lógica estática (Static Logic Observation).- Compara un cronograma *As-planned* con un cronograma *As-built* del mismo proyecto. El término “estático” se refiere al hecho de que la observación consiste en la comparación de un cronograma *As-built* con solo una parte del cronograma *As-planned*. Ejemplo de ello es el análisis *As-planned vs. As-built*.

Observación de lógica dinámica.(Dynamic Logic Observation)- Típicamente envuelve el uso de cronogramas actualizados cuyas secuencias de actividades pueden diferir de la “línea base” o *As-planned*. Estas variaciones consideran los cambios en la secuencia de actividades que son incorporados durante el proyecto. El análisis CPA es un ejemplo de este método específico. Nótese que esta categoría no ocurre bajo un enfoque prospectivo porque el uso de los cronogramas “actualizados” pasados indica que el análisis se realiza en retrospectiva.

Las dos distinciones bajo el método de modelación se basa en si el retraso es añadido al cronograma *As-planned* o sustraído del cronograma *As-built*.

Modelación Aditiva.- El método de modelación aditiva consiste en comparar un cronograma con otro que el analista ha creado insertando elementos (por ejemplo retrasos) con el propósito de modelar un determinado escenario. Bajo este tipo de método se encuentra el *Impacted As-planned*, y algunas formas del *Window Analysis Method*. El análisis TIA también puede ser clasificado como un método de modelación aditiva.

Modelación Sustractiva.- El método de modelación sustractiva consiste en comparar el cronograma CPM con otro cronograma que el analista ha creado sustrayendo elementos (como por ejemplo retrasos) con el propósito de modelar un determinado escenario. El método *Collapse As-built* es un ejemplo de esta clasificación.

Nivel 4 Implementaciones Básicas

El cuarto nivel jerárquico consiste en las diferencias en la implementación de los métodos pertenecientes al nivel anterior.

El método de observación de lógica estática puede ser implementado en un modo global (*gross*) o modo periódico. El método de observación de lógica dinámica puede ser implementado como: *as-is or contemporaneous*, *Split*, y *modified or recreated*. Los métodos de modelación aditiva y sustractiva pueden ser implementados bajo una simulación de base simple o base múltiple.

Modo Global o Periódico.- El primero de las dos implementaciones de la observación de lógica estática es el modo global (*gross*), el cual considera la duración entera del proyecto como un solo periodo de análisis sin ninguna segmentación. El modo periódico segmenta la duración del proyecto en dos o más periodos para que el análisis específico se enfoque en cada segmento; y debido a que este es una implementación del método de lógica estacional, el análisis de los periodos segmentados no está asociado con ningún cambio en la secuencia de actividades que haya ocurrido contemporáneamente con estos periodos del proyecto.

As-Is or Contemporaneous / Split.- Estas implementaciones ocurren bajo la observación de lógica dinámica y ambas contemplan el uso de cronogramas actualizados que han sido preparados contemporáneamente durante el proyecto. Sin embargo, la aplicación *As-Is* evalúa las diferencias entre cada actualización sucesiva sin alterar su estado, mientras que la aplicación *Split* bifurca cada

actualización separando la parte de progresos de las actividades, con la parte que aún no se ha ejecutado, de manera que ambas partes se tienen aisladas a medida que se originan los cambios.

Modified or Recreated.- Este par, también ocurre dentro de la observación de lógica dinámica y por tanto contempla el uso de cronogramas actualizados del proyecto. La implementación *Modified* envuelve modificaciones extensivas en las actualizaciones del cronograma; mientras que la implementación *Recreated* realiza la recreación de actualizaciones enteras cuando no existen cronogramas actualizados.

Simulación de Base simple, o Simulación de Base múltiple.- Estas implementaciones básicas ocurren bajo ambos métodos de modelación aditiva y sustractiva. La diferencia se da cuando en el análisis (ya sea aditivo o sustractivo) las actividades con retraso son añadidas o sustraídas de la secuencia simple de actividades CPM o de las múltiples secuencias de actividades CPM. El método de modelación aditiva de base simple es típicamente el *Impact As-planned*; de forma similar el método sustractivo de simulación simple se le conoce como *Collapse As-built*, y las simulaciones variantes y base múltiple se les conoce como *Windows Analysis*.

Nivel 5. Implementaciones específicas

Periodos Fijos vs. Periodos Variables/Periodos Agrupados.- Estas implementaciones específicas son las dos posibles elecciones para segmentación dentro de todas las implementaciones básicas excepto el modo global y simulación de base simple debido a que en el primero no considera segmentación alguna y el segundo porque sólo usa un grupo de secuencias de actividades para el modelo. En el caso de la aplicación específica de periodos fijos, éstos se fijan por fechas y duración para la actualización del cronograma actualizado-contemporáneo, usualmente en periodos regulares como meses o semanas y cada periodo actualizado es analizado aisladamente. La implementación de periodos variables establece variar las fechas de actualización del proyecto que no necesariamente coinciden con las actualizaciones regulares, sino que establece nuevos periodos demarcados por cambios en la ruta crítica o nuevas revisiones del cronograma *As-planned*. Ejemplo de esta aplicación es el *Window Analysis Method*.

Global (insertar o extraer) vs. Paso a paso (insertar o extraer).- Esta implementación específica ocurre bajo la implementación básica de simulación de base simple bajo los métodos de modelación aditiva y sustractiva. En la aplicación global, los retrasos son insertados o extraídos de una sola, mientras que en la aplicación paso a paso, la inclusión o extracción de los retrasos se realiza secuencialmente (individualmente o grupalmente). Sin embargo, hay algunas variaciones en la secuencia de la extracción o inclusión paso a paso, ya que usualmente la secuencia de inserción es desde la actividad inicial a la actividad final del proyecto, mientras la extracción paso a paso comienza con la actividad final y termina con la actividad inicio del proyecto.

A continuación se presenta una descripción de seis métodos de análisis de retrasos que se encuentran clasificados dentro de la taxonomía recomendada por el ASCE.

1.4.2 *Método As-planned vs. As-built*

Es un método de observación que compara la “línea base” u otro cronograma *As-planned* con el cronograma *As-built*, y se aplica usando una simple gráfica de comparación de ambos cronogramas (Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007). Este es un método de lógica estática modo global debido a que depende inicialmente de una “línea base” de secuencia de actividades CPM o cronograma de planificación o *As-planned* y, el análisis se realiza en el proyecto entero y no por segmentos.

El cronograma *As-built* muestra el plazo contractual modificado con todos los eventos (retrasos) que ocasionaron los cambios en el *As-planned*. Cuando se hace una comparación entre el cronograma *As-built* y el *As-planned* se puede evaluar en qué momento se hicieron variaciones que pudieron afectar el plazo contractual durante la etapa de construcción tal como se aprecia en la Figura 1.4.

Este método algunas veces se conoce como “*total time approach*” (tiempo aproximado total). Stumpf (2000) menciona que:

“Este método asume que la parte que lo utiliza (el contratista) explica la “no causa” de retrasos ocasionados por él mismo y “la causa” de retrasos ocasionados por el dueño, es decir que asume todos los retrasos encontrados como responsabilidad del dueño. El *total time approach* típicamente no considera si la responsabilidad por cualquier retraso debe ser repartido por ambas partes”.

Este método es simple, aunque se menciona que puede ser cuestionable, ya que no se sabe si puede llamársele un método de análisis debido a que sólo describe cómo van ocurriendo los acontecimientos. Igualmente se cuestiona la credibilidad de que la diferencia entre el cronograma *As-planned vs. As-built* den siempre como resultado una ampliación de plazo (Stumpf, 2000).

La utilidad de este método radica cuando el proyecto que se está analizando es sencillo y la identificación de dónde se produce el retraso es fácil de determinar, mas no se recomienda su aplicación en proyectos que presentan cambios significativos entre el alcance inicial y final del proyecto. Sólo se requiere la información utilizada para la planificación de la ejecución de obra y la información *As-built* con suficiente detalle para comparar las actividades *As-built* con las mismas actividades planificadas.

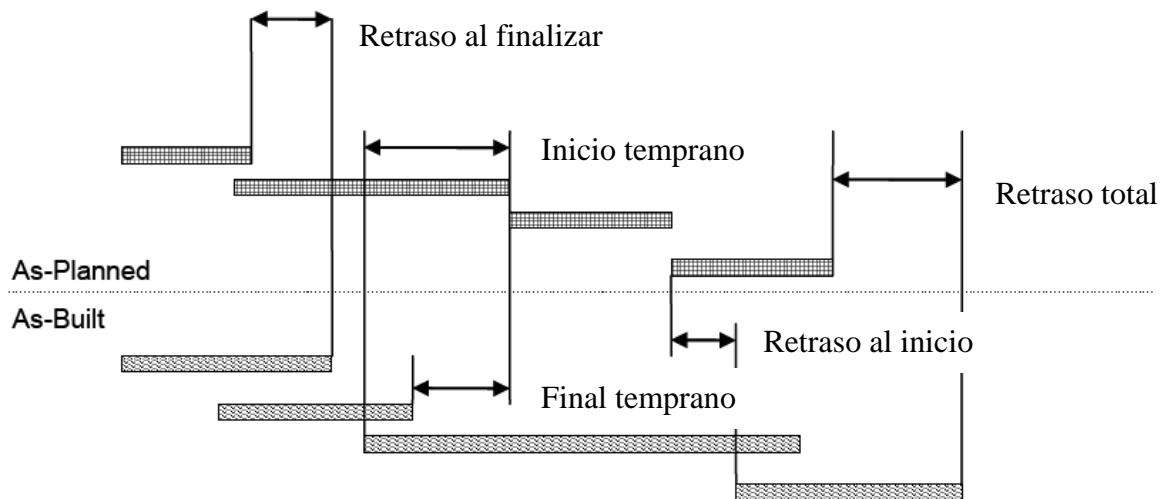


Figura 1.4. Ejemplo de aplicación del método de comparación As-planned vs. As-built.

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 32.

Además debe asumirse que el cronograma planificado o *As-planned* fue elaborado correctamente y bien aproximado a la realidad para asegurar que el trabajo realizado por el contratista, en caso de ocurrir un retraso, sea por causas externas y por lo tanto sea causal de una ampliación de plazo. Sin embargo, el cronograma *As-planned* no necesariamente está lo suficientemente documentado para brindar credibilidad a la conclusión de que la diferencia entre la duración planificada y la real sean explicadas por hechos confiables. Es decir, que como el cronograma *As-planned* se perfecciona, no se tiene una línea base fija con el cual se pueda hacer la comparación.

1.4.3 Método Impact *As-planned*

Es un método de modelación aditiva (Asociation for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007), ya que la técnica se basa en la simulación de un escenario basado en un modelo CPM y consiste en la inserción o adición de actividades que representan retrasos o cambios en una secuencia lógica planificada de actividades para determinar su impacto en la misma (ver Figura 1.5).

Este método requiere de un cronograma *As-planned* como "línea base". Para determinar los efectos de un retraso ocasionado por el contratista se debe añadir la actividad-retraso del contratista en el cronograma *As-planned* para demostrar los retrasos totales atribuibles al contratista. Para determinar los efectos de los retrasos ocasionados por el dueño, se debe añadir la actividad-retraso del dueño en el cronograma *As-planned* para demostrar el retraso total atribuible al dueño. Este método posee dos técnicas.

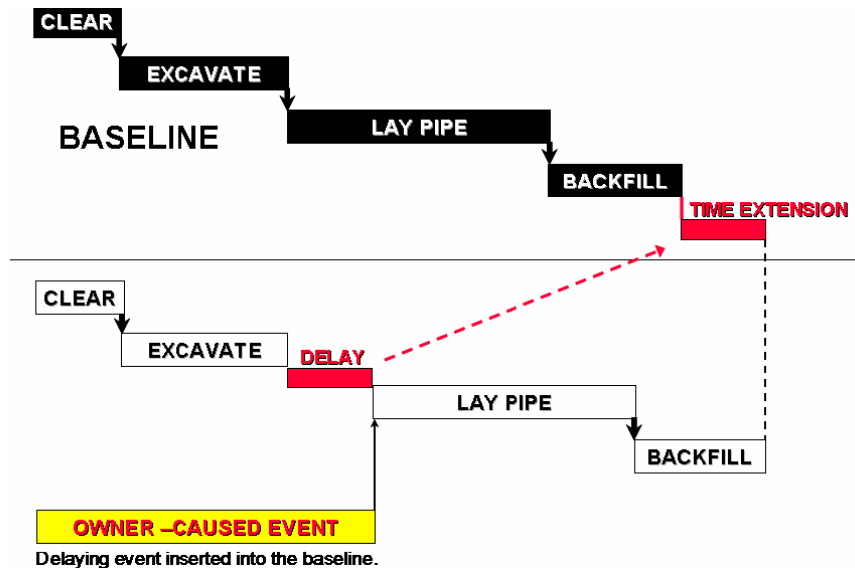


Figura 1.5. Ejemplo de aplicación del método *Impact As-planned*

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 59.

La primera técnica se le conoce como el método "What-if" y usa una medida "global" (*gross*) donde los retrasos ocasionados por el dueño o el contratista se incorporan "impacted" en el cronograma *As-planned* como un "disparo" (*shot*), es decir, se colocan todos los retrasos de una sola vez y requiere que toda la información concerniente a los retrasos sean analizados en un sólo momento en vez de hacer cálculos separados por cada retraso. El efecto de los cambios en el cronograma se determina comparando los cronogramas "antes" y "después" de que los cambios han sido incorporados en el cronograma *As-planned* (Bubshait & Cunningham, 1998). La Figura 1.6 muestra el diagrama de flujo de este método.

La segunda técnica se le conoce como "*As-planned technique unit of measure*". En esta técnica se requiere que los retrasos se clasifiquen inicialmente de manera cronológica, además de identificar la ruta crítica del cronograma *As-planned*. El análisis se inicia incorporando cronológicamente cada retraso individual en la ruta crítica para determinar su efecto (Mohan & Al-Gahtani, 2006) y cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 1.7.

En general, este método no confía en la información *As-built*, y puede utilizarse como análisis de retrasos de manera retrospectiva o prospectiva. Para este método es necesario que se realice un análisis de retraso retrospectivo de lo que se está realizando actualmente. Sin embargo, hay varios proyectos que no mantienen registros actualizados para preparar información *As-built* detallado. Sin embargo, la utilización del cronograma *As-built* para contrastar el cronograma impactado puede mostrar mayor credibilidad de los resultados obtenidos.

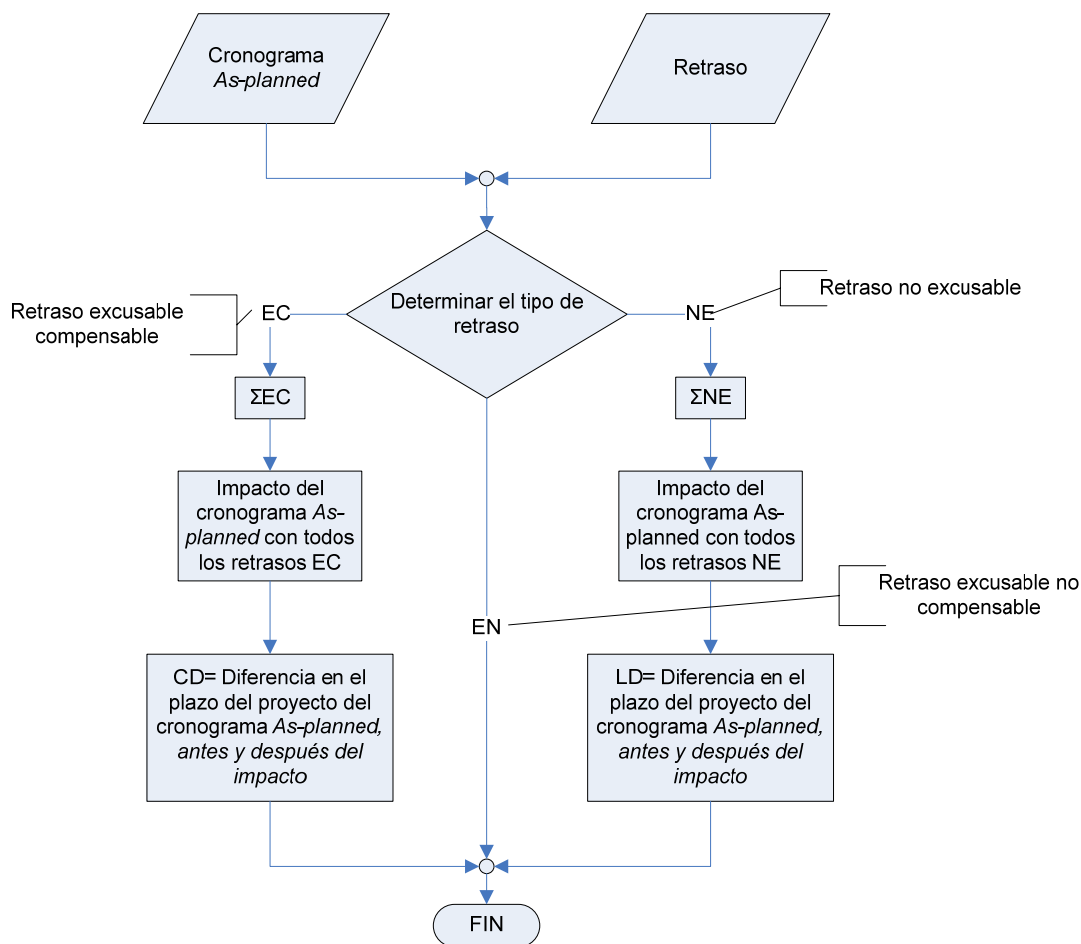


Figura 1.6. Diagrama de flujo del método “What-if”

Fuente: De “Current Delay Analysis Techniques and Improvements” Elaborado por Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. *Cost Engineering* Vol. 48/N°9 Setiembre 2006. Página 13.

El análisis *Impact As-planned* puede prepararse de forma rápida y fácil, pero presenta algunos defectos potenciales. Primero, en este método se asume, al igual que en el método anterior, que el cronograma *As-planned* es perfecto y puede presentar diversos resultados dependiendo de cómo se van incorporando los retrasos y la manera en cómo se van asociando cada una de ellas en el *As-planned*. Adicionalmente, se asume que el contratista sigue al pie de la letra el cronograma original y que el único capaz de ocasionar retrasos es el dueño. Esta afirmación no es totalmente correcta, ya que sabemos que la ejecución de obras es una actividad dinámica donde varios factores pueden influenciar en su progreso o avance (Palles-Clark, 2006).

Este método es relativamente fácil de aplicar, mostrar y comprender, y por lo tanto es un método de análisis muy económico, ya que no requiere de un software especial. La segunda técnica puede utilizarse como una aproximación primaria para ilustrar los eventos individuales de retrasos. Además facilita la determinación de los efectos de cada uno de los retrasos que tienen una interacción compleja entre sí.

La falta de información *As-built* para el desarrollo de este método indica que el impacto en el plazo de los retrasos determinados son sólo teóricas ya que no se hace una comparación con la información de campo real. Sin embargo, este detalle se

observa en varios de los métodos desarrollados para el análisis debido a que se asume información presentada. Además, según lo mencionado ya, el hecho de no tener en cuenta el progreso *As-built* significa que no hace caso total de cualquier culpabilidad que el contratista pueda tener de manera concurrente y que sea incluido al efecto de algún retraso.

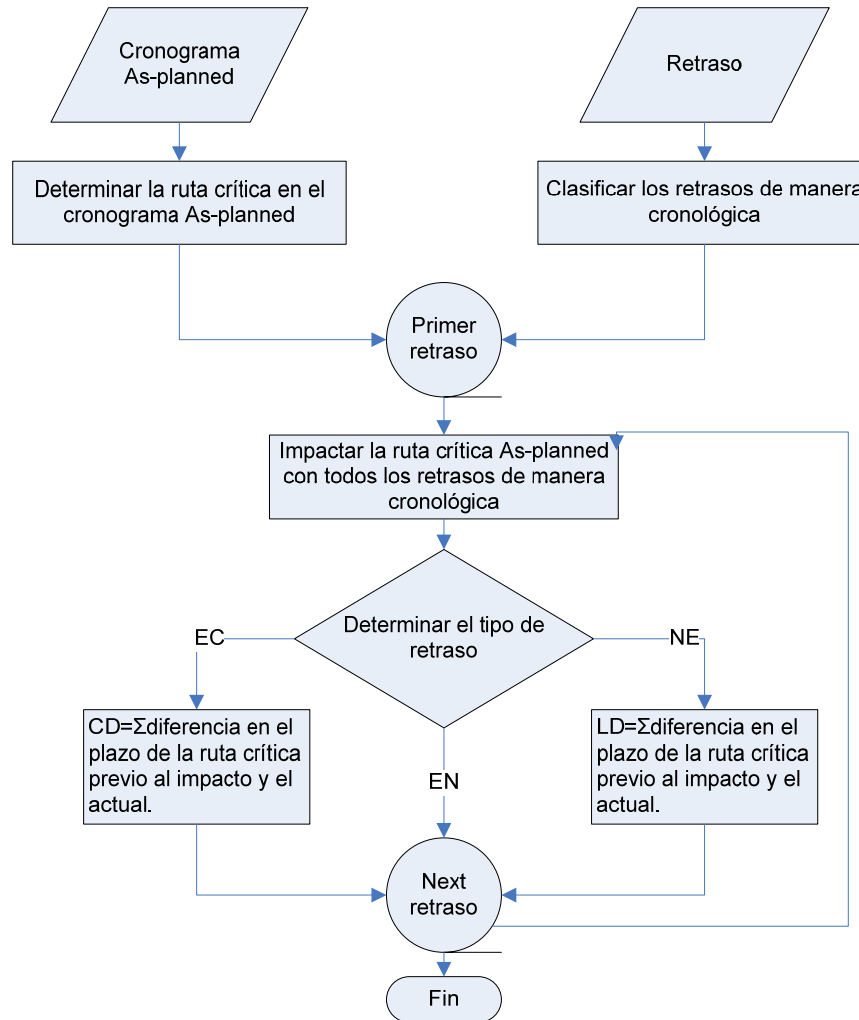


Figura 1.7. Diagrama de flujo del método "As-planned technique unit of measure"

Fuente: De "Current Delay Analysis Techniques and Improvements" Elaborado por Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. *Cost Engineering* Vol. 48/Nº9 Setiembre 2006. Página 13.

1.4.4 Método Collapse As-built

El método *Collapse As-built*, también conocido como "*but-for*" es un método de modelación sustractiva (Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007) basado en la simulación de escenarios del modelo CPM, el cual consiste en la extracción o sustracción de actividades que representan retrasos o cambios del cronograma *As-built* para determinar sus efectos (ver Figura 1.8).

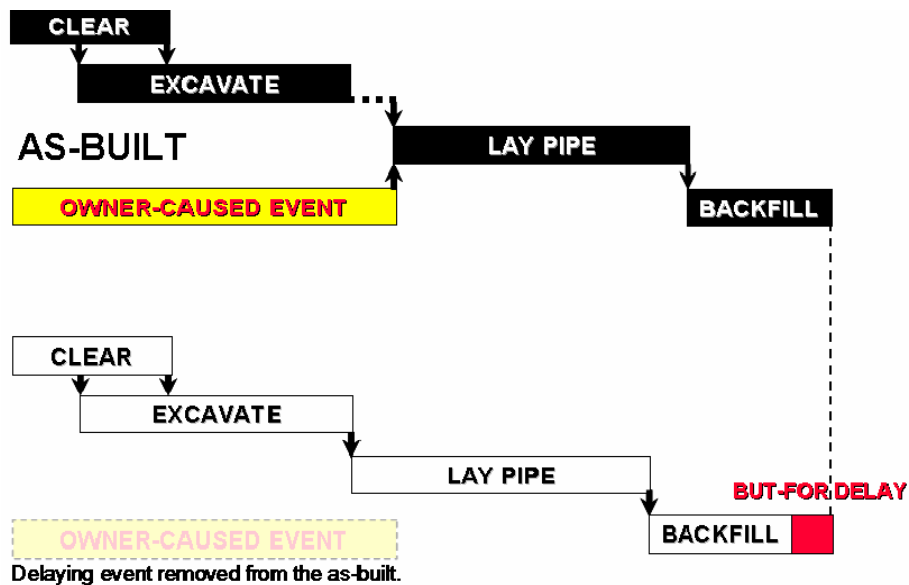


Figura 1.8. Ejemplo de aplicación del método *Collapse As-built*.

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 69.

Este método usa el formato del cronograma CPM y asume una de las partes teniendo el cronograma *As-built* y sustrayendo "collapsed" solo los retrasos ocasionados por la otra parte. El cronograma resultante (llamado cronograma "*As-built collapsed*") presenta la fecha final y lo compara con el cronograma *As-built*, cuya diferencia resulta en los retrasos ocasionados por la otra parte (Alkass, Mazerolle, & Harris, Construction delay analysis techniques, 1996). Por tanto, este método se aplica dos veces, uno desde el punto de vista del dueño y otro desde el punto de vista del contratista (ver Figura 1.9).

Este método fue creado para corregir las deficiencias del método *What-If*, ya que en el cronograma *As-built* se muestran todos los retrasos ocasionados por ambas partes. El análisis *Collapse As-built* no es difícil de preparar si se tiene un buen cronograma *As-built*; sin embargo, tiene defectos similares a los del *Impact As-planned* como herramienta analítica debido a las dificultades que se presentan para determinar la ruta crítica *As-built* (Stumpf, 2000).

Schumacher (1995) menciona que "Este método elimina la dependencia del cronograma *As-planned* previsto como línea base; sin embargo, no es tan fácil como parece, ya que en proyectos complejos la ruta crítica no suele ser evidente. Se debe tener cuidado de ajustar la duración que parecen tener los retrasos de una de las partes pero que en realidad son el resultado directo de los retrasos causados por otros y la consiguiente reducción de ritmo del proyecto".

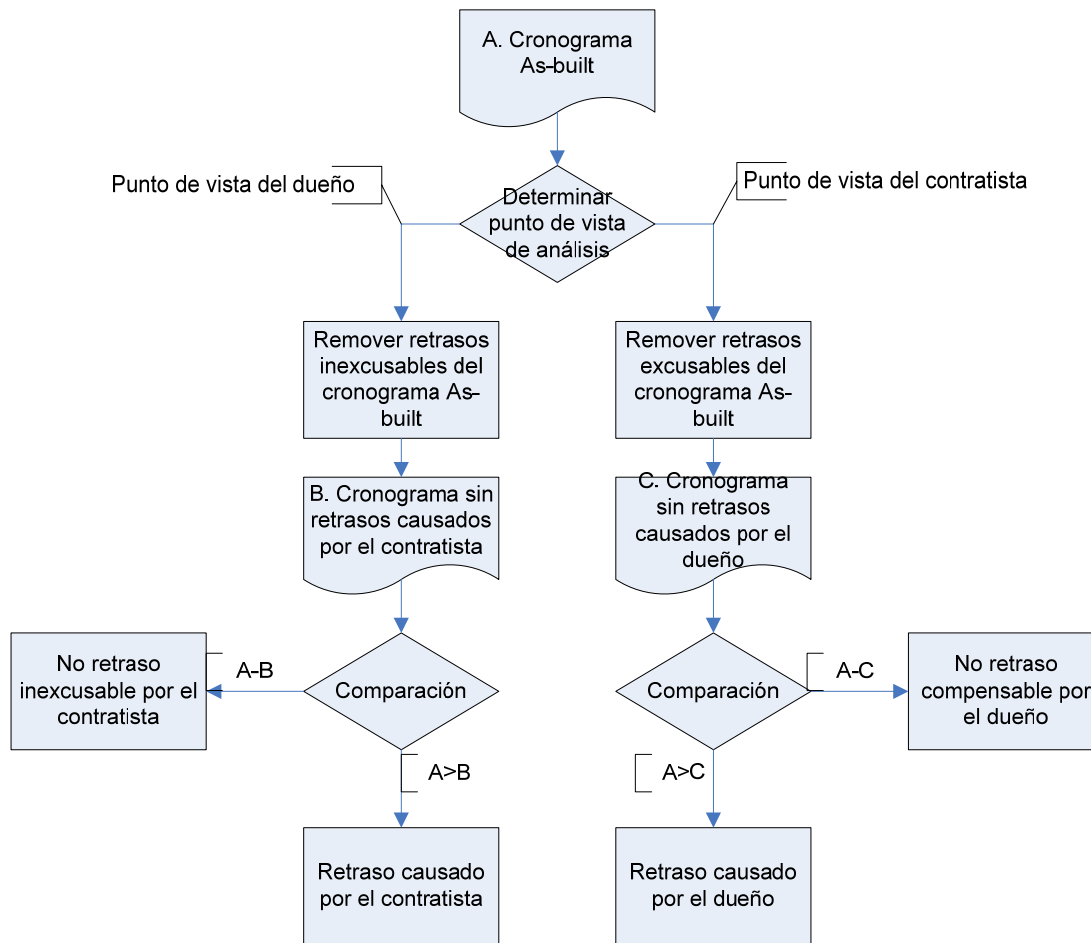


Figura 1.9. Diagrama de flujo del método *Collapse As-built*.

Fuente: De “System requirement analysis of a construction delay analysis system”. Elaborado por Jyh Bin Yang, Chih Kuei Kao y Yi-Yao Lee. *Institute of Construction Management Chung Hua University* N°707, Sec.2, Wu-Fu Rd., Hsinchu 300, Taiwan.

1.4.5 Método *Time Impact Analysis* [TIA]

El método *Time Impact Analysis* [TIA] conocido también como la técnica “*Update Impact*” o “*Contemporaneous Impact*” (Mohan & Al-Gahtani, 2006) es un método de modelación aditiva (ver Figura 1.10) ya que se basa en la simulación de un escenario basado en el modelo CPM, el cual consiste en la adición o inserción de actividades-retrasos o cambios en un modelo de secuencia de actividades para determinar sus efectos (Asociation for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007). Este método puede usarse para un análisis tanto retrospectivo como prospectivo. De manera prospectiva se puede utilizar para predecir efectos o impactos futuros del cronograma.

El método examina los efectos de los retrasos en diferentes momentos del proyecto concentrándose en un determinado retraso. La idea es obtener una foto o “*stop-action*” del proyecto antes y/o después de ocurrir el retraso en una actividad. Para cada retraso, el cronograma *As-planned* se actualiza con información *As-built* antes de iniciar la actividad. Luego, en el cronograma actualizado se incorpora “*impacta*” el retraso para obtener una nueva fecha de término. La diferencia de las dos fechas de

término de los dos cronogramas es el efecto de este retraso en particular sobre el proyecto, tal cual se aprecia en la Figura 1.11.

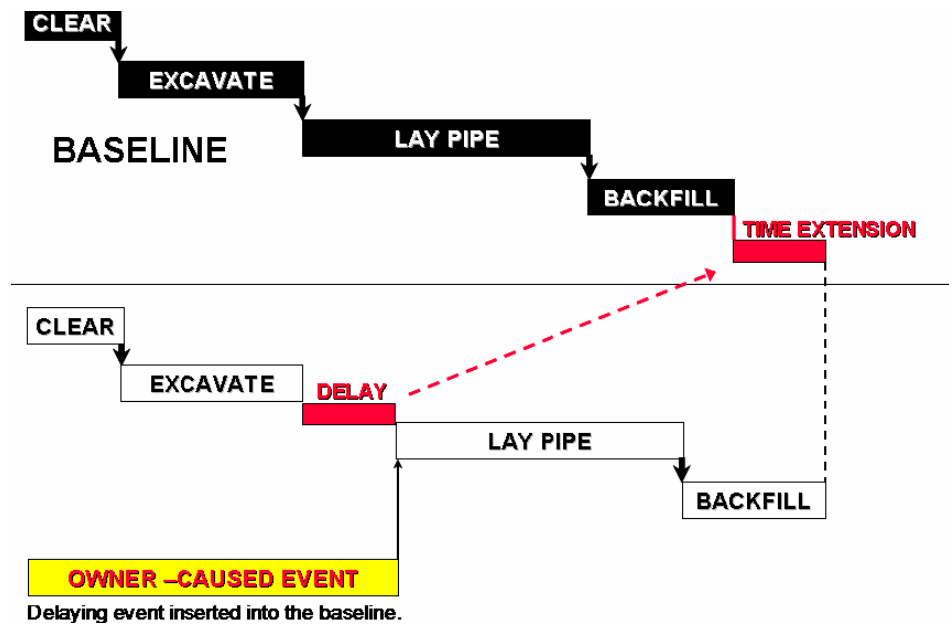


Figura 1.10. Ejemplo de aplicación del método *Time Impact Analysis* [TIA]

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 59.

Una de las ventajas de este método es que considera el efecto o impacto de un evento basado en la consideración del progreso *As-built* real al momento que éste se produce. Si la modelación del efecto o impacto del retraso se ha realizado apropiadamente, la ventaja de este método es que muestra las consecuencias de ese retraso individual sin que se vea afectado o intervenido por otros retrasos de la cadena. También tiene el atractivo particular de proporcionar una indicación de la ruta crítica en el momento del retraso más que la última ruta crítica *As-built*, y por lo tanto es un método adecuado para determinar el efecto esperado de un retraso en la fecha de término (Palles-Clark, Time Impact Analysis - Caso CJ 0625, 2006).

A pesar de sus méritos, el método posee muchos problemas ya que al predecir el efecto esperado de un retraso significa que el análisis es parte hipotético. El resultado está fuertemente influenciado por la calidad de la programación base, la cual debe ser comprobada y verificada como realizable, y puede que en última instancia, no guarda ninguna semejanza con lo que sucedió realmente. Debido que la línea base del cronograma puede ser modificado durante el transcurso del proyecto, la verificación del mismo también puede ser subjetivo (Palles-Clark, 2006).

Otro de los problemas de este método es que las actualizaciones del cronograma requieren de información adecuada y constante, y si la existencia de este tipo de información no es fiable o coherente, es necesario deducir los datos disponibles para el análisis y los resultados no podrían reflejar la realidad. Además, los factores claves de este método son que los retrasos incorporados o impactados en el análisis y la medida de reprogramación o actualización de la cadena muestren parte de la planificación que aún no ha sido ejecutada. Algún error en la planificación podría llevar a errores en el análisis dando resultados incoherentes (Palles-Clark, 2006).

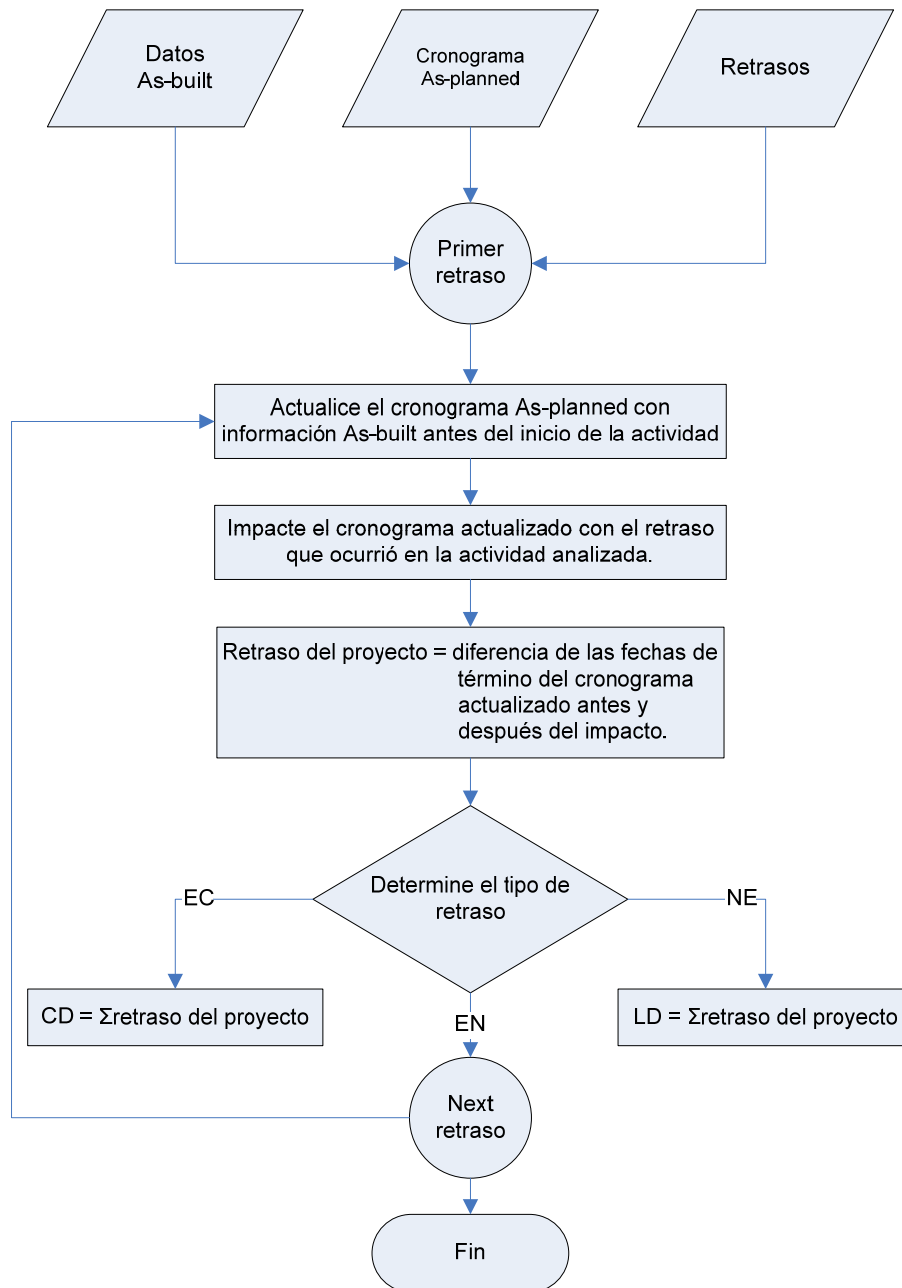


Figura 1.11. Diagrama de flujo del método Time Impact Analysis [TIA]

Fuente: De "Current Delay Analysis Techniques and Improvements" de Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. Technical Article – *Cost Engineering* Vol.48/Nº9. Setiembre 2006.

1.4.6 Método Window Analysis

Este método es de observación y compara la línea base o cronograma planificado *As-planned* con el cronograma *As-built* o actualizado que refleja el progreso o avance del proyecto. Sin embargo este método analiza el proyecto en múltiples segmentos en vez de todo el conjunto (ver Figura 1.12).

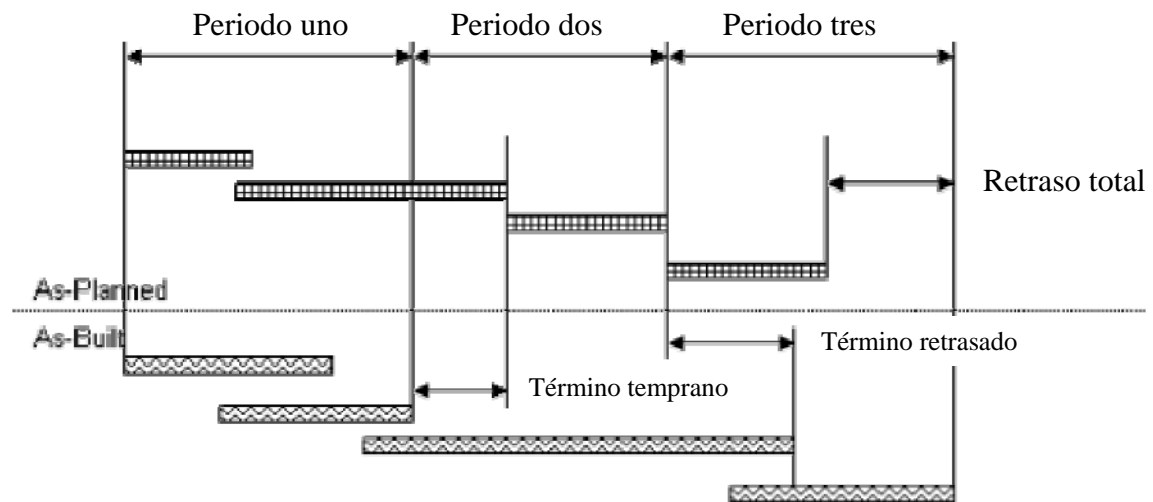


Figura 1.12. Ejemplo aplicativo del método *Window Analysis*.

Fuente: De "Forensic Schedule Analysis" Elaborado por AACE International - 2007. Página 37.

En su rango de aplicación, ya sea sencilla o sofisticada, comparte características con el método *As-planned vs. As-built*. En su forma más sencilla puede hacerse un simple estudio de observación de las fechas de inicio y término de varias actividades; mientras que en su forma sofisticada compara las fechas y la secuencia relativa de las actividades y tabula las diferencias en la duración de cada actividad, la lógica de las relaciones de las actividades, y busca determinar las causas y explica el significado de cada variación; por tanto se puede identificar en la base diaria los retrasos candidatos que forman la ruta crítica *As-built* (Asociation for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007). Se le conoce también como la técnica "*Snapshot Technique*" y se utiliza para determinar la cantidad de retrasos en un proyecto, cuando ocurren y sus causas (Mohan & Al-Gahtani, 2006).

Se basa en los cronogramas *As-planned*, actualizados y *As-built* que se implementan durante la ejecución del proyecto. La duración total del proyecto se divide en un número de periodos "*snapshots*" o "*windows*". Las fechas de estos periodos usualmente coinciden con hitos importantes del proyecto, cambios significantes en la planificación o cuando un grupo mayor de retrasos ocurre. La relación y duración del cronograma *As-built* con el periodo "*snapshot*" se impone al cronograma *As-planned*, manteniendo las relaciones y duraciones del cronograma *As-planned* para las actividades restantes fuera del periodo "*snapshot*". La fecha de término del proyecto del cronograma extendido se compara con la fecha de término del cronograma establecido *As-planned* antes de seguir el procedimiento. La diferencia entre las fechas de término es la cantidad de retrasos que ocurrieron en el proyecto en el periodo "*snapshot*", y de ahí se determinan las causas (Alkass, Mazerolle, & Harris, 1996). El diagrama de flujo del método se muestra en la Figura 1.13.

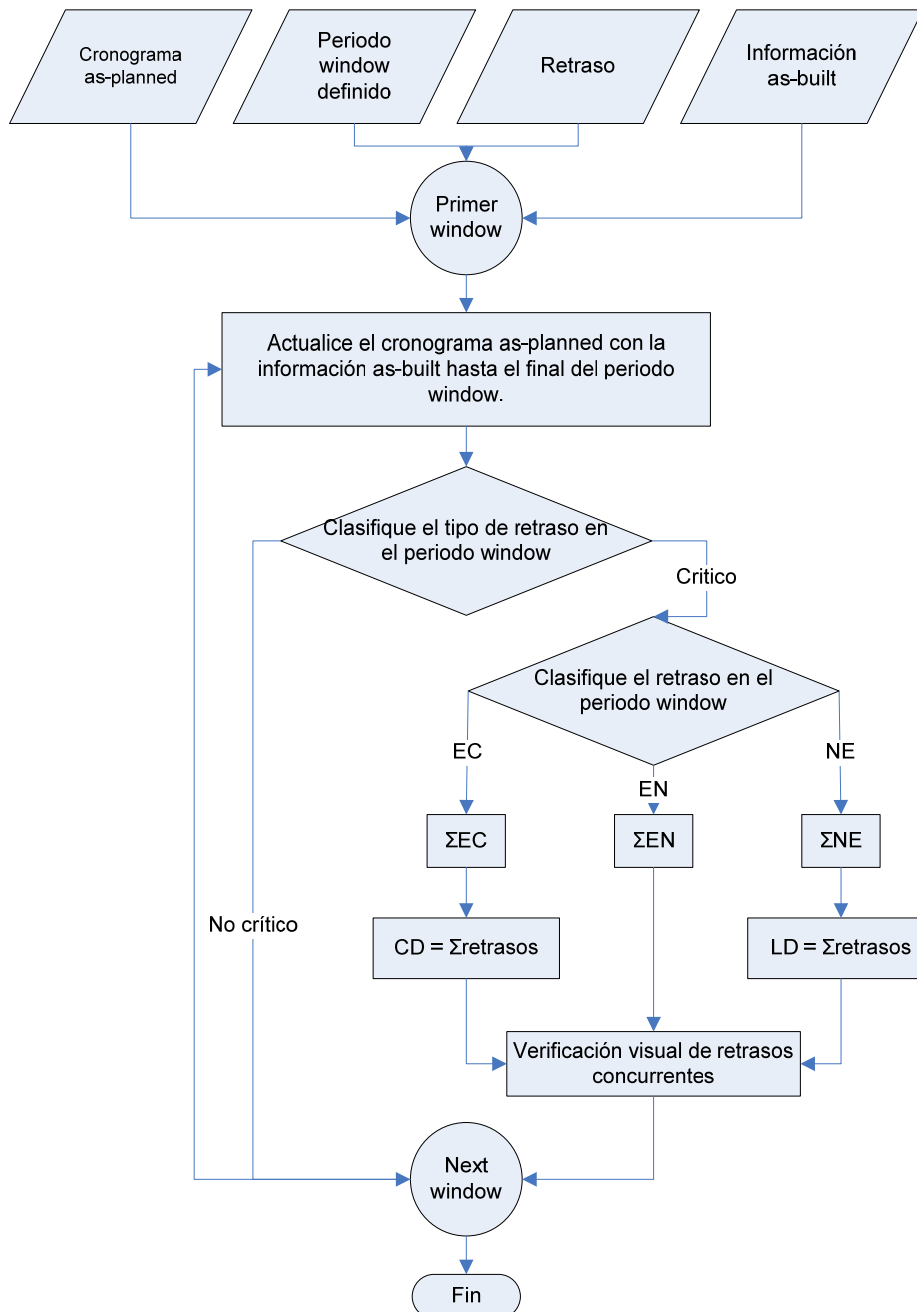


Figura 1.13. Diagrama de flujo del Método *Window Snapshot Analysis*.

Fuente: De “*Current Delay Analysis Techniques and Improvements*” de Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. Technical Article – *Cost Engineering* Vol.48/Nº9. Setiembre 2006.

Una extensión del método es la técnica *Isolated Delay Type* [IDT] el cual divide el tiempo total del proyecto en periodos más pequeños que en la técnica *snapshot*. La técnica IDT aísla el análisis por tipo de retraso, por ejemplo, los retrasos NE, EN y EC; y después lo aplica para el caso desde el punto de vista del dueño y luego desde el punto de vista del contratista. Cada periodo de análisis incluye retrasos de cada cronograma dependiendo de cada responsabilidad de las partes. Cualquier modificación en el cronograma *As-planned* (cambios en la lógica) debería afectarse en cada periodo de análisis o *window* (Mohan & Al-Gahtani, 2006). La Figura 1.14 muestra el diagrama de flujo de esta técnica.

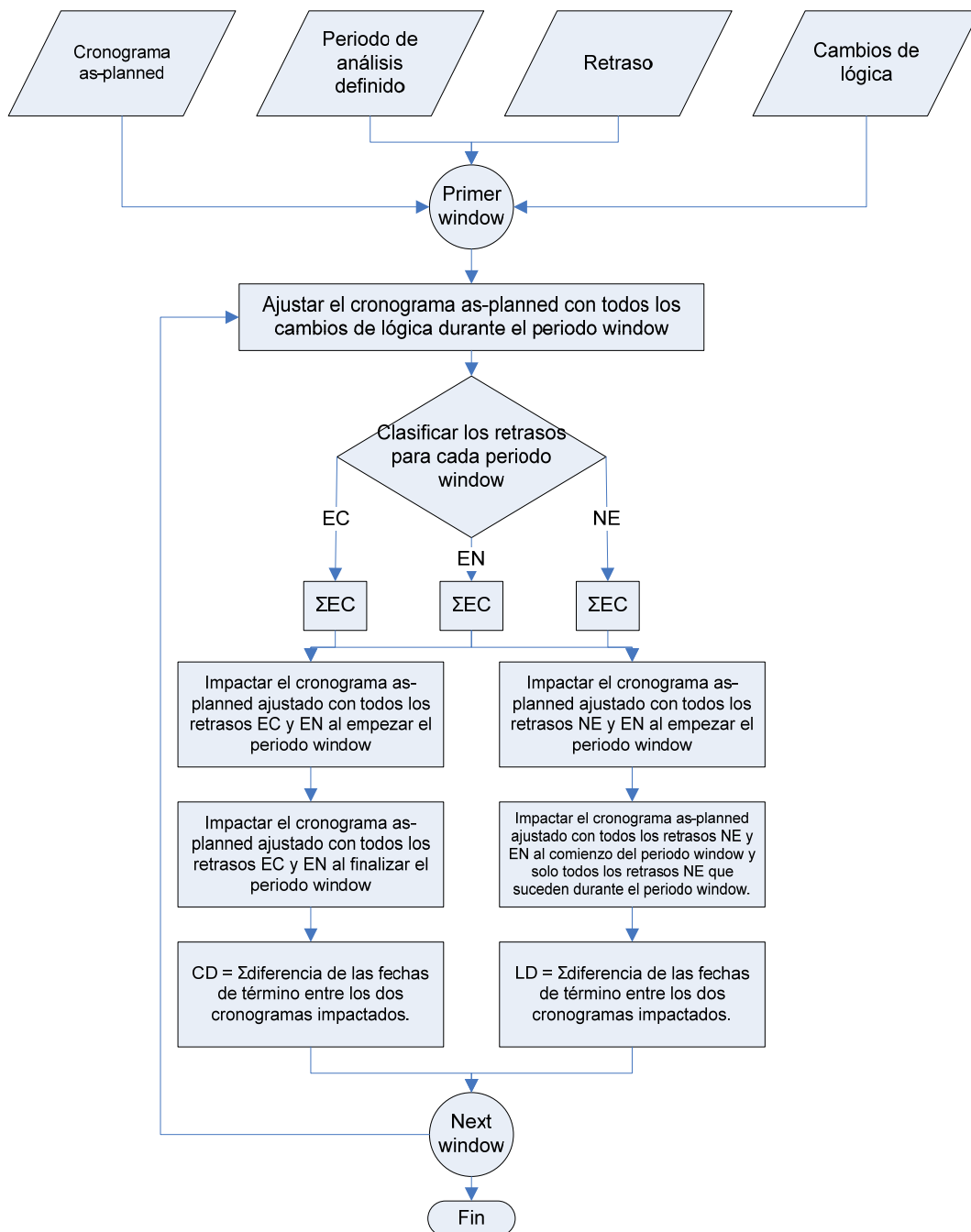


Figura 1.14. Diagrama de flujo del método *Isolate Delay Technique* [IDT]

Fuente: De “*Current Delay Analysis Techniques and Improvements*” de Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. Technical Article – *Cost Engineering* Vol.48/Nº9. Setiembre 2006.

La ventaja general de realizar el método *window analysis* en dos o más periodos de tiempo es que los retrasos o aceleraciones ocurridos en el proyecto pueden identificarse fácilmente. Generalmente más periodos de tiempo estrechan el análisis para identificar todos los eventos que han sucedido en ese periodo. El hecho de que el análisis es segmentado en periodos no incrementa o disminuye significativamente la exactitud de la técnica de este método debido a que compara los cronogramas *As-built* y línea base o *As-planned*. Sin embargo, la segmentación es útil ya que mejora la organización del proceso de análisis y permite establecer prioridades, también puede añadir efectividad a la presentación del análisis.

1.4.7 Método Contemporaneous Period Analysis [CPA]

Este método también se le conoce como el método “*But-for Window*” que es una combinación del método *Window Analysis* y *Collapse As-built*. Este método compensa las deficiencias del método *But-for* que no considera los cambios de la ruta crítica durante el progreso del proyecto. Esta técnica repite el análisis en cada *window* sustrayendo “*collapsed*” cada retraso de las partes y comparando las fechas de término antes y después de los escenarios modelados, tal como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 1.15 (Mohan & Al-Gahtani, 2006).

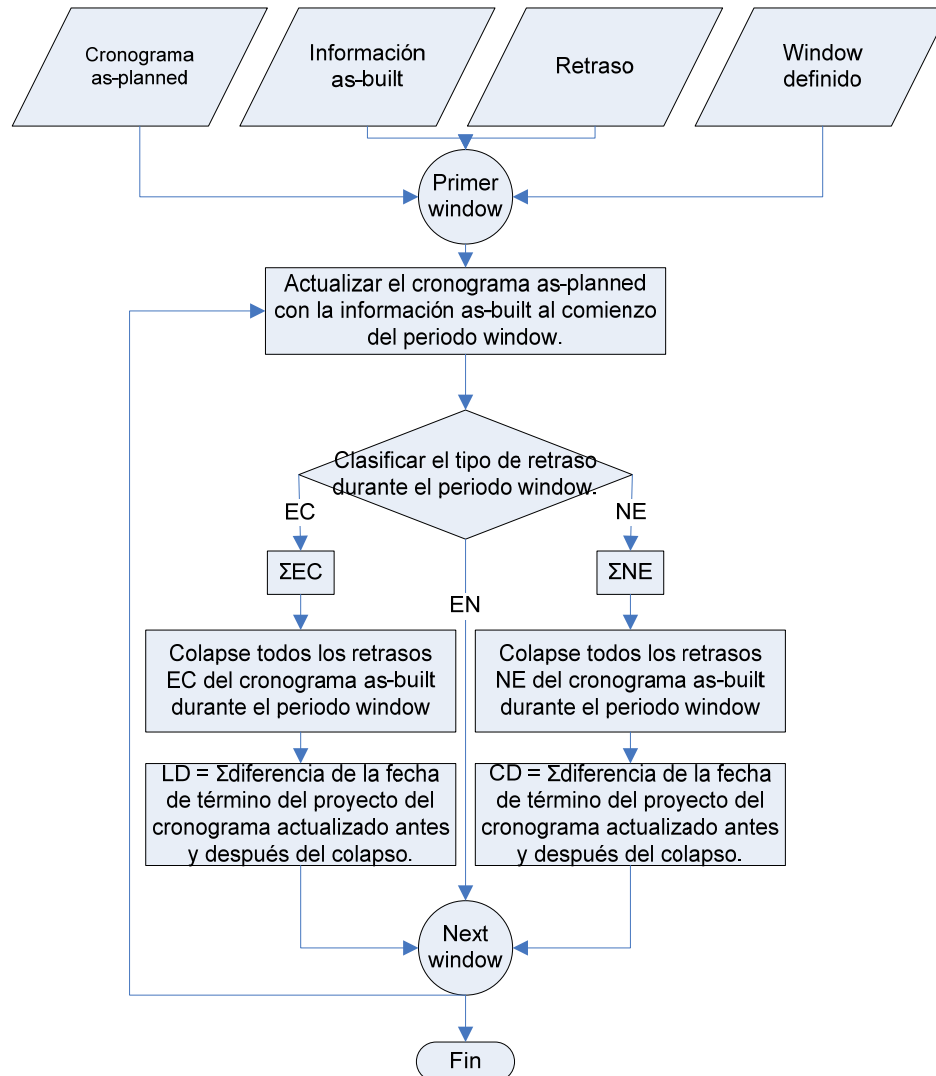


Figura 1.15. Diagrama de flujo del método *Contemporaneous Period Analysis* [CPA].

Fuente: De “*Current Delay Analysis Techniques and Improvements*” de Dr. Satish B. Mohan y Khalid S. Al-Gahtani. Technical Article – *Cost Engineering* Vol.48/Nº9. Setiembre 2006.

Esta técnica es la más adecuada para analizar retrasos. Sin embargo, no capta los cambios de la ruta crítica que ocurren durante el periodo “*window*” de análisis y se pueden obtener resultados inadecuados. Si los periodos “*window*” cambian es posible que los resultados sean diferentes (Mohan & Al-Gahtani, 2006).

1.4.8 *Validación de recursos para la aplicación de los métodos.*

La base para la aplicación de las distintas metodologías de análisis de retrasos lo constituye la garantía en la validez de fuentes de información. Cualquier método de análisis, no importa cuán fiable o meticulosamente aplicado sea, puede fallar si los datos utilizados para el análisis son erróneos. El éxito de cualquiera de los métodos a emplearse radica en minimizar la utilización deficiente de fuentes de información. Por tanto, el enfoque de la validación de recursos es maximizar el uso fiable de fuentes de información en lugar de asegurar la fiabilidad subyacente o exactitud del contenido de la fuente misma. La mejor precisión que un analista puede aspirar a conseguir es el fiel reflejo de los hechos representados en los documentos del proyecto, datos y declaraciones de testigos (Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International, 2007).

Selección, validación y rectificación del cronograma de “línea base”

El cronograma de “línea base” es el punto de inicio de la mayoría de métodos de análisis de retrasos. Incluso aquellos métodos que no utilizan el cronograma de “línea base” como el método de modelación sustractiva a menudo se refieren a éste para la duración de las actividades y la lógica inicial. Por tanto asegurar la validez del cronograma de “línea base” es uno de los pasos más importantes en el proceso de análisis y el procedimiento es el siguiente:

1. Garantizar que los datos de información ingresados se han notificado antes de iniciarse alguna actividad del cronograma.
2. Garantizar la existencia de al menos una ruta crítica continua, usando el criterio de que la ruta más larga comienza con la actividad más temprana (hito inicial) del cronograma y termina con la actividad más tardía del mismo (hito final).
3. Asegurar que todas las actividades posean un predecesor (excepto para el hito inicial) y un sucesor (excepto para el hito final).
4. Garantizar que todo el alcance del proyecto/contrato sea representado en el cronograma.
5. Investigar y documentar las fechas importantes e hitos que violan las provisiones del contrato.
6. Investigar y documentar aspectos importantes o cualquiera del cronograma que viole las provisiones del contrato.
7. Documentar y proveer información básica para cada cambio hecho en la línea base en caso de rectificaciones.
8. Asegurar que el calendario usado para los cálculos del cronograma reflejen las limitaciones de la jornada de trabajo y las restricciones existentes en el momento que el cronograma de “línea base” se elabora.
9. Documentar y explicar la configuración del software utilizado para el cronograma de “línea base”.
10. Dividir las actividades que contiene el alcance del trabajo realizado por más de un subcontratista.

Si no se dispone de un cronograma de “línea base”, pero existe un cronograma CPM subsecuente actualizado, los datos del progreso del cronograma actualizado pueden eliminarse para crear el cronograma de “línea base”. También se puede considerar el caso de contar con un cronograma que es considerado como “línea base” pero

contiene datos del progreso o retrasos que ocurrieron antes de su preparación o aprobación. En estos casos, el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, elimine el inicio real (*actual start* [AS]) y el fin real (*actual finish* [AF]).
2. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, establecer en 0% el avance de la actividad.
3. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, establezca la duración restante (*remaining duration* [RD]) igual a la duración original (*original duration* [OD]).
4. Establecer los datos de información (*data date* [DD]) del cronograma al inicio del proyecto, usualmente algún documento o notificación que reconozca el inicio de obra.
5. Revisar el alcance del cronograma de progreso para determinar si contiene adiciones o eliminaciones del alcance del contrato base.

Recursos, reconstrucción y validación del cronograma As-built

El cronograma *As-built* es un importante recurso de información de la mayoría de métodos de análisis de retrasos. Inclusive, aquellos métodos que no usan directamente el cronograma *As-built*, como los métodos de modelación aditiva, a veces hacen referencia de éste para examinar la razonabilidad de su análisis. Como en el caso del cronograma de línea base, asegurar la validación del cronograma *As-built* es uno de los pasos más importantes en el proceso de análisis.

Es importante aceptar el hecho de que la precisión y confiabilidad de los datos *As-built* no van a ser perfectos. En vez de incrementar la precisión es mejor reconocer la incertidumbre y sistematizar la medición del nivel de incertidumbre de los datos *As-built* y documentar los datos disponibles.

Los métodos de modelación sustractiva requieren un cronograma *As-built* completo como punto de partida. Nótese que la preparación del modelo requiere no sólo la validación de datos *As-built* sino también la creación de un modelo de la secuencia de actividades basada en duraciones reales.

Para calificar un cronograma como *As-built*, la causa de retrasos no tiene que ser explícitamente demostrado, siempre y cuando el efecto del mismo si lo sea. Por ejemplo, si una actividad del cronograma que ha sido planificada para realizarse en 10 días dura 30 días y se muestra como tal, la causa del retraso no tiene que ser demostrado para ser *As-built*. Sin embargo, a medida que se profundice en el análisis, la causa del retraso eventualmente necesitará abordarse de forma explícita. Por tanto el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Si un cronograma actualizado es la fuente primaria de datos *As-built*, elabore una verificación de los datos usando otras fuentes confiables.
2. Elabore una verificación de todas las actividades críticas o cercanas a la ruta crítica.
3. Las fechas contractuales, así como notificaciones, hitos y fechas de término deben ser precisas y exactas.

contiene datos del progreso o retrasos que ocurrieron antes de su preparación o aprobación. En estos casos, el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, elimine el inicio real (*actual start* [AS]) y el fin real (*actual finish* [AF]).
2. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, establecer en 0% el avance de la actividad.
3. Para cada actividad del cronograma que indica progreso, establezca la duración restante (*remaining duration* [RD]) igual a la duración original (*original duration* [OD]).
4. Establecer los datos de información (*data date* [DD]) del cronograma al inicio del proyecto, usualmente algún documento o notificación que reconozca el inicio de obra.
5. Revisar el alcance del cronograma de progreso para determinar si contiene adiciones o eliminaciones del alcance del contrato base.

Recursos, reconstrucción y validación del cronograma As-built

El cronograma *As-built* es un importante recurso de información de la mayoría de métodos de análisis de retrasos. Inclusive, aquellos métodos que no usan directamente el cronograma *As-built*, como los métodos de modelación aditiva, a veces hacen referencia de éste para examinar la razonabilidad de su análisis. Como en el caso del cronograma de línea base, asegurar la validación del cronograma *As-built* es uno de los pasos más importantes en el proceso de análisis.

Es importante aceptar el hecho de que la precisión y confiabilidad de los datos *As-built* no van a ser perfectos. En vez de incrementar la precisión es mejor reconocer la incertidumbre y sistematizar la medición del nivel de incertidumbre de los datos *As-built* y documentar los datos disponibles.

Los métodos de modelación sustractiva requieren un cronograma *As-built* completo como punto de partida. Nótese que la preparación del modelo requiere no sólo la validación de datos *As-built* sino también la creación de un modelo de la secuencia de actividades basada en duraciones reales.

Para calificar un cronograma como *As-built*, la causa de retrasos no tiene que ser explícitamente demostrado, siempre y cuando el efecto del mismo si lo sea. Por ejemplo, si una actividad del cronograma que ha sido planificada para realizarse en 10 días dura 30 días y se muestra como tal, la causa del retraso no tiene que ser demostrado para ser *As-built*. Sin embargo, a medida que se profundice en el análisis, la causa del retraso eventualmente necesitará abordarse de forma explícita. Por tanto el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Si un cronograma actualizado es la fuente primaria de datos *As-built*, elabore una verificación de los datos usando otras fuentes confiables.
2. Elabore una verificación de todas las actividades críticas o cercanas a la ruta crítica.
3. Las fechas contractuales, así como notificaciones, hitos y fechas de término deben ser precisas y exactas.

Existen dos enfoques para crear un cronograma *As-built*. El primero es crear un cronograma *As-built* a partir de cero utilizando diversos tipos de registros de los progresos del proyecto, por ejemplo, el registro diario. El cronograma resultante se define por su potencial limitación y nivel de detalle y alcance de información disponibles en los registros de progreso usados para reconstruir el *As-built*. A continuación se presenta el procedimiento a seguir:

- a. Algunas veces un registro *As-built* de la obra es necesario para verificar la precisión de los datos CPM reflejados en varios cronogramas actualizados e identificar y correlacionar los eventos dentro de una actividad particular del cronograma CPM. Esta identificación de los acontecimientos en una actividad dentro del cronograma CPM es esencial para particularizar posibles cambios en el cronograma y explicar la responsabilidad de cualquier retraso.
- b. La mejor fuente de datos *As-built* es un diario de la historia de acontecimientos en el proyecto desarrollado y mantenido por las personas que trabajan en el proyecto. Tradicionalmente hay informes diarios del contratista, pero pueden haber informes diarios de inspección del dueño o un reporte diario de los progresos o avances del proyecto. Estos registros diarios pueden ser mejoradas según sea necesario por otras fuentes primarias tales como certificados de fin de obra, informes de inspección, informe de incidentes e informes de puesta en marcha; así como fuentes secundarias como actas de reuniones semanales o informes de progreso.
- c. A menudo es mejor desarrollar el diario específico *As-built* utilizando una base de datos donde cada entrada del reporte diario es listado separadamente como un registro. Esta base de datos permite la historia completa de cada actividad del cronograma en el tiempo, o una versión electrónica del reporte diario codificado por actividades realizadas en un día particular.
- d. Es importante desarrollar una correlación entre las actividades *As-planned* y *As-built*. Las actividades del cronograma de “línea base” usualmente incluyen suficientes descripciones para distinguirlos de otras actividades similares. El cronograma *As-built* es codificado con las mismas actividades incluidas en el cronograma de “línea base”. Es frecuente el caso de que no hay una correspondencia perfecta entre las actividades de los dos cronogramas. Algunas de las actividades *As-planned* no aparecen en el *As-built*, y con mayor frecuencia existen importantes actividades *As-built* que se encuentran en mayor detalle o simplemente no aparecen en el *As-planned*.
- e. Alinee el cronograma *As-built* con el cronograma *As-planned*. Este paso puede realizarse ya sea en una gran base de datos con gráficos, o puede hacerse a mano.
- f. Identifique el verdadero “inicio” de una actividad. Esto es relativamente fácil de identificar de los datos *As-built* pero no siempre. Es recomendable que el inicio de una actividad se considere como la primera fecha asociada con una serie de días de trabajo en una actividad.
- g. Identifique el “verdadero final” de una actividad. Aplicar la misma lógica anterior para las fechas finales. Generalmente el analista, en ausencia de datos específicos debería asumir que cuando el periodo de trabajo concentrado se ha completado en una actividad, la actividad ha terminado. Otro posible criterio es que una actividad puede ser considerada lógicamente terminada cuando la actividad sucesora es capaz de iniciar sus trabajos.

El segundo enfoque consiste en adoptar plenamente la actualización total del progreso como la base del cronograma *As-built* y hacer algunas modificaciones y/o adiciones si fuere necesario. A menudo la actualización total del progreso del proyecto no está disponible y el analista debe completar el estado del cronograma con los registros de progresos o avances. En aplicación de este enfoque es importante comprender el alcance exacto de las actividades del cronograma de “línea base” antes de verificar o investigar las fechas actuales de inicio y fin de cada una de ellas. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- a. Debido a que los escenarios de retrasos envuelven algunas veces factores externos a las asunciones originales del contrato cuando se creó el cronograma *As-planned*, es necesario añadir actividades o mejorar el nivel de detalle más allá del contenido en la “línea base”.
- b. Reconocer la importancia de entender el alcance exacto y la asunción de cada actividad del cronograma *As-planned* para que los datos *As-built* reflejen el mismo alcance.
- c. Si la descripción de las actividades del cronograma son muy generales o vagas para acertar apropiadamente el alcance, éste debería subdividirse en componentes de detalle usando otros reportes de progresos.
- d. Entrevistar al programador u otra persona que tenga conocimiento de la recolección de información actualizada y sus procedimientos para evaluar la fiabilidad de los datos.

Varios de los cronogramas CPM usados actualmente contienen cientos o miles de actividades. Mientras que ese nivel de detalle sea necesario para mantener un mejor desarrollo y progreso del control de obra, no necesariamente sea necesario para el análisis de retrasos, ya que sólo puede centrarse a aquellas actividades dentro y cerca de la ruta crítica.

Validación, rectificación y reconstrucción de cronogramas actualizados

Un cronograma actualizado consiste en una porción de datos de información *As-built* (lado izquierdo), y otra porción *As-planned* (lado derecho). Debido a sus características *As-planned* y *As-built* es necesario, a parte del procedimiento siguiente, seguir los procedimientos mencionados anteriormente.

1. Juntar todas las actualizaciones del cronograma de manera que se cubra los datos de información real total de la duración del proyecto desde el inicio al final.
2. Utilice sólo actualizaciones de cronogramas oficiales.
3. Asegúrese de que la actualización contenga una cadena de actividades perteneciente a una “línea base”.
4. Comprobar la consistencia de las fechas de inicio y fin asignado a cada actividad del cronograma para cada actualización.
5. Documente el modo de cálculo de cada cronograma actualizado asegurando su consistencia entre cada actualización.
6. Documente y provee las bases para cada actualización como cambios que extiendan, reduzcan o cambien de alguna manera la ruta crítica.
7. Si se dispone de otro registro de progresos, verifique la duración restante y los valores de porcentaje de avance para su determinación y comparación.

Capítulo 2.

La administración de los proyectos de construcción

Este capítulo presenta información relevante sobre la administración de proyectos de construcción, mostrando conceptos relacionados a la administración contractual, y las etapas de planeamiento y control de obra.

Es necesario mencionar que lo presentado en este capítulo trata de mostrar las características que deben normar el desarrollo de los proyectos de construcción tanto en el Perú como a nivel internacional, tanto para el sector público como para el privado.

2.1 La administración contractual en construcción

La Administración Contractual puede muchas veces confundirse con la Administración de proyectos, ya que el primero forma parte de este último y engloba varios aspectos durante el ciclo de vida de un proyecto (Bartholomew, 2002). De acuerdo a Vega (2003, pág. 7) la Administración Contractual consiste en el correcto manejo del Contrato suscrito entre las partes. En efecto, a través de la práctica de la Administración Contractual en todos los niveles de la organización uno adquiere un mayor dominio de cuáles son sus obligaciones y derechos, es decir responsabilidades. Es mediante este mayor dominio que una empresa adquiere una ventaja comparativa y pasa a tener un enfoque más profesional de su contrato ya sea contratista, entidad contratante, empresa supervisora, empresa subcontratista y en general todas las partes involucradas.

En términos generales, un Contrato puede definirse como el documento que establece las responsabilidades y derechos de cada una de las partes y el costo asociado a las responsabilidades asumidas (Vega, 2003). Es por esto que resulta sumamente importante que los contratos establezcan las obligaciones y responsabilidades de las partes en la forma más clara posible.

Dependiendo del correcto acompañamiento de todos los compromisos suscritos en el contrato, se puede apreciar quién de los participantes tendrá mayor preocupación o interés en un mayor control de obra para evitar problemas posteriores por incumplimiento de plazo y por el riesgo económico al que se pueda incurrir por el mismo. Por otro lado, la falta de consideración de una determinada cláusula u

obligación del Contrato puede terminar representando un perjuicio para la parte que no lo consideró.

Los participantes principales son el dueño (o propietario de la obra) y el contratista, quienes tienen asignados obligaciones y derechos pactados en el contrato de obra. Pero adicionalmente, la intervención del proyectista y del inspector o supervisor de obra, si estuvieran estipulados en el contrato, pueden influenciar para deslindar o adjuntar responsabilidades adicionales a estos participantes durante la ejecución de obra.

Una vez celebrado el contrato de construcción, y antes de empezar la ejecución de obra, es necesario que dentro de la documentación que se adjunta al contrato se presente un cronograma que indique cómo se realizarán las actividades, de manera que se pueda asignar las responsabilidades específicas a cada participante.

Las probabilidades de que existan inconvenientes que retrasen el plazo contractual son siempre altas a pesar de contar con un análisis de riesgos, esto es debido a los factores humanos y condiciones climáticas a las que se encuentra influenciada la obra.

Justamente con el cronograma es que se podrá establecer un control de obra, de tal forma que durante la ejecución se verán cuales acciones de los participantes afectan la duración de estas actividades, pudiendo ocasionar un retraso en el plazo contractual. Durante esta fase, y si es que se producen eventualidades contraproducentes en el calendario de obra o cronograma, es donde se puede aplicar un análisis de retrasos desarrollado por el contratista para poder justificar alguna solicitud de ampliación de plazo, o por el dueño para verificar la legitimidad de la misma solicitud.

2.1.1 *Los contratos en construcción*

Todas las obras de construcción están ligadas a un contrato, en donde las partes involucradas establecen reducir al mínimo aquellas estipulaciones que en la práctica obstaculicen el resultado proyectado de la obra, el cual se espera concluir de manera oportuna y sin mayores costos, con la consecuente generación de utilidades (Merritt, 1985).

Es necesario precisar que todo contrato es, en estricto, un acuerdo de voluntades entre dos o más personas naturales o jurídicas, con el objeto de crear vínculos obligacionales (Navarro, 2001). De acuerdo al Código Civil, mediante el contrato las partes expresan su voluntad para crear, regular, modificar o extinguir relaciones jurídicas patrimoniales².

Asimismo, el referido cuerpo legal contempla los elementos que deben estar presentes en todo contrato, tales como: la pluralidad de personas; el consentimiento o

² Artículo 1351 del Código Civil.- El contrato es el acuerdo de dos o más partes para crear, regular, modificar o extinguir una relación jurídica patrimonial.

acuerdo de voluntades; el objeto, el cual debe ser física y jurídicamente posible; el fin de ser lícito; y además se debe respetar las formalidades establecidas por ley.

En los proyectos de construcción existen numerosas circunstancias que pueden suceder y es imposible contemplarlas todas en un contrato. Por lo tanto, cuando uno visualiza alguna circunstancia que puede desarrollarse y convertirse en un problema, lo mejor que puede hacerse es registrarlo para que ambas partes, ya sea la entidad contratante o el contratista, tengan la oportunidad de saber que algo está ocurriendo y puedan tomar alguna acción al respecto (Vega, 2003, pág. 16). Cabe señalar que es imposible determinar absolutamente todos los problemas que pueden ocurrir en un proyecto de construcción; sin embargo, en la medida que esté contemplado en el contrato la mayor cantidad de circunstancias será más sencillo el acompañamiento del mismo (Vega, 2003, pág. 39).

Para el caso de obras públicas existe la obligación por ambas partes, propietario y contratista, de suscribir un contrato en el cual se describan todos los puntos necesarios para que la ejecución de la obra se haga de acuerdo a lo esperado por ambas partes. Los artículos 35°, 40° y 43° de la Ley de Contrataciones del Estado y el artículo 137° del Reglamento de Contrataciones del Estado (ver Anexo A) expresa claramente lo antes mencionado.

Existen dos tipos de contratos según la obra a ejecutar: los contratos de obra pública; y los contratos de obra privada. De acuerdo a estas definiciones de contratos podemos observar algunas características similares que nos ayudarán posteriormente a determinar el tipo de análisis a realizar de manera que se amolden mejor a las características de cada uno, además de poder establecer responsabilidades y tipos de retrasos comunes.

El contrato de obra pública se caracteriza principalmente porque en ella no cabe negociación con la otra parte, que en este caso es una entidad del sector público. La ejecución del Contrato se regirá por la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, cuyos capítulos tienen disposiciones específicas para la ejecución de obras. El procedimiento, límites y autorizaciones para la aprobación de adelantos, adicionales, y otros aspectos importantes en un contrato de obra pública se encuentran allí detallados.

El contrato de obra privada se desarrolla básicamente sobre la base de lo que acuerden las partes y supletoriamente se aplican las normas del Código Civil. Así, el referido cuerpo legal lo denomina Contrato de Obra y se encuentra definido en su Art. 1771³, del cual se puede deducir que el contrato de construcción, consiste básicamente en una obligación de hacer.

Al redactar un contrato de construcción o de obra, es necesario tener en cuenta la inclusión de ciertas cláusulas básicas que permitirán que éste se desarrolle y ejecute sin mayores inconvenientes (Navarro, 2001), entre estas, además de las generales de ley, debe considerarse lo siguiente:

³ Artículo 1771.- Por el contrato de obra, el contratista se obliga a hacer una obra determinada y el comitente a pagarle una retribución.

- a. **Definiciones:**
El contrato debe tener una terminología única, de manera que al emplear palabras con significado especial sea entendido por ambas partes.
- b. **Objeto del contrato:**
Expresa de manera clara y precisa las obligaciones o prestaciones contenidas en el contrato.
- c. **Sistema de contratación:**
Tipo de contrato como precios unitarios, suma alzada o una administración.
- d. **Ley aplicable:**
Señalar bajo qué normas se celebra el contrato, el cual puede diferir para la solución de controversias.
- e. **Idioma:**
Redactar el contrato en un solo idioma, o en el idioma de ambas partes indicando cuál de ellas prevalecerá.
- f. **Proyectista:**
Indicar quién es el proyectista, quién diseñó el proyecto, quién realizó las especificaciones técnicas, quién hizo los estudios de suelos.
- g. **Documentos:**
Indicar los documentos que integran el contrato y su prelación en grado de importancia.
- h. **Precio y condiciones de pago:**
Dependerán de la modalidad de construcción.
- i. **Plazos:**
Para la ejecución de obra, liquidación de la misma y resolución de inconvenientes.
- j. **Obligaciones del contratista:**
Referidos a todas las acciones y responsabilidades del contratista para la realización de la obra, objeto del contrato.
- k. **Obligaciones del propietario:**
Referidos a todas las acciones y responsabilidades del propietario para el cumplimiento de los puntos mencionados en los objetivos del contrato.
- l. **Seguros:**
Indicando los seguros a contratar contra cualquier riesgo que se pueda incurrir durante la ejecución de la obra.
- m. **Sub-contratos:**
Definir que parte de la ejecución de la obra puede subcontratarse, definiendo alcances y responsabilidades.

- n. Fianzas:
Especifica los tipos de fianza que se pueden utilizar como garantía.
- o. Licencias, autorizaciones:
Establecer quién es el encargado de solicitar, quien corre riesgos por los costos y que penalidades se dan en caso de no contar con ellas.
- p. Tributos:
Tributos aplicables a los cuales está sujeta la obra.
- q. Supervisión de obra:
Quien es el supervisor, establecer sus responsabilidades, facultades y limitaciones.
- r. Terminación de obra:
Establece el procedimiento y fecha para la entrega de obra.
- s. Recepción de obra:
Establece el procedimiento, documentos y plazos para la recepción de obra. Incluye también el periodo de garantía.
- t. Resolución del contrato:
Procedimientos y causales para la resolución de contrato.
- u. Penalidades e incentivos:
Especificar las penalidades por incumplimiento de plazo, por retraso en la obra, por día, monto máximo. Igualmente especificar los incentivos por entrega de obra antes del plazo.
- v. Liquidación del contrato:
Especificaciones de documentos a presentarse para la liquidación de obra.
- w. Solución de controversias:
Especificar las normas aplicables para la solución de controversias. Indicar el procedimiento y pactar la vía de solución, ya sea por arbitraje de derecho o de conciencia.

Estas definiciones no sólo están dadas para un contrato de obra privada, sino que también algunas se mencionan para el caso de obras públicas, en el artículo 142° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado donde se estipula que el contenido del contrato estará conformado con la documentación derivada del proceso de selección, indicándose las obligaciones de cada una de las partes.

Uno de los puntos importantes de los contratos para estudios de este trabajo, ya sean de obras públicas o privadas, son las obligaciones del contratista y del propietario, ya que dependiendo de lo estipulado en el contrato se facilitará la asignación de las responsabilidades por los retrasos presentados en obra.

El siguiente punto importante a considerar para el análisis de retrasos son los documentos, ya que serán la fuente de información legal a utilizar para justificar los

resultados obtenidos del análisis. La norma 600-05 (ver Anexo B) del control interno para el área de obras públicas detalla los anexos del contrato como el expediente técnico y los planos.

Los plazos de ejecución de obra son otro punto importante a considerar para el análisis de retrasos, ya que en éste se indicarán las fechas de inicio, liquidación y entrega de obra. Para el caso de obras públicas, el artículo 151° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado menciona los requisitos para establecer el inicio de obra, igualmente el artículo 184° (ver Anexo A) del Reglamento indica que el cómputo del plazo contractual se harán en días naturales.

El tema de las licencias y autorizaciones debe estar claramente establecido, de manera que en caso de haber retrasos por incumplimiento de este punto, quien se vea afectado pueda valerse de esto para deslindar responsabilidades o adjuntarlas a quien corresponda.

2.1.2 *Tipos de contratos en construcción*

Los contratos de construcción pueden clasificarse según el sistema de contratación: (i) a precios unitarios, (ii) a suma alzada, o (iii) por administración controlada. Esta clasificación está establecida para el caso de obras públicas en los artículos 40° y 41° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado. Adicionalmente, el artículo 47° (ver Anexo A) del Reglamento menciona los factores de evaluación para la contratación de obras públicas. La importancia de esta clasificación reside en que por medio de ésta se puede observar quién de los participantes principales tiene “mayor” interés de realizar un análisis de retrasos que facilite clasificar los retrasos para asignarlos a sus responsables.

El contrato a precios unitarios es aquel donde el contratista ofrece un precio determinado para cada unidad o partida que comprenda la obra, de esta manera el trabajo ejecutado es medido y multiplicado por los precios unitarios para determinar el precio a pagar. Este tipo de contrato es aplicable cuando falta definir el monto total del proyecto. Debido a esto, el cronograma estará sujeto a posibles modificaciones conforme se vaya avanzando en la ejecución de obra. Por tanto, en este tipo de contrato podría no ser necesario hacer un análisis de retrasos por parte del contratista, ya que el plazo contractual depende de la variabilidad de los metrados, o trabajos extras, que se realicen durante la ejecución; caso contrario para el dueño, quien posiblemente esté interesado en no incurrir en retrasos que puedan generarle mayores costos de los previstos.

El contrato a suma alzada es aquel donde el contratista ofrece un precio por el cual se compromete a ejecutar la totalidad de la obra, por lo que se restringe la posibilidad de introducir variaciones en la ejecución de las obras, caracterizándose por su rigidez o poca flexibilidad. El riesgo es asumido por el contratista, por lo que el alcance del trabajo, en este caso la ingeniería de diseño, debe estar definido. A diferencia del caso anterior, para este tipo de contrato se puede sentir la necesidad de realizar un análisis de retrasos, en caso los hubiera, debido a la potencialidad de riesgo económico, por parte del contratista, de no cumplir con el plazo contractual de obra.

El contrato por administración es aquel donde el propietario paga los costos de la obra más un honorario/fee (variable o fijo), que puede incluir la utilidad y los gastos generales (*overhead*). Por otro lado, si no existe un costo máximo estipulado (*target price*), la mayor parte del riesgo económico lo soporta el propietario. Además, los costos a los que se puede incurrir por retrasos en el cronograma podrían afectar económicamente al propietario. Debido a esto, el propietario estaría más interesado en llevar un análisis de retrasos para poder establecer quien está sujeto a correr con los mayores costos incurridos por los retrasos.

2.1.3 *Los participantes en el contrato de una obra de construcción.*

Como se ha podido apreciar en el apartado anterior, en las diferentes clasificaciones de los contratos de construcción se mencionan ciertas características similares, entre ellas los participantes del contrato y por tanto también de la ejecución de obra. En el caso de obras públicas, el artículo 43° de la Ley de Contrataciones del Estado y el artículo 140° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado menciona los participantes de la relación contractual y los requisitos de los mismos.

El primero de los participantes que podemos resaltar es el dueño o propietario de la obra, el cual puede ser una entidad pública para el caso de obras públicas o una empresa privada o persona natural para el caso de obras privadas. Según los contratos, el dueño o propietario tiene una lista de obligaciones y derechos con respecto al desarrollo de la ejecución del proyecto de obra. Una de las obligaciones del dueño es brindar las facilidades e información necesarias para que el contratista pueda ejecutar la obra sin contratiempos. Como derecho, el propietario debe comprobar que la obra se ejecute de acuerdo a los parámetros técnicos de ingeniería y en el plazo acordado. En el Reglamento de Contrataciones del Estado, indica cuales son las obligaciones de la Entidad (propietario) con respecto a las obras de construcción en el artículo 153° (ver Anexo A).

Como contraparte del dueño o propietario de obra, tenemos que el segundo participante importante en la ejecución de obras es el contratista, quien al igual que el dueño, tiene obligaciones y derechos que seguir para el buen desarrollo de la obra. Una de las obligaciones del contratista es cumplir con las especificaciones técnicas dadas por el dueño en el plazo acordado (ver Anexo A, artículo 49° de la Ley de Contrataciones). Como derecho, el contratista debe recibir un pago como retribución por los trabajos realizados, en conformidad con el contrato estipulado. En el artículo 50° de la Ley de Contrataciones del Estado y el artículo 154° del Reglamento de Contrataciones del Estado (ver Anexo A) indica cuales son las responsabilidades del contratista respecto a la ejecución de obras públicas. Además en el artículo 185° del Reglamento (ver Anexo A) se menciona que el representante del contratista es el Residente de Obra, quien deberá cumplir ciertos requisitos.

La Tabla 2.1 muestra las obligaciones y derechos del dueño y el contratista, según lo estipulado en los contratos de obra tanto pública o privada.

Además de estos participantes, es necesario definir otros dos participantes secundarios que usualmente son mencionados en los contratos de obras y que pueden influenciar en el análisis de retrasos: el proyectista, y el supervisor o inspector de obra.

Tabla 2.1.
Obligaciones y Derechos del Propietario y del Contratista.

	Obligaciones	Derechos
Dueño o propietario	<p>Pagar la retribución al contratista en la forma y plazo establecidos en el contrato.</p> <p>Indemnizar al contratista si decide dar por concluida la relación contractual sin que exista causa justa imputable al contratista.</p>	<p>Inspeccionar la ejecución de la obra ya sea por cuenta propia o por medio de terceros.</p> <p>A exigir que la obra se ejecute de acuerdo a las reglas del arte o normas básicas de ingeniería.</p> <p>A resolver el contrato y a exigir una indemnización por daños y perjuicios si el contratista no ejecutase la obra de acuerdo a las reglas de ingeniería.</p> <p>A comprobar la buena ejecución de la obra antes de proceder a su recepción.</p>
Contratista	<p>Hacer la obra en la forma y plazos convenidos en el contrato.</p> <p>Dar aviso inmediato al propietario de los defectos del suelo o de la mala calidad de los materiales proporcionados por éste.</p> <p>Pagar los materiales que reciba si estos quedan en imposibilidad de ser usados en la obra por su negligencia o impericia.</p> <p>No introducir variaciones en las características convenidas de la obra sin la aprobación del propietario.</p>	<p>Al pago de la retribución convenida en la forma y plazo estipulados.</p> <p>A dar por entregada la obra si el propietario la recibe sin reserva pese a que no se haya realizado la verificación respectiva.</p> <p>A encontrarse exonerado de responsabilidad por diversidad o vicios exteriores de la obra si la misma es recibida por el propietario sin observaciones y/o reservas.</p> <p>A ser indemnizado por los trabajos realizados, al reconocimiento de los gastos soportados, los materiales preparados y lo que hubiere ganado si la obra se hubiere concluido si el propietario unilateralmente decide separarse de la relación contractual.</p>

Fuente: De “*Contratos de Obras y Negociación*” Elaborado por Dr. Enrique Navarro Sologuren. Tecnología en la Construcción. Libro de Ponencias del I Congreso Internacional de la Construcción – ICG.

El proyectista es quien diseñó el proyecto, realizó las especificaciones técnicas, hizo los estudios de suelos, etc. Por eso, aunque no es un participante directamente relacionado con la ejecución de obra, es un participante importante ya que las modificaciones u observaciones que indique el contratista antes de iniciar la ejecución o durante el mismo deben ser absueltas por él.

Esta condición está dada en el contrato de obras privadas y, en el caso de obras públicas se menciona al respecto el Artículo 152° del Reglamento de Contrataciones y Adquisiciones del Estado (ver Anexo A). Además, de acuerdo a la norma 600-06 (ver Anexo B) de control interno para el área de obras públicas menciona que toda modificación y subsanación de errores y omisiones en el expediente técnico debe ser revisado por el proyectista, quien dictaminará si se hacen las correcciones pertinentes o no. Por tanto, dependiendo de la postura del proyectista se podrán deslindar responsabilidades del contratista en caso éstos se susciten en obra.

El supervisor o inspector de obra es un participante secundario al igual que el proyectista, su función es supervisar que el contratista ejecute la obra de acuerdo a lo convenido en el contrato. Es como el ente controlador de obra, y sirve como intermediario entre el dueño de la obra y el contratista.

En las obras privadas, el supervisor puede ser uno de los encargados del proyecto dentro de la empresa privada; en el caso de obras públicas es algún funcionario público o persona natural o jurídica contratada para el cargo, el cual debe cumplir con las condiciones dadas en el artículo 47° de la Ley de Contrataciones del Estado y el Artículo 190° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado. Las funciones del supervisor, o inspector de obra, están también mencionadas en el Reglamento en el artículo 193° (ver Anexo A) y entre ellas menciona que podrá autorizar actividades relacionadas con la obra, más no tendrá autoridad para cambiar las especificaciones dadas en el contrato.

La actividad de supervisión de obra, forma parte del proceso de construcción; es importante una adecuada planeación con la finalidad esencial de que ésta se coordine adecuadamente con su ejecución, permitiendo lograr la calidad prevista. La supervisión debe tener los conocimientos técnicos y técnicos-administrativos que le permitan organizar y controlar la obra, para verificar que se cumplan las especificaciones de construcción tanto en materiales, mano de obra, herramientas, equipo y/o maquinaria, propiciando al contratista una asistencia técnica oportuna que permitirá calidad especificada, avance oportuno y cumplimiento al programa de obra (Martínez, 2005).

2.2 Planeamiento y cronograma de obra

Por lo general todo proyecto de construcción tiene definido el presupuesto, el plazo, y las especificaciones técnicas con sus respectivos planos de detalle. Los dos primeros se encuentran definidos en el contrato, mientras que el tercero está anexado al contrato.

Las especificaciones de obra, tradicionalmente, agrupan las partidas o conjunto de ellas a fin de describir las características de los materiales a emplear, las especificaciones del procedimiento a ejecutar, las pruebas que deben cumplir tanto los materiales como los trabajos realizados, etc.; es decir la cantidad de información que es considerada necesaria para la correcta ejecución de la obra. La presentación de las especificaciones de obra es obligatoria a la hora de suscribir un contrato, sobre todo para el caso de obras públicas, el cual se especifica en los artículos 13°, 26° y 31° de la Ley de Contrataciones del Estado y el artículo 39° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado.

La importancia de presentar toda esta información radica en que muestra una buena y completa definición del alcance del trabajo, por las siguientes razones: (i) Se necesita saber cuando la obra ha terminado, (ii) Se necesita saber la diferencia entre lo acordado por realizar y los nuevos trabajos solicitados; y (iii) Se necesita saber cuando el trabajo total se ha completado.

La primera razón radica en la importancia de tener conocimiento de cuándo todo el trabajo que se planeó originalmente ha sido hecho y tener una medición tangible de cualquier obra que se da como terminado; en el segundo caso el motivo es porque se necesita saber la diferencia entre lo acordado por realizar y los nuevos trabajos solicitados, en caso alguien solicite realizar más trabajo del que originalmente se ha acordado; y el tercero debe es que debe tenerse en cuenta en todo momento.

Una de las disposiciones que se tiene, en caso que el contratista encuentre algún defecto en la documentación presentada por el dueño para la ejecución de obra, es la de perfeccionar el contrato. De esta manera se podrán hacer modificaciones al momento de suscribirse el contrato, tal como lo indica el Artículo 138° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones y Adquisiciones del Estado.

Además, antes del inicio de ejecución de la obra, según el Reglamento de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, Artículo 152° (ver Anexo A) indica que el contratista tiene la posibilidad de presentar las observaciones que crea conveniente en caso de haber fallas o defectos en los documentos que están incluidos en el contrato de obra. Sin embargo, en las obras públicas se ha observado que en muchas de ellas el plazo de ejecución real no concuerda con el plazo contractual, llegándose en varios casos a una ampliación de plazo solicitado por el contratista o en la aplicación de mora por parte del propietario por incumplimiento del plazo contractual.

De acuerdo a la literatura encontrada, el cronograma es la herramienta más usada para planificar paso a paso la ejecución de obra y de esta manera determinar el plazo total de ejecución, el cual debe coincidir o ser menor que el plazo contractual. Es decir, consiste en ordenar las diversas operaciones comprendidas en la construcción en la secuencia requerida para lograr su terminación en el mínimo periodo que esté acorde al presupuesto establecido, además de brindar información para el control de obra.

Por definición, el cronograma indica la fecha de inicio y fin (duración) de cada actividad, adicionalmente identifica los recursos necesarios para realizar la actividad, y qué actividades debemos considerar para evitar retrasos de tal forma que el cumplimiento de plazo contractual no se vea afectado. De acuerdo al artículo 151° del Reglamento de Contrataciones y Adquisiciones del Estado (ver Anexo A) los días imputados para el plazo contractual serán días naturales, los cuales deberá considerarse para el análisis de retrasos utilizando el cronograma de obra.

Profundizando más en la definición del cronograma, Merritt (1985) indica que:

“El cronograma muestra todas las partidas que afectan el progreso del trabajo y considera la duración de la construcción en un lugar particular. En donde sea aplicable, considera la fecha más ventajosa o la fecha requerida para desviar los ríos, cuando pueden obtenerse partidas de equipo o de la planta de construcción nueva o especializada, las posibles fechas de entrega de los materiales proporcionados por el contratista, las fechas de recepción de las partidas de equipo principales que son proporcionados por el propietario, y otros factores de control. Con estas fechas, se determinan las tasas de producción para las partidas de control de trabajo y se establecen

tentativamente el tipo, la cantidad y el tamaño de las diversas unidades del equipo y de la planta de construcción necesarias para terminar el trabajo, como lo requiere el programa.”

Los cronogramas de obra se pueden clasificar de tres maneras, dependiendo de la fase en la que se encuentren. El cronograma *As-planned*, o cronograma de línea base, es elaborado por el contratista durante la fase de proceso de selección como uno de los requisitos para la contratación de una obra. El cronograma de seguimiento o actualizado es elaborado, como su nombre lo indica, durante la ejecución de obra. Y por último, el cronograma *As-built* muestra el tiempo real que duró la ejecución de obra, y se presenta durante la liquidación de obra.

El cronograma *As-planned* se realiza durante la planificación de la ejecución de obra. La bibliografía encontrada coincide en que este cronograma forma la base de simulaciones que tendrá una influencia considerable en la mayoría de los métodos de análisis de retrasos. Su elaboración se dará a medida que se va desarrollando la planificación, determinándose la duración estimada que llevará la ejecución de la obra. Este cronograma puede tener varias modificaciones antes de ser presentada para el proceso de selección, de manera que se logre optimizar el plazo a un costo mínimo, de manera que se presente información gráfica que se requiere para la fase de ejecución. Presentar este cronograma para el inicio de la obra es mencionada también en el artículo 183° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado, dentro de las normas legales peruanas de construcción.

Dentro del cronograma *As-planned* es necesario mencionar que el cronograma de construcción es esencial para coordinar las actividades del día a día durante la ejecución de obra. Este cronograma se utiliza como programa de avance que muestra las fechas de comienzo y fin de los diferentes trabajos que se van ejecutando (Merritt, 1985). De acuerdo a Merritt dice que:

“Los programas de avance deben quedar preparados al comienzo del trabajo, con el fin de coordinar el trabajo de todos los departamentos de la organización del contratista. Los contratos de construcción con frecuencia requieren que el contratista proporcione un programa de avance para que sea autorizado por el propietario dentro de un tiempo especificado después que le ha sido concedido el contrato y antes que se inicie la construcción. Con frecuencia se subraya la importancia de este requisito en las disposiciones del contrato, de manera que la omisión o negligencia en presentar un programa satisfactorio pueda anular la concesión del contrato y perderse la garantía de la propuesta.”

En el caso de obras públicas, la norma peruana en el artículo 150° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado menciona que, para el cómputo del plazo de duración de los contratos de obras y plazos de ejecución, una de las condiciones es que el contratista debe entregar el calendario de obra (programa de avance) valorizado en concordancia con el cronograma de desembolsos establecidos, los precios unitarios del contratista, y el calendario de adquisición de materiales e insumos necesarios para la ejecución de obra, cuando sea aplicable. Por tanto, sólo se pone como un requerimiento para dar inicio al plazo contractual, más no es un factor determinante para la anulación del contrato como se menciona en la cita anterior.

El cronograma de seguimiento o actualizado presenta información contemporánea de cómo el proyecto se ha desarrollado en un intervalo de tiempo. Es decir, para un momento determinado durante la ejecución del proyecto, el cronograma presenta en el lado izquierdo información real del desarrollo de las actividades y el lado derecho solo la estimación de cómo seguirán las actividades futuras.

El cronograma *As-built* es el resultado de la última actualización del cronograma actualizado después de terminar todos los trabajos para la ejecución de la obra. Se presenta después de la recepción de obra, como un registro de todos los eventos que se presentaron durante la ejecución de obra, incluyendo los eventos imprevistos como dificultades de coordinación, productividad, retrasos de transporte de material y equipo, entre otros que su hubiesen presentado. Esta información será de utilidad tanto para mejorar los procesos constructivos de las actividades para nuevos trabajos, así como base para el análisis de retrasos.

La metodología de valor ganado para el control de proyectos posee un solo cronograma maestro (Project Management Schedule [PMS]) el cual define los principales parámetros del proyecto y es desarrollado por la dirección del Gerente del proyecto. Este documento es controlado y formalmente remitido a los principales individuos del proyecto. Todos los cronogramas detallados del proyecto deben estar subordinados al PMS en todos los hitos especificados en éste, utilizando para el método CPM para el desarrollo y control de los cronogramas (Oliveros & Bahamondes, 2003).

Como se ha podido apreciar, existen varios cronogramas durante las fases del proyecto, donde el contrato indicará qué cronogramas deberán presentarse. Sin embargo, para el caso de obras públicas, el Reglamento de Contrataciones del Estado, en el Artículo 183° (ver Anexo A), indica que se deberá presentar el cronograma PERT-CPM concordante con el plazo contractual como un requisito adicional para la suscripción del contrato de obra.

A nivel internacional, el cronograma CPM ha sido aceptado por la industria de la construcción como el mejor método para la planificación de los trabajos, tanto para obras sencillas como complejas. Debido al uso común del método CPM para la elaboración del cronograma de obra, muchos de los métodos desarrollados para el análisis de retrasos tienen sus bases en este cronograma (Schumacher, 1995). Galloway (2006) afirma que el buen desarrollo, actualización y consistencia en el uso del cronograma CPM durante la ejecución de obra ha demostrado, en los últimos 20 años, un incremento en la probabilidad de terminar la obra en el plazo contractual, o por lo menos, reflejar la necesidad de una ampliación de plazo.

2.3 Control de la obra y la importancia del tiempo.

El tiempo es menos tangible que la mano de obra o el material de los elementos que intervienen en la construcción, sin embargo es real e importante ya que el tiempo y el dinero están relacionados en muchas formas.

A menudo, la realización de cambios o inconvenientes que se presenten en obra puede implicar retrasos en las actividades programadas que realiza el contratista, de acuerdo al programa de avance. Estos retrasos en muchos casos implican costos adicionales, por lo que el contratista tratará de cobrar estos costos en sus valorizaciones (ver Anexo A, Artículo 41° de la Ley y Artículos 192° y 202° del Reglamento).

Esto presta mayor importancia al trabajo del supervisor de registrar y verificar cuales son las causas de los retrasos presentados en obra, y comprobar la veracidad del contratista para la solicitud de una ampliación de plazo o cobro de costos adicionales.

El efecto del tiempo ganado o perdido en cualquier actividad se refleja en muchas otras partidas de la obra. Por tanto, es necesaria una frecuente revisión, cuando el cronograma de construcción (programa de avance) en todas las actividades no conserva su precisión. Sin embargo, Merrit (1985) menciona que:

“...la revisión formal de todo el programa de avance con frecuencia se considera innecesaria, debido a que la dependencia del contratista con respecto al programa es sustituida por su familiaridad con las operaciones principales y con los factores físicos, de tal manera que llega a conocer cuándo y qué debe hacer”.

De acuerdo a la norma 600-13 de control interno para el área de obras públicas (ver Anexo B) menciona que todo contrato será objeto de un control estricto del cumplimiento del plazo contractual, incluyendo los plazos parciales. Por lo que, la mención de no ser necesaria una revisión formal, debido a la experiencia del contratista, no excluye que el supervisor o inspector de obra, como representante del propietario, deberá verificar el cumplimiento del cronograma de construcción en una revisión formal.

La información juega un rol importante en la administración de ejecución de obras. Durante la ejecución de obras, existen diferentes tipos de documentación que pueden ayudar a determinar las causas de los retrasos.

La data o registros y su documentación son esenciales no sólo para la planificación, sino también para el control de obra y la toma de decisiones. Un uso efectivo de esta documentación facilitará que la ejecución de obra tienda a desarrollarse de acuerdo a lo establecido en el cronograma inicial. Enfocándonos en la fase de control, la documentación utilizada para sintetizar varios mecanismos de control puede servir para obtener información crucial para el análisis de retrasos.

En la administración de proyectos de construcción, sobre todo en la administración contractual, el acompañamiento documentario pasa a ser la herramienta más importante que tiene uno para actuar y registrar todas las ocurrencias importantes. Esto puede ocurrir a través de cartas, anotaciones en el cuaderno de obra, actas de reunión u otro registro escrito que sea reconocido por las partes (Vega, 2003, pág. 71).

Algunos proyectos de construcción sufren de un control ineficiente de obra por la escasez de flujo de información con la que cuentan los participantes de obra, dando

como resultado retrasos por un inadecuado proceso de retroalimentación (Merritt, 1985).

Para resolver los problemas asociados con el flujo ineficiente de información, las funciones de control de costo y tiempo deben estar integradas. Un retraso en el cronograma tiene un efecto directo en los costos, así como también una modificación en los costos puede afectar la duración de los trabajos o el plazo total de ejecución. La meta, por tanto, de todo control es evitar cualquier tipo de retraso y terminar la obra de acuerdo al plazo establecido.

Una de las herramientas utilizadas para el control de obra, tanto por el contratista como por el supervisor de obra es el cuaderno de obra, en el cual se anotarán las ocurrencias relevantes de la obra como registro, indicado en el Artículo 194° del Reglamento de Contrataciones del Estado (ver Anexo A). Este cuaderno es el documento formal, del cual se considerarán las anotaciones para utilizarlo en caso de controversia. Éste será llenado diariamente por el ingeniero residente y el supervisor de obra.

Además, otra de las funciones del cuaderno de obra es, según los artículos 195° y 196° del Reglamento (ver Anexo A) que en ella se anotarán todas las consultas que tenga el contratista con respecto a la realización de algunos trabajos durante la ejecución para ser aprobados por la entidad, previamente revisado por el supervisor de obra. De esta manera queda registrada la autorización de trabajos que realiza el contratista por parte de la Entidad. Lo cual puede ser de utilidad al momento de adjudicar o deslindar responsabilidades.

Sin embargo, el registro de ocurrencias en si no muestran claramente si la obra se está ejecutando de acuerdo a lo planificado en el cronograma de obra, ni que las eventualidades que se puedan presentar afectan directamente el plazo total de ejecución. Por lo que adicionalmente, se requiere de otra herramienta para facilitar la visualización del avance de obra.

Existen varios métodos para el control de obras, uno de los métodos más reconocidos internacionalmente es el “método de valor ganado”, cuyos principios se basan en lo siguiente:

- a. Empleo de un sistema único de control que provee datos exactos, consistentes, fiables y a tiempo a todos los niveles gerenciales, permitiendo monitorear el desempeño de todos los trabajos de producción.
- b. Acercamiento gerencial que integra el alcance técnico del trabajo con los compromisos de tiempo y los recursos autorizados, permitiendo así la medición integral de la productividad a través de la vida de ejecución de obra.
- c. Utilidad de un índice de efectividad sobre la planificación realizada (Schedule Performance Index, SPI), que presenta la relación entre el avance físico del trabajo realizado versus el trabajo inicialmente programado, con el fin de monitorear y gerenciar el cronograma para completarlo.
- d. Uso de los principios de la Gerencia por Excepción (MBE, *Management by Exception*) para enfocar la atención de la gerencia en las excepciones significativas a un plan autorizado, permitiendo que el gerente monitoree

efectivamente los aspectos críticos de productividad, y desarrollar y aplicar a tiempo las acciones correctivas.

Algunos autores, como Galloway (2006), mencionan que el cronograma CPM permite al contratista un seguimiento de las actividades críticas cuando éstas cambian por eventos inesperados, además de proveer la flexibilidad necesaria para desarrollar planes de trabajo para contrarrestar el impacto en las actividades retrasadas. Así, no sólo se pueden visualizar las actividades ejecutadas, sino que también se puede prever cómo ejecutar las actividades siguientes de manera que el plazo total no se vea alterado.

El cronograma CPM, igualmente permite, tanto al contratista como al dueño, demostrar el historial de cómo fue ejecutada la obra. El cual, anexándole la información del cuaderno de obra, es un registro histórico debidamente documentado.

Otra de las técnicas utilizadas por los norteamericanos para el control de obras con el cronograma CPM es la llamada “*Record Schedule*” por la PMA (*Project Management Association*), el cual simula de manera progresiva las actualizaciones del cronograma *As-planned*. De forma general, cualquier método para control de obra puede ser de utilidad para la base de información del análisis de retrasos.

Para el caso de obras públicas, el contratista debe tener mayor interés en mantener un registro de las acciones que se realizan en obra (ver Anexo A, artículo 205° del Reglamento), sobretodo de aquellas en las que esté involucrado el dueño. Como se ha mencionado anteriormente, las eventualidades que se puedan presentar en obra son muy probables de ocurrir. Si las eventualidades que se presentan afectan la terminación de la obra y se dan por causas externas al contratista, entonces éste podrá solicitar una ampliación de plazo. Los artículos 175°, 200° y 259° (ver Anexo A) del Reglamento de Contrataciones del Estado, mencionan cuales son las causales de ampliación de plazo y el procedimiento a seguir para la solicitud de la misma.

Sin embargo, el artículo 259° sólo indica el procedimiento administrativo a seguir para la solicitud de la ampliación de plazo, mencionando simplemente que el contratista deberá justificar las causas por las que solicita la ampliación, viéndose un hueco metodológico para demostrar la justificación, a pesar de tener la documentación necesaria.

Y si a esto adicionamos que, de acuerdo al Reglamento de Contrataciones del Estado, artículos 192° y 165° (ver anexo A), se menciona cuales son las obligaciones del contratista en obra en caso de atraso en la finalización de obra, y cuáles son las penalidades por las demoras injustificadas en la ejecución de obra, entonces la necesidad de justificar que los retrasos ocasionados son causados por circunstancias ajenas al contratista es primordial para éste.

En general, el control de obra y cualquiera de los sistemas empleados tanto por el contratista como la entidad contratante deben cumplir lo siguiente (Martinez, 2005):

- a. Verificar y controlar que los trabajos, en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y seguridad, se realicen conforme a lo pactado contractualmente, sus

- modificaciones autorizadas, las normas y especificaciones generales o particulares del proyecto, el programa y presupuesto respectivos, entre otros.
- b. Llevar a cabo el control de informática de la obra; bitácoras, archivos de los documentos contractuales, comunicaciones con los participantes del proyecto y envío de los informes y reportes referentes a los diferentes controles de ejecución de la obra.
 - c. Apegarse a las disposiciones y a los requisitos legales aplicables a cada caso.
 - d. Entregar puntualmente, con la periodicidad establecida, las estimaciones, informes y reportes pactados contractualmente,
 - e. Proporcionar todos los datos y dar las facilidades necesarias para que cualquiera de los involucrados en el proyecto vigile y revise la ejecución de la obra, así como el cumplimiento de sus propias funciones.
 - f. Contar con el personal técnico suficiente y debidamente capacitado para las funciones que se le han asignado, así como el personal especializado en servicios de asesoría y consultoría.
 - g. Integrar y mantener actualizado el archivo de los documentos del proyecto y de los registros que reflejen plenamente el control que se efectúa; en especial conservar toda la documentación comprobatoria de la valuación de la obra para su custodia por un determinado periodo establecido.
 - h. Verificar que el cronograma de obra cumpla con las fechas clave establecidas en el contrato, en cuanto a suministros, entregas parciales, terminación de obra, pruebas entre otros. Verificar la coordinación del programa, comprobar el cumplimiento del cronograma comparando el avance real de la obra contra lo programado; analizar las desviaciones y las posibilidades medidas de corrección para respetar las fechas establecidas.
 - i. El encargado del control de obra debe tener conocimientos básicos acerca de los procesos constructivos del proyecto, así como conocimientos de tipo legal, ya que esto conllevará a realizar mejor las actividades en lo que se refiere a control y supervisión de obra.

Por tanto, a través de un sistema que mantenga integrada la etapa de planificación con el control de obra, a través de la documentación recolectada y un cronograma de avance actualizado, una metodología de control, junto a un análisis indicador de retrasos, y personal con conocimientos tanto de ingeniería civil como legales puede ayudar tanto al contratista como al dueño de la obra a facilitar el proceso requerido para determinar las causas y validar sea el caso una ampliación de plazo o la imposición de mora por incumplimiento del plazo contractual.

Capítulo 3. Metodología de investigación

Este capítulo reúne información teórica sobre la metodología de investigación como base para llevar a cabo el presente trabajo, presentando conceptos que ayudan a los investigadores a emprender un estudio de investigación.

3.1 Conceptos sobre la investigación

La investigación es un proceso constituido por diversas etapas o fases, interconectadas de una manera lógica y dinámica. Adicionalmente, la investigación se define como el conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 22).

La investigación puede tener un enfoque cuantitativo o cualitativo. El proceso de investigación con enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. El proceso de investigación con enfoque cualitativo es “en espiral” o circular, las etapas a realizar interactúan entre sí y no siguen una secuencia rigurosa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 23).

3.2 Proceso de investigación

El proceso cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. Es circular y no siempre la secuencia es la misma, varía de acuerdo con cada estudio en particular, tal como se muestra en la Figura 3.1 (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 24).

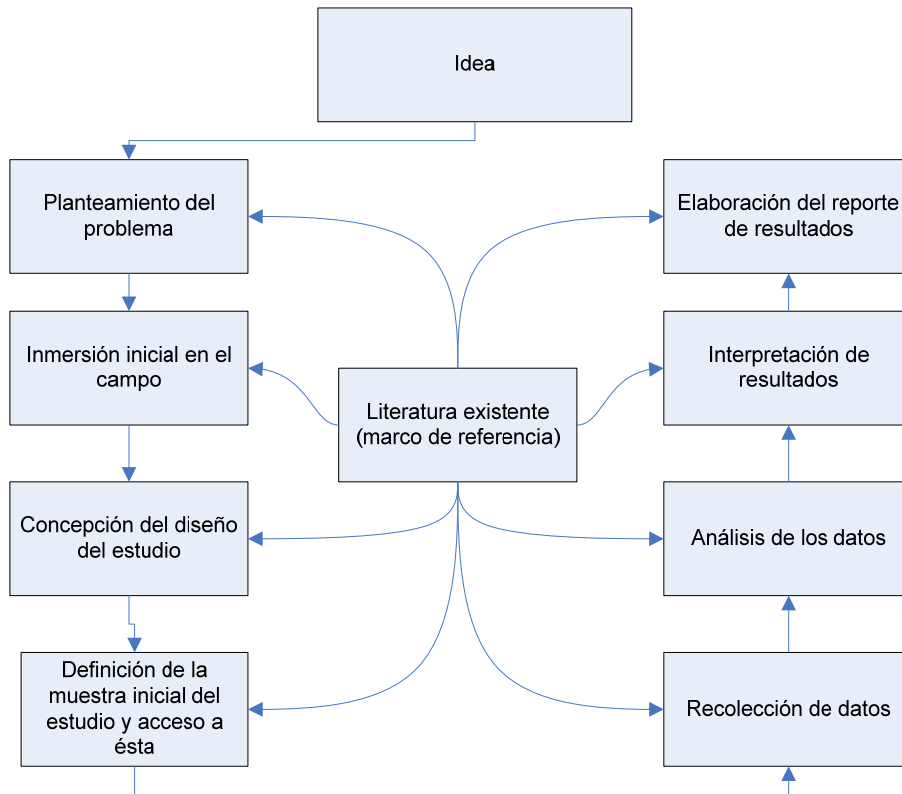


Figura 3.1. Etapas del proceso de investigación con enfoque cuantitativo

Fuente: De “*Metodología de la investigación*” Elaborado por Roberto Hernández Sampieri; Carlos Fernández-Collado y Pilar Baptista Lucio. 2006. McGraw-Hill. Página 23.

Para facilitar la comprensión y buen desarrollo de cada uno de éstos pasos se ha incluido en el Anexo C una lista con algunas características de los procesos fundamentales para la investigación. A continuación, se detallan más estos procesos.

3.2.1 *Concepción de la idea a investigar*

Las investigaciones se originan por ideas, sin importar qué tipo de paradigma fundamente nuestro estudio ni el enfoque que habremos de seguir. Para iniciar una investigación siempre se necesita una idea, todavía no se conoce el sustituto de una buena idea. Las ideas constituyen el primer acercamiento a la realidad objetiva que habrá de investigarse (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 34).

3.2.2 *Planteamiento del problema*

Este es el primer paso en la investigación, y tal como su nombre lo dice consiste en formular con exactitud el problema. Solo así se diseñará una investigación que brinde información significativa. Se debe entender como problema a la situación que requiere algún tipo de acción (Churchill, pág. 73). De acuerdo Hernández, Fernández

y Baptista (2006, pág. 524) indican que plantear el problema de investigación cualitativa consiste en familiarizarse con el tema en cuestión. El planteamiento cualitativo suele incluir los objetivos, las preguntas de investigación, la justificación y la viabilidad, además de una exploración de las deficiencias en el conocimiento del problema y la definición inicial del ambiente o contexto.

3.2.3 *Literatura existente*

En diversos estudios cualitativos, la literatura se revisa y se mantiene “conceptualmente” distante al comenzar a recolectar datos y posteriormente se va consultando de acuerdo con la evolución de la investigación, en este sentido, su función esencial es de consulta. La literatura colabora a mejorar el entendimiento de los datos recolectados y analizados, pero siempre el investigador se orienta fundamentalmente por los resultados que emergen del trabajo en el contexto o ambiente particular (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 531).

3.2.4 *Inmersión inicial en el campo*

El ambiente puede ser tan variado como el planteamiento del problema, y el contexto implica una definición geográfica, pero es inicial, puesto que puede variar, ampliarse o reducirse. La primera tarea es explorar el contexto que se seleccionó, lo que significa visitarlo y evaluarlo para cerciorarnos que es el adecuado. Asimismo, para estimar tentativamente el tiempo aproximado que nos llevará el estudio y revalorar su viabilidad dos dimensiones resultan esenciales con respecto al ambiente: *conveniencia y accesibilidad*.

3.2.5 *Concepción del diseño del estudio*

Existen muchos marcos de referencia para el diseño de investigaciones, por lo que no existe un procedimiento único para desarrollar el marco de referencia. Sin embargo, los diseños de investigaciones pueden clasificarse en algunos tipos básicos. Una clasificación útil se basa en el objeto fundamental de la investigación, entonces se clasifican en investigaciones exploratorias, descriptivas y causales (Churchill, pág. 104). Según Hernández, Fernández y Baptista (2006, pág. 100), además de las mencionadas también incluye como tipo de investigación las correlacionales.

La investigación exploratoria es adecuado cuando existe un conocimiento limitado sobre el problema o se carece de antecedentes a la situación a estudiar, por lo tanto ayuda al reconocimiento y definición del problema (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 101). La investigación descriptiva se caracteriza por la enunciación clara del problema de decisión, objetivos específicos de investigación y necesidades de información detalladas. Una investigación correlacional evalúa el grado de vinculación ente dos o más variables, pudiéndose incluir varios pares de evaluaciones de esta naturaleza en una sola investigación (Hernández, Fernández, &

Baptista, 2006, pág. 104). Finalmente, la investigación causal o explicativa está encaminada a determinar relaciones causa-efecto (Churchill, pág. 104).

Algunas veces una investigación puede caracterizarse como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, pero no situarse únicamente como tal. Esto es, aunque un estudio sea en esencia exploratorio contendrá elementos descriptivos; o bien, un estudio correlacional incluirá componentes descriptivos, y lo mismo ocurre con los demás alcances. Asimismo, debemos recordar que es posible que una investigación se inicie como exploratoria o descriptiva y después llegue a ser correlacional y aun explicativa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 110).

Las hipótesis de trabajo cualitativas se establecen durante el proceso de investigación que se van afinando paulatinamente conforme se recaban más datos, o las hipótesis son uno de los resultados del estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 533), tal como se muestra en la Tabla 3.1 (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 122).

Tabla 3.1

Formulación de Hipótesis con Diferentes Alcances

Alcance del estudio	Formulación de hipótesis
Exploratorio	No se formulan hipótesis
Descriptivo	Sólo se formulan hipótesis cuando se pronostica un hecho o dato.
Correlacional	Se formulan hipótesis correlacionales.
Explicativo o causal	Se formulan hipótesis causales.

Fuente: De “*Metodología de la investigación*” Elaborado por Roberto Hernández Sampieri; Carlos Fernández-Collado y Pilar Baptista Lucio. 2006. McGraw-Hill. Página 122.

El diseño de investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información deseada. En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su o sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tiene hipótesis). En cualquier tipo de investigación, el diseño se debe ajustar ante posibles contingencias o cambios en la situación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 158).

La tipología propuesta clasifica a los diseños en experimentales⁴ y no experimentales⁵. Los diseños experimentales se subdividen en experimentos “puros”, cuasiexperimentos y preexperimentos. Los diseños no experimentales se subdividen por el número de veces que recolectan datos en transeccionales y longitudinales (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 225).

Los preexperimentos se llaman así porque su grado de control es mínimo. En ciertas ocasiones sirven como estudios exploratorios, pero sus resultados deben observarse con precaución. De ellos no es posible obtener conclusiones seguras. Son útiles como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad, aunque no como

⁴ Experimento: Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 161).

⁵ Investigación no experimental: Estudio que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 205).

el único y definitivo acercamiento. Abren el camino, pero de ellos deben derivarse estudios más profundos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 188).

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. A su vez, los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 208).

El propósito de los diseños transeccionales exploratorios es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico. Por lo general se aplican a problemas de investigación nuevos o poco conocidos; además, constituyen el preámbulo de otros diseños ya sean no experimentales y experimentales (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 209).

En resumen, ambas clases de investigación experimental y no experimental, se utilizan para el avance del conocimiento y en ocasiones resulta más apropiado un tipo u otro, dependiendo del problema de investigación al que nos enfrentemos. La Tabla 3.2 muestra la correspondencia entre los tipos y el diseño de investigación.

Tabla 3.2

Correspondencia entre el Tipo y el Diseño de Investigación

Tipo	Diseño
Exploratorio	Transeccional descriptivo.
	Preexperimental
Descriptivo	Preexperimental
	Transeccional descriptivo.
Correlacional	Cuasiexperimental
	Transeccional correlacional
	Longitudinal (no experimental)
Explicativo	Experimental
	Cuasiexperimental, longitudinal y transeccional causal (cuando hay bases para inferir causalidad, un mínimo de control y análisis estadísticos apropiados para analizar relaciones causales).

Fuente: De "Metodología de la investigación" Elaborado por Roberto Hernández Sampieri; Carlos Fernández-Collado y Pilar Baptista Lucio. 2006. McGraw-Hill. Página 223.

3.2.6 Muestreo cualitativo

Durante la inmersión inicial o después de ésta, se define la muestra. En los estudios cualitativos el tamaño de muestra no es importante desde una perspectiva probabilística, pues el interés del investigador no es generalizar los resultados de su

estudio a una población más amplia. Existen tres factores que intervienen para determinar o sugerir el número de casos que compondrán la muestra: 1) capacidad operativa de recolección y análisis, 2) el entendimiento del fenómeno o saturación de categorías y 3) la naturaleza del fenómeno bajo análisis. En una investigación cualitativa la muestra puede contener cierto tipo definido de unidades iniciales, pero conforme avanza el estudio se pueden ir agregando otros tipos de unidades (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 572).

Por tanto, en el presente estudio se decidió entrevistar a tres (3) empresas contratistas importantes del país y tres (3) entidades contratantes que sean públicos y privados, de manera que se tenga una información base sobre la aplicación de los métodos de análisis de retrasos desde diferentes puntos de vista como sustento para ampliaciones de plazo.

3.2.7 Recolección de datos cualitativos

Decidido el método que se usará en el estudio de investigación deben determinarse el tipo de forma de observación o comunicación (a través de cuestionarios) que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

La observación es un registro sistemático, válido y confiable de comportamiento o conducta manifiesta (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 374). Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 310). La Figura 3.2 muestra los métodos de comunicación y observación con sus posibles alternativas de desarrollo (Churchill, pág. 256).

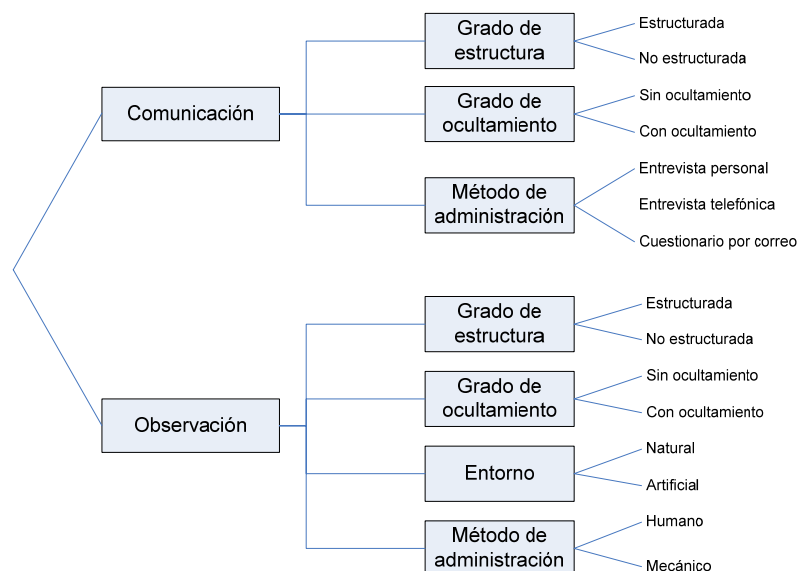


Figura 3.2. Mecanismos para recopilación de datos

Fuente: De "Investigación de mercados" Elaborado por Gilbert A. Churchill Jr. 2002. Página 246.

Guía para la elaboración de cuestionarios

Los conceptos descritos anteriormente son un primer paso al momento de diseñar un cuestionario. Se dice que diseñar cuestionarios es aún un arte no una ciencia (Churchill, pág. 256). La experiencia en estos casos ha llevado a recomendar lo que debe evitarse. En la Figura 3.3 se muestra un esquema con pasos útiles para elaborar cuestionarios. Esta sucesión de pasos resulta de gran ayuda para los que se inician en la elaboración de cuestionarios.

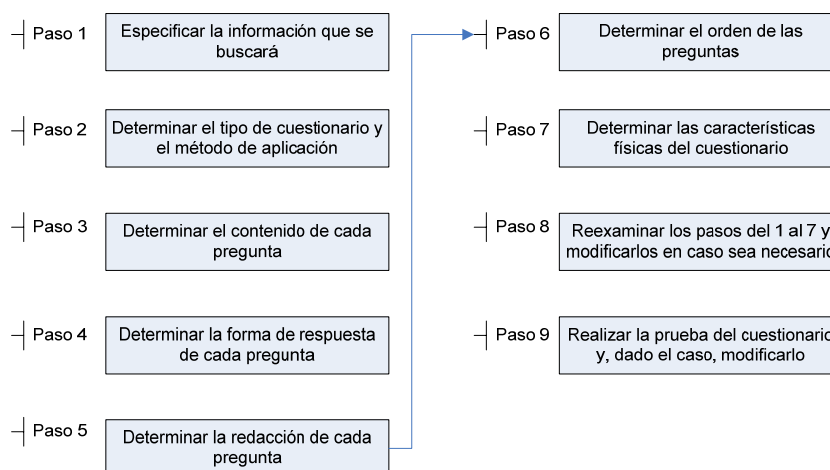


Figura 3.3. Procedimiento para elaborar un cuestionario.

Fuente: De "Investigación de mercados" Elaborado por Gilbert A. Churchill Jr. 2002. Página 314.

Se debe tener en cuenta que estos pasos son una guía o lista de comprobación mas no algo fijo no flexible. El hecho que se tenga una sucesión de pasos no significa que no se pueda aportar con nuevas ideas.

Tipos de preguntas

Se pueden identificar dos tipos de preguntas: abiertas y cerradas. Las preguntas abiertas son aquellas en las que el encuestado responde con sus propias palabras. Por otro lado, las preguntas cerradas son aquellas a las que el encuestado debe seleccionar una respuesta con palabras suministradas por el encuestador (Pope, 2002, pág. 85).

Sugerencias para la redacción de cuestionarios

Churchill (2002, pág. 342) enumera algunas sugerencias para la redacción de cuestionario, tales como:

1. Usar palabras sencillas.
2. Evitar palabras y preguntas ambiguas.
3. Evitar preguntas que induzcan respuestas.
4. Evitar alternativas implícitas.
5. Evitar supuestos implícitos.
6. Evitar generalizaciones y cálculos.
7. Usar oraciones sencillas y evitar las oraciones compuestas.
8. Convertir las cláusulas largas dependientes en palabras o frases cortas.
9. Evitar las preguntas de doble fondo.
10. Verificar que cada pregunta sea tan específica como resulte posible.

Para la obtención de la información de campo se determinó que lo más adecuado a la situación era hacerlo a través de cuestionarios entrevistando a aquellos representantes de las empresas encargados de ver la gestión de proyectos con preguntas elaboradas por el investigador.

El cuestionario se elaboró en tres partes divididas de la siguiente manera: Parte primera, fase contractual y de planificación; Parte segunda, fase de control de obra; y por último Parte tercera, análisis de retrasos. Las preguntas fueron claras y simples y buscaban que el entrevistado colaborara brindando información confiable para el estudio, tal como se observa en el anexo D.

La primera parte de las preguntas estuvieron enfocadas sobre la elaboración del contrato de obra y el contenido de los documentos adjuntos al mismo, junto a información adicional que se utiliza para la fase de planificación de la obra. La segunda parte estuvo enfocada en preguntas relacionadas al control de obra, específicamente en conocer el sistema de control empleado durante la ejecución de obra, los registros y documentación que generan y la comunicación establecida para todos los involucrados del proyecto. La tercera parte se enfocó en preguntar sobre la gestión que realizan para analizar los retrasos durante la ejecución del proyecto, tratándose de determinar la aplicación de algún método de análisis que se utiliza en las obras peruanas ya sea para ampliaciones de plazo y su uso en solución de controversias.

Los Anexos E, F, G, H, I y J presentan las entrevistas realizadas como parte de la fase de campo de la investigación.

3.2.8 *Análisis e interpretación de datos*

En el proceso cualitativo la recolección de datos y el análisis de los mismos se realiza de manera prácticamente en paralelo; además el análisis no es estándar, ya que cada estudio requiere de un esquema o “coreografía” propia de análisis (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 623). El análisis de datos cualitativos consiste en recibir datos no estructurados y los estructuramos; implica reflexionar constantemente sobre los datos recabados, los datos se organizan y las narraciones orales se transcriben (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pág. 674).

3.2.9 *Preparación del informe*

El informe es el documento final que se entrega a los interesados y en él se resumen todos los resultados y conclusiones de la investigación. Por lo tanto, este documento es de gran importancia porque en base de lo que ahí se presente se tomarán las decisiones respectivas. Entonces, este documento debe ser claro y preciso.

Capítulo 4.

Resultados y análisis de la investigación

Este capítulo se enfoca en mostrar los requerimientos para aplicación de los métodos de análisis de retrasos, seguido por la presentación de los resultados de la etapa de campo y el análisis realizado para la investigación.

4.1 Requerimientos para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos

Acorde al marco de referencia expuesto en los capítulos 1 y 2 de la presente investigación se presentan a continuación los requerimientos de información y requerimientos de conocimiento y habilidades del analista para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos.

4.1.1 *Requerimientos de información*

Los requerimientos de información que se encontraron para la aplicación de cada uno de los seis métodos descritos, resumidos también en la Tabla 4.1, son los siguientes:

Método As-planned vs. As-built

Este método requiere para su aplicación del cronograma *As-planned*, el cual debe presentar el alcance total del proyecto ya que se utiliza como línea base para el análisis y este debe no debe ser modificado; el cronograma *As-built*, que refleja información histórica de cómo se desarrolló la ejecución del proyecto, pudiendo mostrar variaciones respecto a la planificación como los retrasos o aceleraciones. Por tanto, para la aplicación de este método es necesario contar con información acerca de la planificación de obra y también información *As-built* que justifique las variaciones del cronograma *As-built*.

Método Impact As-planned

Este método en cualquiera de sus técnicas requiere para su aplicación del cronograma *As-planned* que se establece como línea base del análisis y por lo tanto no debe modificarse durante la ejecución, y los retrasos que son representados como actividades añadidas o insertadas en el cronograma *As-planned*. Por tanto, la información que se necesita son los documentos durante la planificación de la obra para poder elaborar el cronograma *As-planned* y; los

registros *As-built* con suficiente nivel de detalle para identificar todos los retrasos que serán incorporados o impactados en el cronograma mencionado.

Método Collapse As-built

El método *Collapse As-built* requiere para su aplicación del cronograma *As-built* el cual contiene toda la información sobre los hechos reales ocurridos durante la ejecución del proyecto y por tanto contiene los eventos ocasionados tanto por el contratista como por el dueño. Debido a esto, la información que se necesita para el método son los registros *As-built* con suficiente nivel de detalle. Adicionalmente, sería recomendable contar con información del cronograma *As-planned* para conocer la relación de las actividades incluidas en ambos cronogramas.

Método Time Impact Analysis [TIA]

El método TIA necesita de un cronograma *As-planned* que represente la línea base del proyecto de construcción y muestre la secuencia de las actividades, cronogramas actualizados, cuya fecha de corte sea hasta antes de iniciar la actividad afectada por retrasos, así como también de información de los retrasos en específico que son representados como actividades a ser insertadas o impactadas en el cronograma. Por tanto, será necesario contar con información sobre la planificación de obra para la elaboración del *As-planned* de manera que represente el alcance del proyecto y la información *As-built* a través de registros ingresados para el control de obra durante su ejecución, el cual servirá tanto para la elaboración de los cronogramas actualizados como la determinación de los retrasos.

Método Window Analysis

El método *Window Analysis* en cualquiera de sus técnicas requiere del cronograma *As-planned* como línea base para su aplicación, así como también de cronogramas actualizados o *As-built* que contenga información real de ocurrencias y eventos importantes durante la ejecución de la obra, tanto para hacer la comparación con el cronograma *As-planned* como determinar los periodos de análisis. Por tanto, se necesita contar con información sobre la planificación de la obra que refleje el alcance del proyecto y registros *As-built* hechos durante la fase de control del proyecto para la elaboración o recolección de los cronogramas actualizados o *As-built* con suficiente detalle para recoger datos sobre los retrasos ocurridos en obra.

Método Contemporaneous Period Analysis [CPA]

El Método CPA requiere el cronograma *As-planned* como línea base para el análisis de retrasos junto con el cronograma actualizado cuya fecha de corte es hasta el periodo de análisis, cronograma *As-built*, además de los retrasos representados como actividades a ser sustraídas dentro del periodo de análisis. Dado estos requerimientos es necesario contar con información referente a la planificación de la obra, donde se muestre el alcance del proyecto, así como documentos y/o registros realizados durante la fase de control de obra que de información *As-built* para elaborar o verificar los cronogramas actualizados y/o *As-built* y determinar los retrasos.

La descripción de los requerimientos de cada método mencionado líneas arriba indica que para todos ellos es necesario contar con información referente a la planificación de obra y a la fase de control.

Tabla 4.1

Requerimientos para la Aplicación de los Métodos de Análisis de Retrasos

Método de análisis de retraso	Requerimientos
<i>As-planned vs As-built</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de actividades y su duración) • Alcance del proyecto (las características del proyecto deben estar establecidas sin considerar modificaciones posteriores) • Información <i>As-built</i> (datos históricos de la ejecución de obra de los principales hechos ocurridos en obra)
<i>Impact As-planned</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de principales actividades y su duración) • Alcance del proyecto (las características del proyecto deben estar establecidas sin posibilidades de modificaciones) • Información <i>As-built</i> (datos históricos de los principales acontecimientos de la ejecución de obra)
<i>Collapse As-built</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de principales actividades y su duración) • Información <i>As-built</i> (datos históricos detallados de todas las actividades durante la ejecución de obra)
<i>Time Impact Analysis [TIA]</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de todas las actividades y su duración) • Alcance del proyecto (características del proyecto pueden modificarse durante la obra) • Información <i>As-built</i> (datos históricos de la ejecución de obra)
<i>Window Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de principales actividades y su duración) • Alcance del proyecto (características del proyecto pueden modificarse durante la obra) • Información <i>As-built</i> (datos históricos de la ejecución de obra)
<i>Contemporaneous Period Analysis [CPA]</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de obra (relación de todas las actividades y su duración) • Alcance del proyecto (características del proyecto pueden modificarse durante la obra) • Información <i>As-built</i> (datos históricos de la ejecución de obra)

De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 2, en la fase de planificación se puede encontrar información sobre el alcance del proyecto de construcción a través del contrato de obra y los documentos adjuntos al mismo. Esta información es necesaria para la elaboración y/o validación del cronograma *As-planned*. Específicamente, el contrato acordado por el contratista y el dueño debe contener como información,

sobre las responsabilidades y costos asumidos por las partes, lo siguiente: definiciones, objeto del contrato, documentos, plazos, obligaciones del contratista, obligaciones del propietario, licencias y autorizaciones, terminación de obra, recepción de obra, penalidades e incentivos y liquidación del contrato. Adicionalmente como documentos anexos al contrato, para el análisis de retrasos es necesario que se adjunte las especificaciones técnicas, ya que brindarán información para la correcta ejecución de la obra; y los planos de detalle.

La fase de control sirve de ayuda en la elaboración o validación del cronograma *As-built*, actualizado y los retrasos. En esta fase se encuentra la información de registros sobre el progreso o avance del proyecto dando datos exactos de fechas, notificaciones o hitos. De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 1, dentro de la validación del cronograma *As-built*, los registros *As-built* pueden obtenerse a través de los informes diarios del contratista, informes del supervisor, certificados o actas de entrega parcial o final de obra, informes de inspección, informes de incidentes, actas de reuniones, informes de avance, entre otros. En general, y acorde a lo mencionado en el Capítulo 2, se puede mencionar que los datos *As-built* se pueden obtener de la aplicación de cualquier sistema de control implementado durante la ejecución de obra como parte de la fase de control, ya que la información histórica de lo acontecido en el proyecto servirá para aplicarlo en el análisis de retrasos.

4.1.2 *Requerimientos de conocimiento y habilidades del analista*

Por otro lado, uno de los factores a considerar además de los recursos disponibles de obra a través de registros y la documentación está relacionado con las características que debe contar el analista para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos.

Acorde con lo mencionado en el Capítulo 1, éste debe tener experiencia en la utilización de algún método de análisis de retrasos y contar con habilidades para el procesamiento de la información disponible de la obra ya sea a través de algún software o de manera manual. Además, en el Capítulo 2 se menciona que el ingeniero a cargo del control de obra debe tener conocimientos básicos acerca de los procesos constructivos del proyecto, así como conocimientos de tipo legal.

4.2 Resultados del trabajo de campo

A continuación se presenta los resultados obtenidos acorde a las divisiones establecidos en el cuestionario y clasificando la información desde los diferentes puntos de vista de los entrevistados.

4.2.1 *Respecto a la fase contractual y de planificación*

En términos generales se pudo apreciar diferencias significativas respecto a la elaboración de los documentos adjuntos al contrato como parte de la planificación

del proyecto y sobre los aspectos del contrato de obra que cada una de las partes, en nuestro caso contratista y entidad contratante, tienen a su cargo.

Sin embargo, tanto los contratistas como las entidades contratantes concuerdan que los aspectos importantes que deben incluirse en el contrato son referidos a establecer las responsabilidades de cada una de las partes junto con el costo del proyecto y el plazo de ejecución del mismo.

Punto de vista de la Entidad Contratante

Ya sea que la Entidad sea pública o privada, de ella dependerá establecer y presentar como documento adjunto al contrato aquella información referida al alcance del proyecto, el cual viene incluido ya en la fase de licitación dentro de sus bases. Todos los entrevistados concuerdan que el alcance del proyecto se indica en la memoria descriptiva, junto con las especificaciones técnicas y los planos de diseño. Sin embargo, el caso de entidades públicas muestra deficiencias en los documentos que presenta para indicar el alcance del proyecto por lo que usualmente durante la ejecución del mismo deben hacer modificaciones o adicionales para que el proyecto cumpla con sus expectativas.

La entidad contratante, adicionalmente a realizar un contrato con el contratista para la ejecución del proyecto de construcción, establece un supervisor de obra que será su representante dentro del proyecto y se encargará de coordinar junto con el contratista los trabajos a realizarse y el control a seguir del mismo.

Punto de vista del Contratista

Los documentos que los contratistas elaboran y que forman parte del contrato de construcción son el presupuesto de obra y el cronograma de planificación donde se establece el costo del proyecto y el plazo de ejecución respectivamente, los cuales formaron parte de la propuesta con la que ganaron la licitación.

Los contratistas, para la elaboración de estos documentos, requieren de la información presentada por la Entidad referida al alcance del proyecto para hacer sus estimaciones y presentar sus propuestas. Primero hacen una evaluación para determinar la conveniencia de presentarse a la licitación y después elaboran y presentan su propuesta con la información recopilada de la licitación.

El cronograma que presentan en su propuesta y que forma parte de los documentos adjuntos al contrato tendrá el nivel de detalle solicitado por las bases de licitación. Generalmente el cronograma propuesto indica las principales actividades a realizarse para dar una estimación del plazo de ejecución.

Respecto a la elaboración del contrato, ellos únicamente aportan sugerencias a incorporar en el mismo ya que es la Entidad quien presenta ya un modelo de contrato en la licitación.

Los contratistas, posterior a la elaboración de la propuesta para la licitación y una vez ganada la buena pro, elaboran una planificación de obra interna que estará en función de lo acordado en el contrato, pero no necesariamente coincidirán sus valores ni nivel de detalle tanto en el costo como en el plazo.

4.2.2 *Respecto a la fase de control de obra*

Los proyectos de construcción, durante la etapa de ejecución, presentan algún tipo de sistema de control para evaluar el progreso del mismo. Las diferencias entre los tipos de sistemas está relacionado con quién de las partes es el que emplea el control y las facilidades para recolectar la información. Sin embargo, tanto contratistas como entidades contratantes concuerdan en que el sistema que utilizan para el control de los proyectos es igual para cualquiera de sus proyectos.

Tanto contratistas como entidades contratantes coinciden en que el sistema de comunicación puede ser a través del cuaderno de obra o también se aceptan cartas enviadas en físico o por fax. Algunos señalan también como medio de comunicación las reuniones que establecen para acordar hitos y resolver dudas o consultas que presenten los participantes. También especifica que todos los documentos y registros catalogados como válidos han debido especificarse dentro del contrato y su característica es que deben ser de dominio público para todos los participantes.

Punto de vista de la Entidad Contratante

El supervisor de obra, como representante del cliente ante el contratista, es quien realiza el trabajo de control del proyecto durante su ejecución. También es él quien elabora un informe a presentar a la Entidad donde brinda información de avance de las principales actividades desarrolladas en el campo, el cual está acorde al cronograma inicial que el contratista entregó.

El tipo de control que requiere llevar la entidad contratante será de manera general para verificar que el contratista está cumpliendo con sus obligaciones establecidas y confirmar el pago de las valorizaciones solicitadas por el contratista.

El supervisor de obra mantiene comunicación constante tanto con la entidad contratante como con el contratista, en especial con este último con quien coordina los trabajos y verifica que se cumplan las especificaciones brindadas en el alcance del proyecto.

Para el caso de proyectos de construcción del sector público, el supervisor de obra funciona como único vínculo de comunicación entre la entidad y el contratista, aunque eso no quiera decir que algún representante directo de la entidad no realice visitas al lugar de construcción, sin embargo la entidad pública trata de seguir los procedimientos estipulados en el reglamento de contrataciones durante la ejecución de la obra.

Punto de vista del contratista

El contratista como responsable de la ejecución de la obra requiere establecer un sistema de control detallado que le permita no sólo verificar que los trabajos realizados se ejecuten de acuerdo a la planificación, sino que sirve como retroalimentación para la elaboración de futuras propuestas de ejecución de obras a las que se presenten.

Dentro del grupo de trabajo que posee el contratista está el grupo de control que realiza los trabajos de recolectar y procesar la información de lo que acontece en campo para generar reportes de gestión. Los registros para el control se clasifican

en registros de producción, calidad y seguridad acorde a los grupos de trabajo que lo generan. De todos estos tipos de registros, los contratistas indican que los generados por el área de producción reflejan un mayor alcance de cómo está el progreso de la obra.

El contratista mantiene reuniones periódicas no sólo con el supervisor de obra para coordinar los trabajos, sino que internamente todos los grupos de trabajo se reúnen para coordinar y mantener informados a todos de los aspectos relevantes que se han suscitado en obra.

4.2.3 *Respecto al análisis de retrasos*

Tanto contratistas como entidades contratantes concuerdan en que aquellos hechos que afectan las actividades dentro de la ruta crítica son lo que merecen atención de análisis. Eso no significa, para el caso de los contratistas, que aquellas actividades afectadas y que estén fuera de la ruta crítica no sean controladas, ya que les puede generar mayores costos a pesar de no afectar el plazo de ejecución.

Punto de vista de la Entidad Contratante

El supervisor es el encargado de realizar algún análisis para establecer los efectos que podría ocasionar el retraso en el cumplimiento del plazo contractual. El supervisor debe recoger la información relacionada al hecho y emitir un informe dando sugerencias a la entidad para la toma de decisiones a seguir para mitigar el retraso, si lo hubiere, o realizar las acciones pertinentes con el contratista acorde a lo estipulado en el contrato.

Debido a que la tarea de realizar el análisis es por parte del supervisor, en general éste debe contar con experiencia de aplicación de algún método de análisis de retrasos y poseer un buen criterio que ayude a tomar decisiones y determinar las acciones a realizar.

Por otro lado, el análisis presentado por el supervisor no se utiliza como justificación de la entidad contratante cuando se suscita una controversia con la otra parte, y sólo expone los hechos desde su punto de vista.

Punto de vista del Contratista

El grupo de control del proyecto por parte del contratista es el encargado de realizar algún análisis para establecer los efectos que ocasiona la ocurrencia de un retraso durante la ejecución de la obra, ya que son los que manejan y procesan toda la información que se da en obra. Alguno de ellos utiliza software especial para realizar el análisis, mientras que otros realizan un análisis que podría decirse que es de modelación aditiva, ya que incorporan el evento dentro de su cronograma y determinan la duración que afecta en la fecha final.

Las habilidades y conocimientos que los contratistas afirman que deben poseer quienes realizan el análisis es acorde a las que debe poseer el grupo encargado del control de gestión, es decir conocimientos de interpretación de datos al momento de procesar la información recogida en campo como costos y tiempos, y poseer

habilidades para manejar herramientas de planificación y control como algún software en especial o manejo de base de datos y hojas de cálculo.

En caso de controversias, los contratistas mencionan que los resultados del análisis que ellos realizan para determinar los efectos, junto con la información que sustente la base de su análisis es material a presentar para justificar su posición; y siguen, dependiendo con quién tiene la controversia, los procedimientos establecidos para su solución.

La Tabla 4.2 muestra los resultados obtenidos de nuestro análisis.

Tabla 4.2
Cuadro de los Resultados Obtenidos en el Análisis

Requisitos para la aplicación de los métodos de análisis	Contratista	Entidad Contratante
Planificación	Elaboran el cronograma inicial incluido en el contrato, así como el cronograma interno mostrando todas las actividades a realizarse.	Cuentan con el cronograma inicial que presenta el contratista como documento de contrato, sin embargo en muchos de ellos sólo se indican las principales actividades a realizarse.
Alcance del proyecto	Aunque no elaboran el alcance del proyecto, reciben toda la información en las bases de licitación. Considerar para obras públicas altas probabilidades de variación del proyecto.	Puede ser generada por ellos mismos o contratar previamente el servicio de desarrollar el alcance del proyecto. Sin embargo, el diseño es propenso a modificarse.
Información As-built	Poseen un sistema de control que les brinda la información directa histórica de la ejecución de obra.	Poseen información secundaria que indique datos históricos de la obra, ya sea cuaderno de obra o informe de supervisor.
Clasificación de retrasos por responsabilidad	El contrato de obra firmado por el contratista y la entidad contratante establece las responsabilidades de cada uno, de manera que los retrasos presentados durante la obra pueden ser clasificados de acuerdo a las causas que lo originaron y asignar las responsabilidades.	
Habilidades y conocimientos del analista	El análisis lo realiza el ingeniero de control de gestión, quién posee conocimientos de planificación e interpretación de datos para toma de decisiones y manejo de software de planificación y hojas de cálculo.	El análisis lo realiza el supervisor de obra quien cuenta con la experiencia de campo y posee el criterio de evaluación para ayudar en la toma de decisiones a seguir ante retrasos en obra.
Utilización de algún análisis para ampliaciones de plazo o solución de controversias	Aplican un análisis de comparación o de modelación aditiva para determinar el impacto del retraso en el plazo contractual y pueden utilizarlo como sustento para la solicitud de ampliaciones de plazo. Pueden mostrar el análisis como sustento para la solución de controversias, adjuntando información que justifique su posición y análisis.	Aplican un análisis más prospectivo para la toma de decisiones a seguir, ya sea para aprobar una solicitud de ampliación de plazo o de establecer las acciones a realizar para con el contratista. No presentan su análisis como sustento para solución de controversias. Tan sólo exponen los hechos desde su punto de vista y presentan información que valide su posición.

4.3 Análisis de los resultados

De acuerdo a los datos encontrados sobre la fase contractual y de planificación referidos a determinar si se cuenta con los requerimientos necesarios para elaborar o validar el

cronograma *As-planned* en la aplicación de los métodos de análisis de retrasos, podemos mencionar lo siguiente:

1. Los contratistas a pesar de no ser los originadores o elaboradores de los documentos referidos al alcance del proyecto tienen mayor disposición de contar con información *As-planned*, específicamente el cronograma *As-planned*, como input para la aplicación de los métodos de análisis de retraso; debido a que son ellos quienes elaboran el cronograma de planificación y quienes lo manejan con un nivel de detalle requerido.
2. Debido a que los proyectos de obra del sector público son propensos a cambiar el alcance del proyecto, ya que en muchas ocasiones no está bien definido en la fase de diseño, aquellos métodos de análisis de retrasos que requieren que el cronograma *As-planned* sea la línea base para su aplicación, tal como son el Método *As-planned vs As-built* y Método *Window*, no podrían ser aplicados para el análisis de retrasos.
3. Los contratos de construcción presentan en su contenido aspectos relacionados a las responsabilidades de las partes, así como valores importantes establecidos del proyecto como lo son el costo del mismo y el plazo de ejecución. Esta información servirá en el análisis para clasificar los retrasos que se presenten en obra en función a las responsabilidades de cada parte acorde a la causalidad de cada retraso.
4. La entidad contratante o dueño del proyecto contará con información *As-planned* con suficiente detalle dependiendo del tipo de contratación que realice, sobretodo en el caso de proyectos de construcción del sector público, y lo que solicite dentro de las bases de licitación.

Acorde a los requerimientos para la aplicación de los diferentes métodos en relación a la fase de control de obra podemos mencionar lo siguiente:

1. El contratista posee un sistema de control que le permite obtener registros a un nivel de detalle alto de los acontecimientos que se suscitan durante la ejecución de los proyectos de construcción, por lo que tiene mayor disposición de contar con información *As-built* para aplicar los diferentes métodos de análisis de retrasos.
2. Los documentos válidos para fundamentar hechos ocurridos durante la ejecución de obra son los mencionados previamente en el contrato. Sin embargo, el cuaderno de obra, documentos de comunicación como cartas, fax y cualquier documento que se encuentre a disposición de los participantes podría utilizarse como medio de validez para justificar hechos que afectan el normal desarrollo de la obra.
3. Los registros de producción, que son los detallados en las actividades principales indicados en el cronograma inicial y que manejan tanto el supervisor como el contratista, reflejan con mayor alcance cómo se encuentra el progreso de la obra.

Por último, al contrastar algunas de las prácticas que realizan las empresas nacionales respecto a algún análisis de retrasos podemos mencionar lo siguiente:

1. Tanto contratistas como entidades mencionan que sólo realizarán un análisis para aquellos retrasos que se produzcan en actividades que afectan la ruta

crítica, ya que éstos son los que directamente alteran la duración total del proyecto de construcción.

2. La persona que tiene las habilidades y conocimientos para realizar el análisis de retrasos es aquella que realiza los trabajos de control de obra, ya que es quién posee la información procesada, el criterio de evaluación y manejo de software de manejo de proyectos. Para el contratista será el grupo encargado del control de gestión del proyecto y para la entidad contratante será el supervisor.
3. La entidad contratante se interesa por determinar si los efectos de algún retraso afectan cualquiera de los puntos establecidos en el contrato y su análisis le ayuda para tomar decisiones al respecto, ya sea para mitigar los efectos del mismo o para realizar las acciones pertinentes con el contratista.
4. Los contratistas realizan un análisis de retrasos para determinar los efectos y poder presentar sus resultados como documentación adjunta a la solicitud de ampliaciones de plazo.
5. Existen diferencias entre contratistas y entidades respecto a la utilización de sus análisis realizados cuando surgen controversias, ya que el contratista si menciona presentar un análisis junto a la información necesaria que valide sus resultados como justificación de su posición, mientras que la entidad menciona no presentar ningún análisis más que exponer su punto de vista de los hechos ocurridos.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. La aplicación de los diferentes métodos de análisis de retrasos requiere de recursos de información sobre el proyecto de construcción. Esta información debe mostrar el suficiente detalle para reflejar de manera muy próxima tanto el alcance del proyecto así como la ejecución del proyecto de construcción, los cuales pueden obtenerse en la fase de planificación y de control de obra a través del cronograma *As-planned* y la información *As-built*.
2. El cronograma *As-planned* es un recurso necesario para la aplicación de varios de los métodos de análisis de retrasos y debe reflejar el alcance inicial o línea base del proyecto de construcción. Para su elaboración y/o validación es necesario contar con el contrato de obra y los documentos adjuntos al mismo. Los proyectos de construcción nacionales cuentan con información sobre el alcance del mismo en los documentos que la entidad contratante presenta en las bases de licitación y que el contratista elabora como parte de su propuesta para obtener la buena pro. El contratista, debido a que es quien ejecutará la obra posee un cronograma interno *As-planned* con un nivel de detalle mayor que el proporcionado a la entidad contratante.
3. La información *As-built* es otro recurso necesario para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos. Éste debe reflejar lo más exacto posible cómo se desarrolla la ejecución de obra y se obtiene a través de registros y/o documentos que forman parte del sistema de control de obra y de comunicaciones. Tanto contratistas como entidades contratantes nacionales cuentan con algún sistema que les permite controlar el desarrollo de la obra y por tanto obtener la información *As-built*. Cabe señalar que el contratista tiene ventaja sobre la entidad contratante debido a que éste es quien obtiene toda la información *As-built* de manera directa, mientras que la entidad puede contar con esta información a través de los reportes presentados por el supervisor de la obra.
4. La persona o grupo de trabajo encargado de realizar el análisis de retrasos debe contar no sólo con los recursos de información necesarios para aplicar los métodos, sino que debe además tener conocimientos tanto de construcción como contractuales. En los proyectos de construcción nacionales se aprecia que quienes realizan el análisis de retrasos son el ingeniero encargado del control de gestión del proyecto por parte del contratista y el supervisor de obra por parte de la entidad. Sin

embargo, no se ha podido establecer si ambos, ingeniero de control y supervisor de obra, tienen conocimiento del contrato de obra y sus anexos.

5. El análisis de retrasos, en todos sus métodos, requiere en algún momento de clasificar los retrasos de acuerdo a la asignación de responsabilidades del contratista y la entidad contratante. Las obras de construcción nacionales cuentan dentro del contrato de obra con información acerca de las responsabilidades de cada una de las partes, por lo que puede facilitar la clasificación de retrasos de acuerdo a las causas encontradas en la información *As-built*.
6. El uso de los diferentes métodos de análisis de retrasos dependerá de lo dispuesto en el contrato de obra o la preferencia que el analista posee por alguno de los mismos. En los proyectos de construcción peruana no parecen considerar la aplicación de algún método estipulado en el contrato de obra. No obstante, cuando existe la necesidad de una ampliación de plazo, el ingeniero de control o supervisor de obra realizan análisis de retrasos semejantes al tipo comparativo para determinar los efectos en el plazo de obra.
7. Como conclusión general, los métodos de análisis de retrasos podrían aplicarse en los proyectos de construcción nacionales. El análisis de los requerimientos para la aplicación de los mismos y su contraste con la realidad peruana así lo demostraría. Sin embargo, la aplicación de estos métodos no es suficiente para determinar las causas de los retrasos ni asignar las responsabilidades de los mismos.

Recomendaciones

1. En los proyectos de construcción nacionales, sobre todo los del sector público, sería recomendable que se incorpore como parte de los procedimientos a seguir para la gestión de ampliaciones de plazo y/o incumplimiento de plazo la necesidad de realizar un análisis de retrasos y la aplicación de algún método del mismo.
2. Debido a la desventaja de la entidad contratante respecto al acceso directo de información *As-built* de la obra en ejecución, sería recomendable que incluyan en el contrato de obra como cláusula la disposición de información generada por el contratista y validada por el supervisor para su uso en la aplicación de los métodos de análisis de retrasos.
3. Sería recomendable que en los proyectos de construcción, durante la ejecución de obra, además de presentar el cronograma de avance al inicio de obra también se presenten las actualizaciones del cronograma en cada valorización que se dé, para tener un control del trabajo realizado y determinar el progreso de la obra. Además puede utilizarse para el registro de la información diaria en la zona de trabajo, la cual puede ser esencial para el análisis de retrasos en caso existan eventualidades que afecten el proyecto y también beneficia para la toma de decisiones tanto del contratista como de la entidad.
4. La persona encargada de realizar el análisis de retrasos que en el caso del contratista es el ingeniero a cargo de la gestión de control del proyecto se recomienda que sea capacitado en cuestiones legales de manera que le brinde

mayor criterio para el análisis de retrasos en la aplicación de cualquiera de sus métodos. De la misma manera, para el caso de la entidad contratante, éste debería incluir como requisito de elección para supervisor de obra que cuente con conocimientos legales y de análisis de retrasos.

5. Debido al carácter exploratorio de esta investigación, se recomienda realizar estudios posteriores relacionados a la determinación de causas de retrasos, la relevancia o importancia del uso de los métodos de análisis expuestos, así como establecer preferencias por la aplicación de algún método de retrasos.

Bibliografía

- Alkass, S., Mazerolle, M., & Harris, F. (1996). Construction delay analysis techniques. *Construction Management and Economics* , 375-394.
- Arditi, D., & Robinson, M. A. (1995). Concurrent delays in construction litigation. *Cost Engineering* , 20-30.
- Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE] International. (2007). *Recommended Practice N° 29R-03: Forensic Schedule Analysis*. AACE International.
- Baram, G. E. (2000). *Concurrent Delays - What are they and how to deal with them?* AACE International Transactions.
- Bartholomew, S. H. (2002). *Construction Contracting, Business and Legal Principles*. Ohio: Prentice Hall.
- Bordoli, D. W., & Baldwin, A. N. (1998). A methodology for assessing construction project delays. *Construction Management and Economics* , 327-337.
- Bubshait, A. A., & Cunningham, M. J. (1998). *Comparison of Delay Analysis Methodologies*. Journal of Construction Engineering and Management.
- Cáceres, K. (2005). *Estimación de costos de proyectos de infraestructura municipal*. Piura: UDEP.
- Churchill, G. (2002). *Investigación de mercados*. THOMSON.
- Department of Management and Budget. (1997). MICHSPEC - Standard Contract Forms and Conditions of the Contract. In D. o. Budget, *State's Owner and Contractor Standard Construction Contract*. Michigan: State of Michigan.
- El Comercio. (2008, Julio 3). Sector construcción representa más del 30% de casos de arbitraje del país. *El Comercio* .
- Elnagar, H., & Yates, J. K. (1997). Construction documentation used as indicators of delays. *Cost Engineering* , 31-37.
- Fisk, E. R., & Reynolds, W. D. (2006). *Construction Project Administration*. Ohio: Prentice Hall.
- FORMSPEC. *Progress Schedule Specification*. PMA Press.

- Galloway, P. D. (2006). CPM Scheduling - How Industry Views Its Use. *Cost Engineering* , 24-29.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación (4ta Edición)*. Mexico: McGraw Hill.
- Jingsheg, J., Cheung, S. O., & Arditi, D. (2001). *Construction Delay Computation Method*. Journal of Construction Engineering and Management.
- Martinez, J. (2005). *Supervisión y Control de Obra*. México: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura.
- Merritt, F. S. (1985). *Manual del Ingeniero Civil*. Mexico: McGraw Hill.
- Mohan, S. B., & Al-Gahtani, K. S. (2006). *Current Delay Analysis Techniques and Improvements*. Cost Engineering.
- Navarro, E. (2001). Contratos de Obras y Negociación. In I. d. [ICG], *Tecnología de la Construcción* (pp. 1-6). Lima: ICG.
- Oliveros, U., & Bahamondes, C. (2003). Método de "valor ganado" para control de obras. In C. d. Perú, *XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil* (pp. 1-11). Iquitos: ICG.
- Palles-Clark, R. (2006, Abril 26). Impacted as-planned analysis. *Contract Journal* , p. 27.
- Palles-Clark, R. (2006, Junio 28). *Time Impact Analysis - Caso CJ 0625*. Retrieved Julio 8, 2009, from sitio Web de Brewer Consulting: <http://www.brewerconsulting.co.uk/cases/CJ0625CL.htm>
- Peters, T. (2003, Noviembre). *Courrent Delay -- What is it and Why is it so Important?* Retrieved Junio 2, 2009, from sitio Web PinnacleOne: http://www.pinnacleone.com/e-newsletter/wwmpf/2003_11.html
- Pope, J. (2002). *Investigación de mercados - Guía para el profesional*. Lima: Grupo Editorial Norma.
- Schumacher, L. (1995). Quantifying and Apportioning Delay on Construction Projects. *Cost engineering* , 11-13.
- Stumpf, G. R. (2000). Schedule Delay Analysis. *Cost Engineering* , 32-43.
- Vega, G. (2003). *Administración Contractual en obras de construcción*. Piura: Universidad de Piura.
- Youngjae, K., Kyungrai, & Dongwoo, S. (2005). Delay Analysis Method Using Delay Section. *Journal of construction Engineering and Management ASCE* , 1155.