



CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS
COMISIÓN DE EMPRESAS PROVEEDORAS
DE SERVICIOS DE INGENIERÍA

PLANIFICACIÓN EN PROYECTOS de ingeniería



CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS
COMISIÓN DE EMPRESAS PROVEEDORAS
DE SERVICIOS DE INGENIERÍA



PLANIFICACIÓN EN PROYECTOS

de ingeniería

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 OBJETO.....	7
1.2 ALCANCE	7
1.3 GLOSARIO Y DEFINICIONES.....	7
2. ROLES Y RESPONSABILIDADES DE LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO	11
3. PROCESO DE PLANIFICACIÓN EN PROYECTOS DE INGENIERÍA	17
3.1 VALIDACIÓN DE PAQUETES DE TRABAJO	21
3.2 BASES DEL CRONOGRAMA.....	22
3.3 DEFINICIÓN DE CALENDARIOS	23
3.4 ELABORACIÓN DE LISTADO DE HITOS Y TAREAS.....	24
3.5 READECUACIÓN DE LISTADO DE DOCUMENTOS Y PRESUPUESTO.....	24
3.6 SECUENCIACIÓN DE TAREAS.....	25
3.6.1 Método de diagramación por precedencias.....	25
3.6.2 Tipos de Dependencias.....	26
3.6.3 Adelantos y Retrasos (Leads and Lags).....	27
3.6.4 Holgura (Float/Slack)	27
3.6.5 Planificación por Camino Crítico	28
3.7 ESTIMACIÓN DE DURACIONES.....	29
3.8 ASIGNACIÓN DE RECURSOS	30

3.9 VALIDACIÓN DE LA RED LÓGICA	31
3.10 VALIDACIÓN DE CAMINO CRÍTICO	32
3.11 HISTOGRAMA DE RECURSOS	33
3.12 NIVELACIÓN DE RECURSOS.....	33
3.13 AJUSTES REVISIÓN Y APROBACIÓN DE CRONOGRAMA BASE	34
4. PLAZOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA	35
5. PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL EN PROYECTOS DE INGENIERÍA	37
5.1 MEDICIÓN DE AVANCE FÍSICO POR PAQUETE DE TRABAJO	40
5.1.1 Unidades Completadas o Producidas	40
5.1.2 Hito Incremental o Reglas de Crédito.....	40
5.1.3 Inicio/Finalización.....	40
5.1.4 Opinión del Líder de Disciplina.....	41
5.1.5 Nivel de Esfuerzo (LOE).....	41
5.2 DETERMINACIÓN DE HORAS INSUMIDAS POR PAQUETE DE TRABAJO	41
5.3 ANÁLISIS DE VALOR GANADO	42
5.3.1 Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management-EVM).....	42
5.3.2 Valor Ganado (Earned Value-EV)	42
5.3.3 Performance del Cronograma.....	43
5.4 ESTIMACIÓN DE DURACIÓN REMANENTE.....	43
5.5 ACTUALIZACIÓN DEL CRONOGRAMA.....	44
5.6 VALIDACIÓN DEL CAMINO CRÍTICO.....	45
5.7 ANALISIS DE CONSISTENCIA.....	45
Subcomisión de Planificación	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objetivo del presente documento es permitir a las empresas de servicios de ingeniería y a los clientes realizar la planificación y seguimiento de la ejecución de la ingeniería, para cumplir con los objetivos del proyecto y con las expectativas de los involucrados en el mismo.

1.2 ALCANCE

La Práctica Recomendada se aplica a cualquier proyecto de ingeniería. Comprende, define y establece lo siguiente:

- Los niveles de detalle de la planificación en distintas etapas de desarrollo de la ingeniería
- La información requerida para realizar la planificación
- Quiénes deben estar involucrados en el desarrollo, revisión y aprobación de la planificación; roles y responsabilidades de cada uno
- Los conceptos básicos para la elaboración de la planificación: Estrategia de contrataciones y compras, WBS, camino crítico, etc.
- Las técnicas para la reducción de plazos
- Los plazos para la elaboración de la planificación de proyectos de ingeniería
- Los conceptos básicos para el seguimiento de la planificación. Frecuencia de actualización de cronogramas
- Determinación del avance físico: reglas de crédito
- Los índices de seguimiento de la planificación: valor ganado

1.3 GLOSARIO Y DEFINICIONES

CEPSI: Comisión de Empresas Proveedoras de Servicios de Ingeniería del Centro Argentino de Ingenieros (CAI). Sus miembros son las empresas de Ingeniería que con voluntad y responsabilidad contribuyen con el objetivo de alcanzar la excelencia de la Ingeniería Argentina.

PMI: Project Management Institute, que publica y mantiene metodologías y estándares para profesionalizar la Gestión de Proyectos. Su metodología está propuesta en el PMBOK “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos” (Guide to the Project Management Body of Knowledge).

Cliente: Empresa que contrata los servicios o productos.

Contratista: Empresa principal contratada para brindar un servicio o producto.

Proveedor: Empresa subcontratada para brindar un servicio o producto por el Contratista.

Plan de Ejecución de Ingeniería (PEI): Documento que indica el plan para llevar a cabo el desarrollo de la ingeniería, como ser: gestión del alcance y estrategia de ejecución del proyecto, gestión del cronograma, gestión de recursos humanos, gestión de la calidad, etc.

Plan de Gestión de Cambios: Documento que indica el plan para gestionar los cambios que surjan durante el desarrollo de la ingeniería, como ser: cambios del alcance, cambios en la estrategia de ejecución del proyecto, cambios en los plazos de ejecución de la ingeniería debidos a demoras en la información de partida para desarrollar la misma, etc.

Como mínimo, debe incluir un análisis del origen del cambio, el estudio del impacto en los plazos de ejecución y en los costos, y el proceso de aprobación del mismo.

EDT / WBS: Estructura de desglose de trabajo (traducción de work breakdown structure). La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos.

La EDT/WBS organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en el enunciado del alcance del proyecto aprobado y vigente.

Entregables: Toda actividad o documento que se haya incluido en el alcance completo de los trabajos contratados.

Emisión: Proceso por el cual se pone en vigencia un Documento y que implica su divulgación entre todas las partes interesadas o con incumbencia en el mismo.

Actividades: Cualquier acción relativa al desarrollo del proyecto de ingeniería vinculada directa o indirectamente a un entregable.

OC: Orden de compra: es un documento que un cliente entrega a un contratista para solicitar ciertos productos o servicios. En él se detalla la cantidad a comprar o contratar, el tipo de producto o servicio, el precio, las condiciones de pago y plazos de entrega, y otros datos importantes para la operación comercial.

Cronograma de Propuesta: Cronograma que indica el plazo total del Proyecto de Ingeniería. Puede incluir hitos significativos del Proyecto, como ser: entrega de información del cliente, recepción de información del proveedor de equipos principales, etc.

Cronograma de nivel I o Cronograma Contractual: Es el Cronograma de Propuesta actualizado, que será incluido en el contrato. Debe incluir todos los hitos contractuales.

Cronograma de nivel II o Cronograma Resumen: Es un resumen del Cronograma de Nivel III o Cronograma Maestro del Proyecto y por lo tanto no existe por sí sólo, ni representa la red lógica de las tareas del proyecto.

Comunica al equipo de proyecto las fechas de inicio y finalización a niveles más altos de la EDT.

El Cronograma de Nivel II debe estar alineado con el Cronograma de Nivel I.

Cronograma de nivel III o Cronograma Maestro del Proyecto: El Cronograma de Nivel III representa el nivel de planificación necesario para gestionar el proyecto. Detalla para el equipo del proyecto el plan para la ejecución del proyecto.

Será realizado por el método de Camino Crítico (CPM – Critical Path Method)

Un Cronograma de Nivel III se desglosa en actividades de trabajo, detalladas para todas las disciplinas de acuerdo con la EDT/WBS.

Cronograma de Nivel IV: Este cronograma permite al equipo gestionar actividades individuales en un nivel más detallado.

Los cronogramas del Nivel IV son típicamente preparados por el Equipo del Proyecto para desglosar una actividad en un grupo de subactividades o un desglose adicional para la asignación de recursos.

Los cronogramas del nivel IV se pueden utilizar para gestionar las actividades de recursos individuales.

No es aconsejable proponer u ofrecer a los Clientes un cronograma de nivel IV. Este cronograma es para ser utilizado exclusivamente dentro de la organización.

Division of responsibilities (DOR): Documento que permite asignar la responsabilidad de la ejecución las tareas y de la elaboración de los entregables del proyecto.

Master Document List (MDL): Sigla que identifica al listado maestro de documentos del proyecto (Master Document List) que se genera en base a las listas de documentos preparadas por cada especialidad. Puede incluir fechas de emisión de los documentos en revisión A y revisión 0.

Situación de ingeniería (SI): Reporte activo de control que registra las emisiones de cada documento, permitiendo además registrar el avance físico por sección y total del proyecto; mostrando además la trazabilidad de todos los documentos del proyecto. Incluye también las tareas internas que implican un consumo de horas.

Hito: Un hito o milestone es una tarea de duración cero. No se asignan recursos a ellos

Director o Gerente de Proyecto: Persona responsable de dirigir la ejecución exitosa de un proyecto satisfaciendo los requerimientos de la empresa y del cliente, tal como se los definió en el contrato.

Gerente o Coordinador de Ingeniería: Persona responsable de dirigir la ejecución exitosa de la ingeniería de un proyecto satisfaciendo los requerimientos de la empresa y del cliente, tal como se los definió en el contrato.

Es responsable de la coordinación de los líderes de las distintas disciplinas involucradas en el proyecto y de la gestión de las interfases entre estas disciplinas.

Planificador del Proyecto: Persona designada para la preparación, actualización y mantenimiento del cronograma del proyecto.

Líderes de Disciplina: Persona designada como responsable de la gestión de una de las disciplinas del proyecto, incluido el alcance, calidad, cronograma, asignación de personal y el presupuesto.

Equipo de Proyecto: Personal de la empresa asignado a un proyecto

Miembros designados del Equipo del Proyecto: Equipo de líderes de la empresa asignado a un proyecto, al que se le ha otorgado responsabilidad sobre la orientación general y la correcta ejecución del proyecto.

Estructura de recursos (OBS): Es un modelo jerárquico que describe el marco organizativo establecido para la planificación del proyecto, la gestión de los recursos, la asignación de costos y la gestión del trabajo

Estrategia de Contrataciones y Compras: Documento que indica la forma en que se realizarán las contrataciones y/o compras en el proyecto. El mismo debe incluir el listado de contrataciones y compras a realizar con una breve descripción del alcance de cada contratación y/o compra

Estrategia de Ejecución del Proyecto (Project Approach): Es un documento que establece la forma en que va a llevarse a cabo la ejecución del proyecto.

Sistema: Es un conjunto ordenado de elementos que funcionan en forma coordinada para lograr un fin

Subsistema: Es un sistema que es parte de otro sistema mayor que lo contiene.

Paquetes de trabajo: Es la mínima unidad en la que puede ser desglosado un proyecto donde alcance, tiempo, costo y calidad tiene una relación unívoca.

Duración remanente: Tiempo restante para finalizar una actividad

Valor ganado: El valor del trabajo finalizado expresado en términos del presupuesto aprobado asignado a ese trabajo para una actividad del cronograma o un componente de la estructura de división del trabajo

2. ROLES Y RESPONSABILIDADES DE LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO

En todas las etapas deben definirse los roles y responsabilidades de los participantes para la elaboración y seguimiento de la planificación del proyecto, siendo los principales integrantes involucrados el Cliente y el Equipo del Proyecto (Director o Gerente de Proyecto, Gerente o Coordinador de Ingeniería, Planificador del Proyecto, Líderes de disciplinas y los miembros designados).

El desarrollo del plan para ejecutar el trabajo es responsabilidad del Equipo del Proyecto.

El Equipo del Proyecto podrá acordar cualquier cambio al plan del proyecto mientras no afecte a los hitos establecidos en el Cronograma Contractual. En caso de que los cambios afecten el Cronograma Contractual se involucrará al Cliente (Gestión de Cambios).

Cliente:

El Cliente es responsable en la definición de los hitos del proyecto. En esta decisión pueden influir actores externos o actores involucrados en forma indirecta, pero el responsable principal debe ser siempre el cliente o quién éste designe como responsable. En general:

- Define y documenta los hitos del proyecto.
- Aprueba el Cronograma Contractual
- Verifica que el Cronograma Maestro del Proyecto cumple con lo indicado en el Cronograma Contractual
- Evalúa las necesidades de cambios en el Cronograma Maestro del Proyecto, y los aprueba.

Director o Gerente del Proyecto:

El Director o Gerente del Proyecto tiene la responsabilidad general de la planificación y la programación de un proyecto. En general:

- Asegura que el Equipo del Proyecto comprende el alcance del trabajo y los objetivos del proyecto.
- Garantiza la participación del Cliente, del equipo del proyecto y demás partes interesadas (adquisiciones, construcción, puesta en marcha u operación) en la elaboración del Cronograma Maestro del Proyecto.
- En caso de que los hitos no estuviesen previamente definidos por el Cliente, asegura que las partes involucradas (ingeniería, adquisiciones, construcción,

puesta en marcha u operación) desarrollen y acuerden las fechas de entrega del diseño.

- Garantiza que el Cronograma Maestro del Proyecto cumpla con el Cronograma Contractual
- Garantiza que el Cronograma Maestro del Proyecto incluye el alcance completo del proyecto.
- Dirige al equipo para desarrollar el Cronograma Maestro del Proyecto en línea con el Plan de Ejecución de Ingeniería.
- Dirige a los integrantes principales del Equipo del Proyecto (Gerente o Coordinador de Ingeniería, Planificador, Líderes de disciplinas y los miembros designados del equipo de proyecto) durante el desarrollo del Cronograma.
- Publica el Cronograma Maestro del Proyecto aprobado (línea base).
- Es responsable de garantizar que el Planificador del Proyecto reciba de manera oportuna todas las órdenes de cambio antes de su emisión para la evaluación del impacto en los plazos de los cambios.
- Analiza la necesidad de cambio del Cronograma Maestro establecido como línea base y las gestiona.

Gerente o Coordinador de Ingeniería

- Coordina a los integrantes principales del proyecto (planificador, líderes de disciplinas y los miembros designados del equipo de proyecto) durante el desarrollo del Cronograma Maestro del Proyecto.
- Asegura que el Plan prevea la preparación de todos los entregables de acuerdo con los objetivos y alcance del proyecto.
- Incorpora dependencias y restricciones externas en el Plan a medida que se identifican tales como: información de diseño proporcionada por el Cliente, proveedores, adquisiciones, construcción, puesta en marcha u operación.
- Colabora con el Director de Proyecto en la gestión de revisiones y aprobaciones del Cronograma Maestro por parte del Cliente
- Garantiza que todas las interfaces entre especialidades se identifiquen y estén correctamente relacionadas en el Cronograma Maestro.
- Define las premisas para el desarrollo de los entregables, principalmente los que dependen de información de otras especialidades (datos de entrada necesarios para elaborar cada entregable)

- Es responsable de garantizar que los compromisos del Cronograma Maestro se cumplan y que el Cronograma Maestro se actualice, de acuerdo a los procedimientos establecidos.
- Coordina a todos los Líderes de Disciplina y al Planificador del Proyecto para la actualización del Cronograma Maestro durante la ejecución del proyecto.

Planificador del Proyecto:

- Junto con el Gerente o Coordinación de Ingeniería y los Líderes de Disciplina revisan y valida la EDT / WBS del proyecto.
- Elabora el Cronograma Maestro del Proyecto. Coordina fechas claves e hitos con las partes interesadas dependiendo de la etapa y alcance (cliente, adquisiciones, construcción, puesta en marcha u operación). Determina, mediante las herramientas definidas para la planificación del proyecto en las Bases del Cronograma del Proyecto, las tareas que configuran el camino crítico del proyecto.
- Elabora los histogramas de recursos. Colabora en la optimización de recursos.
- Participa en las reuniones con el equipo del proyecto para ayudar a mantener el cronograma del proyecto y garantizar la finalización de las actividades en las fechas establecidas en el mismo.
- Actualiza el Cronograma Maestro del Proyecto y garantiza que las actualizaciones se realicen de acuerdo a los procedimientos establecidos
- Prepara y entrega al Director o Gerente de Proyecto, las actualizaciones del Cronograma Maestro para su distribución, según la frecuencia establecida en las Bases del Cronograma Maestro.
- Desarrolla el informe del camino crítico.
- Prepara informes estándar según este documento y proporciona diagramas lógicos, gráficos de barras, histogramas y tablas según sea necesario para permitir a la dirección del proyecto el análisis del cumplimiento y la eficiente gestión de los plazos del proyecto.
- Colabora con los Líderes de Disciplina en la valoración del avance físico determinado en función del estado de avance de cada entregable (según criterios generales a determinar para cada proyecto) y en la ponderación que le corresponde de acuerdo a las horas asignadas.

- Colabora en la determinación de las horas faltantes y la duración remanente de las tareas para completar el proyecto, determinadas por los Líderes de Disciplina.
- Efectúa el Análisis de Valor Ganado por cada especialidad.

Líderes de Disciplina:

- Aportan durante la etapa de planificación inicial la lista de actividades correspondientes a sus áreas alineadas con la EDT/WBS, la secuencia de ejecución de las actividades, las duraciones, los requerimientos de entrada, los entregables y las horas-hombre estimadas para cada actividad.
- Identifican las necesidades de transferencias de información entre disciplinas
- Colaboran con el Gerente o Coordinador de Ingeniería y el Planificador para elaborar el Cronograma Maestro del Proyecto.
- Colaboran con el Gerente o Coordinador de Ingeniería para asegurar que las transferencias de información entre disciplinas se lleven a cabo, y que todos los involucrados conozcan las necesidades y las fechas de entrega de la información.
- Trabajan con el Gerente de Ingeniería y el Planificador del Proyecto para mantener actualizado el cronograma del proyecto, de acuerdo a los procedimientos establecidos.
- Detectan en forma temprana desvíos al Cronograma Maestro establecido e informan al Gerente o Coordinador de Ingeniería y al Planificador de los mismos. Colaboran en el análisis de desvíos y alternativas para compensarlos.
- Definen el avance físico de las actividades en función del estado de avance de cada entregable (según criterios generales a determinar para cada proyecto)
- Determinan las horas faltantes y la duración remanente de las actividades de sus especialidades, para completar el proyecto.

A continuación se muestra cómo es la participación de cada uno de los roles mencionados en los procesos de Elaboración y de Seguimiento del Cronograma Maestro del Proyecto.

Bloques de Trabajo	Proceso de Planificación	Director de Proyecto	Gerente de Ingeniería	Planificador de Proyecto	Líderes de Disciplina	Cliente
1	Validación de paquetes de trabajo	A	R	I	I	-
	Definición de calendarios	R	I	I	I	-
2	Bases del cronograma	I	A	R	I	-
	Elaboración de listado de tareas (ejecución, revisión y aprobación)	I	A	R	C	-
3	Readecuación de listado de documentos y presupuesto	I	A	C	R	-
	Secuenciación de tareas / validación de red lógica	I	A	R	C	-
5	Estimación de duraciones / asignación de calendarios de las tareas	I	A	R	C	-
	Asignación de recursos a las tareas / verificación de disponibilidad	I	A	R	C	-
6	Validación de camino crítico	I	A	R	C	-
	Nivelación de recursos	I	A	R	C	-
	cronograma base					
	Ajustes	I	A	R	C	-
	Revisión	A	R	C	C	
	Aprobación	I	I	I	I	A
Bloques de Trabajo	Proceso de Seguimiento	Director de Proyecto	Gerente de Ingeniería	Planificador de Proyecto	Líderes de Disciplina	Cliente
1	Determinación de horas insumidas por paquete de trabajo	I	A	C	R	-
	Medición de avance físico por paquete de trabajo	I	A	C	R	-
2	Estimación de duración remanente	I	A	C	R	-
	Análisis de valor ganado	I	A	R	C	-
3	Actualización del Cronograma	-	-	R	-	-
	Validación de camino crítico	I	A	R	C	-
4	Análisis de Consistencia	I	A	R	C	-
	Elaboración de Informes de Gestión (Indicadores, recomendaciones, etc)	I	A	R	C	I

3. PROCESO DE PLANIFICACIÓN EN PROYECTOS DE INGENIERÍA

Todo proyecto conlleva la realización de una serie de actividades para su desarrollo. La distribución en el tiempo de dichas actividades y la consideración de los recursos necesarios son las funciones a desarrollar en la planificación de proyectos. El objetivo de la planificación de proyectos es obtener una distribución de las actividades en el tiempo y una utilización de los recursos que minimice el costo del proyecto cumpliendo con los condicionantes exigidos de: plazo de ejecución, tecnología a utilizar, recursos disponibles, nivel máximo de ocupación de dichos recursos, etc.

Por tanto, la planificación de proyectos es una programación de actividades y una gestión de los recursos cumpliendo con los objetivos, requerimientos y especificaciones demandados por el cliente.

En esta sección de la presente práctica se describe el proceso de planificación de proyectos de ingeniería, en consistencia con las metodologías de gestión de proyectos y cada uno de las etapas que deberían desarrollarse para obtener mejores resultados al momento de ejecutar proyectos de ingeniería.

El proceso de Planificación, requiere como punto de partida las siguientes entradas:

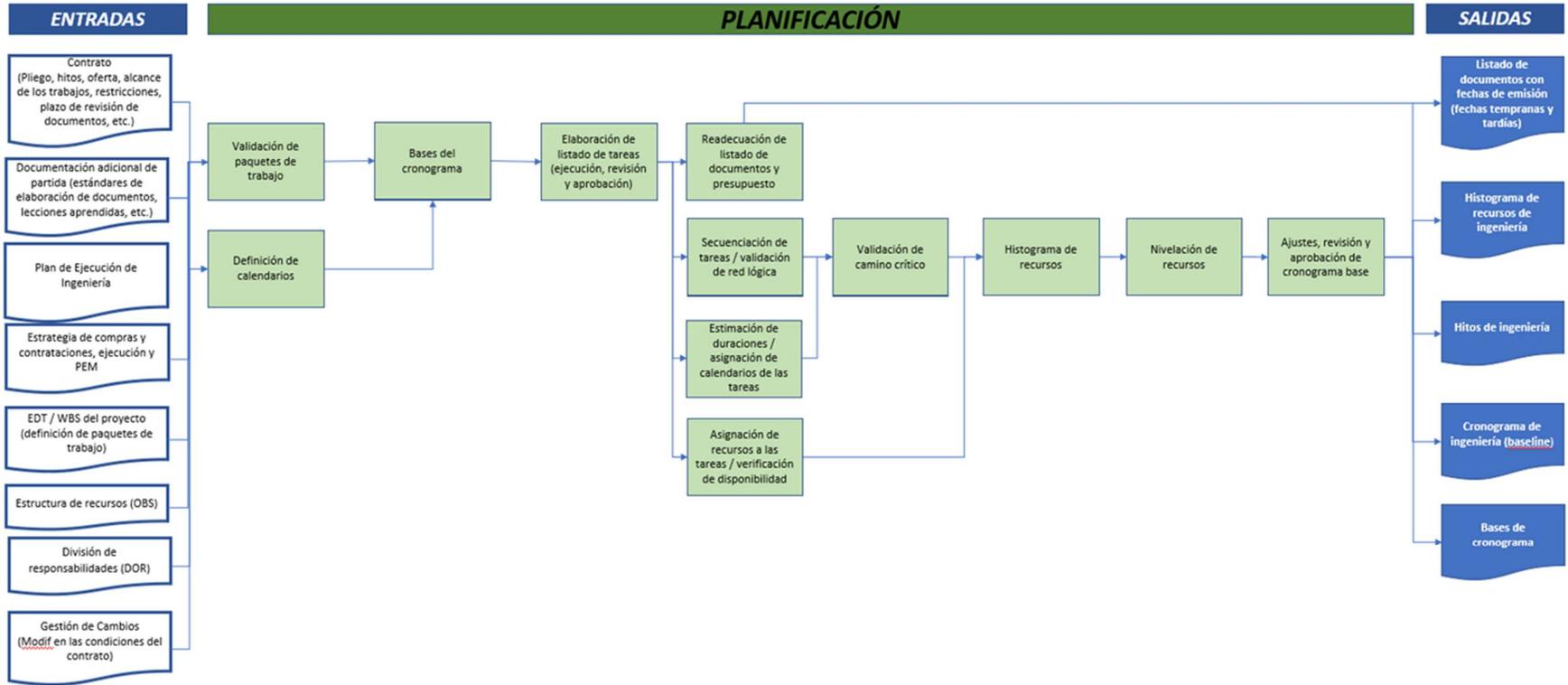
- Documentación contractual (pliego de licitación, alcance de los trabajos, hitos establecidos por el cliente, oferta del Contratista, contrato, restricciones, plazo de revisión de documentos, etc.)
- Documentación adicional de partida (estándares de elaboración de documentos, lecciones aprendidas, etc.)
- Plan de Ejecución de Ingeniería
- Plan de Gestión de Cambios
- División de responsabilidades (DOR)
- Estrategia de compras y contrataciones,
- Estrategia de ejecución y Puesta en Marcha del Proyecto.
- EDT / WBS del proyecto (definición de paquetes de trabajo)
- Estructura de recursos (OBS)
- Cambios aprobados por el Cliente (modificaciones en las condiciones del contrato)

Con esta información de partida se puede iniciar el proceso de planificación.

Una vez desarrollado el proceso de planificación, se obtendrán como salidas la siguiente información / documentos:

- Bases del Cronograma Maestro
- Hitos de ingeniería
- Cronograma de ingeniería (baseline)
- Listado de documentos con fechas de emisión (fechas tempranas y tardías)
- Histograma de recursos de ingeniería

PROCESO DE PLANIFICACIÓN



3.1 VALIDACIÓN DE PAQUETES DE TRABAJO

Antes comenzar a desarrollar la lista de actividades, es necesario validar los paquetes de trabajo contenidos en la WBS que es un input del proceso de planificación.

Este proceso de validación incluye una rápida verificación de la WBS del proyecto. Se recomienda que la WBS cumpla con el siguiente esquema:

- **NIVEL 0:** Representa todo el proyecto.
- **NIVEL 1:** Representa cada subproyecto dentro del proyecto.
- **NIVEL 2:** Cada subproyecto, se desglosará por fase del proyecto: ingeniería y compras
- **NIVEL 3:** En este nivel, cada categoría de nivel 2 se divide por “sistema” o por “área” (subdivisión geográfica del proyecto), según como sea apropiado para el proyecto.
- **NIVEL 4:** Cada categoría de Nivel 3 se divide posteriormente en las categorías de Nivel 4. De acuerdo a lo definido en el Nivel 3, este nivel se dividirá por “sistema” (si el nivel 3 representa las Áreas) o por “subsistema” (si el nivel 3 representa los Sistemas)
- **NIVEL 5:** Cada categoría de nivel 4 se divide posteriormente en las categorías del Nivel 4. De acuerdo a lo definido en los niveles 3 y 4, este nivel se dividirá por “área” (cuando el Nivel 3 es Sistema y el Nivel 4 es Subsistema) o “subsistema” (cuando el Nivel 3 es Área y el Nivel 4 es Sistema)
- **NIVEL 6:** Cada categoría de Nivel 5 se divide posteriormente en las categorías de Nivel 6. Normalmente se utiliza este nivel para la “Especialidad”: arquitectura, civil, estructuras, procesos, mecánica, piping, electricidad, instrumentación, automación, etc.
- **NIVEL 7:** Es el nivel de “Paquete de Trabajo”, que es la mínima unidad de desglose del trabajo en la que el alcance, los plazos y los costos pueden ser asociados en forma unívoca.

Además, debe verificarse la regla del 100%: la WBS debe incluir el 100% del trabajo definido por el alcance del proyecto y especifica todos los entregables,

internos, externos e intermedios, y además, cada elemento de la WBS incluye el 100% de los niveles inferiores.

No debe confundirse paquete de trabajo con actividades. En los paquetes de trabajo se puede definir alcance, plazo y costo, mientras que las actividades si bien comprenden un alcance y plazo específico pueden no tener recursos y costos asociados.

3.2 BASES DEL CRONOGRAMA

Las Bases del Cronograma es un documento que establece los parámetros para realizar la planificación de un proyecto. En el mismo se deben desarrollar y definir:

1. Propósito del documento
2. Descripción General del Proyecto
3. Descripción del Alcance del Proyecto: resumen general del alcance del proyecto, cantidad de documentos previstos para el proyecto, magnitudes generales o específicas previstas por especialidad, etc.)
4. Hitos principales del proyecto
5. EDT/WBS
6. Nivel de detalle (Nivel 1/2/3/4)
7. DOR
8. OBS
9. Equipo de Trabajo (si es que no ha sido incluido en el PEI):
Dimensionamiento de los grupos de trabajo de las diferentes disciplinas (mencionar estudios y tercerizaciones de trabajos).
10. Estrategia de ejecución y Puesta en Marcha del Proyecto (si es que no ha sido incluido en el PEI): definición general de la secuencia de ejecución del proyecto.
11. Software a utilizar.
12. Calendarios de trabajo.
13. Locaciones de trabajo.
14. Metodología para el cálculo de la duración de las actividades (Informar en este apartado los estándares según disciplina y tipo de elaborado para cada documento o paquete de documentos (HH/doc., HH/A1eq).

15. Contingencias de plazo a considerar en la elaboración del cronograma (surge de un análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos).
16. Flujo de aprobación y tiempos de aprobaciones de documentación
17. Metodología para determinar el avance físico de las actividades y la ponderación de las mismas para determinar el avance físico del todo el proyecto. Flujo de revisión y aprobación.
18. Cambios de línea base del proyecto (consideraciones generales para definir cuándo amerita un cambio de línea base).

3.3 DEFINICIÓN DE CALENDARIOS

Para la programación del proyecto se debe incorporar la información de los días laborables, los turnos, y la disponibilidad de los recursos, por lo que es necesario definir los calendarios a utilizar en el proyecto. Esto consiste en definir los tiempos de trabajo estándar y los tiempos de descanso del proyecto, especificando las horas de trabajo de cada día laborable, los días laborables de cada semana y los días feriados o no laborables.

En general se utilizan los siguientes calendarios:

- **Calendario de Proyecto:** calendario predeterminado utilizado para la programación de todas las actividades de un proyecto. El calendario del proyecto define los días laborables y no laborables y las horas de la jornada laborable. Este calendario suele representar las horas de trabajo de la organización.
- **Calendario de Recursos:** El calendario de recursos asegura que los recursos del proyecto (personas y equipos) se asignan teniendo en cuenta su disponibilidad. Los calendarios de recursos pueden asignarse por igual a todos los recursos del proyecto, o por categorías de recursos, o asignarse un calendario específico a un recurso. De forma predeterminada, la configuración de las horas de trabajo en el calendario de recursos coincide con el calendario del proyecto. Sin embargo, se puede personalizar la configuración de las horas y días laborables de cada calendario de recursos – se utiliza especialmente en recursos críticos- teniendo en cuenta vacaciones, ausencias laborales, licencias especiales, etc.
- **Calendario de Tareas:** Si las tareas se van a desarrollar en días no laborables o en horarios distintos a los definidos en el calendario de

proyecto, es necesario establecer calendarios propios para estas tareas diferentes al calendario del proyecto.

3.4 ELABORACIÓN DE LISTADO DE HITOS Y TAREAS

Luego de realizar la validación de los paquetes de trabajo, la definición de los calendarios y las bases del cronograma se realiza el proceso de elaboración del listado de hitos y tareas.

La lista de tareas es una lista que incluye todas las actividades del cronograma necesarias para el desarrollo del proyecto. Incluye para cada actividad, el identificador de la misma y una descripción del alcance del trabajo, con el nivel de detalle suficiente para que los miembros del equipo del proyecto comprendan el trabajo que deben realizar. Cada una de las actividades deberá tener un título único que las identifique dentro del cronograma.

A diferencia de los hitos, las tareas tienen duraciones, a lo largo de las cuales se lleva a cabo el trabajo, y deben tener recursos y costos asociados.

Los atributos de las tareas no incluyen sólo el identificador de la actividad, el nombre y la descripción de la misma, sino también, el identificador de la EDT/WBS, los calendarios, las relaciones lógicas (actividades predecesoras, actividades sucesoras, adelantos y retrasos), recursos, fechas obligatorias y restricciones.

3.5 READECUACIÓN DE LISTADO DE DOCUMENTOS Y PRESUPUESTO

Al comienzo del proyecto se debe confeccionar la lista de documentos (entregables) del proyecto basada en la lista de documentos generada en la etapa de oferta.

La lista de documentos del proyecto debe estar alineada con la EDT/WBS. Para cada paquete de trabajo se deben indicar los documentos que deben ser generados para cumplir con el alcance de ese paquete de trabajo.

La lista de documentos debe tener como mínimo la siguiente información en distintas columnas: N° de documento, revisión, especialidad, descripción, identificador de la actividad del cronograma, fecha temprana de emisión, fecha tardía de emisión, fecha de emisión real, notas, etc.

Este listado debe ser revisado periódicamente en función de los documentos agregados y/o anulados que surjan durante la duración del proyecto.

3.6 SECUENCIACIÓN DE TAREAS

Una adecuada planificación se basa en la correcta secuenciación de las actividades y estimación de la duración de las mismas.

El proceso de secuenciación de tareas involucra tomar las actividades e hitos y vincularlos según el orden en que se realizará el trabajo. El resultado es un diagrama de red.

El diagrama de red muestra sólo dependencias (relaciones lógicas). Al agregar la duración estimada de las actividades al diagrama, se pueden calcular las fechas tempranas y tardías de inicio y fin, los márgenes libres y totales, y obtener la ruta crítica o camino crítico.

3.6.1 Método de diagramación por precedencias

En este tipo de diagramación se pueden establecer cuatro tipos de relación lógica entre las actividades:

- **Final a Inicio (FS):** Se aplica cuando una actividad debe finalizar antes de que la sucesora pueda iniciar. Esta es la relación que se utiliza con mayor frecuencia.



- **Inicio a Inicio (SS):** Se aplica cuando una actividad debe iniciar antes de que la sucesora pueda iniciar, cuando las actividades pueden iniciar simultáneamente



- **Final a Final (FF):** Se aplica cuando una actividad debe finalizar antes de que la sucesora pueda finalizar, cuando las actividades pueden finalizar simultáneamente.



- **Inicio a Final (SF):** Se aplica cuando una actividad debe iniciar antes de que la sucesora pueda finalizar. Raramente se utiliza esta dependencia.



3.6.2 Tipos de Dependencias

La secuencia de actividades se determina sobre la base de las siguientes dependencias:

- **Dependencias obligatorias**, también conocidas como "**Lógica Dura**". Una dependencia obligatoria es inherente a la naturaleza del trabajo (ejemplo: se debe diseñar antes de construir) o es requerida por el contrato.

Dependiendo del origen, las dependencias de lógica dura, se pueden definir como:

- Dependencia externa: Esta dependencia se basa en las necesidades o deseos de una parte externa del proyecto (ejemplo: gobierno o proveedores).
- Dependencia interna: Esta dependencia se basa en requerimientos del proyecto

• **Dependencias discrecionales**, también conocidas como "**Lógica Blanda**". Esta es la forma que el equipo de proyecto ha elegido para realizar el proyecto. Existen otras formas en que se podría realizar el proyecto, pero este es el enfoque preferido. Se puede cambiar una dependencia discrecional si es necesario, mientras que no se puede cambiar una dependencia obligatoria. Las dependencias discrecionales son claves al analizar la forma de cómo comprimir el cronograma para reducir la duración del proyecto.

Como en el caso de las dependencias de lógica dura, de acuerdo con su origen pueden ser internas o externas.

Entonces se puede identificar más de una dependencia para el mismo trabajo/actividad. Las combinaciones incluyen obligatoria externa, obligatoria interna, discrecional externa y discrecional interna.

Por lo general, el planificador y los líderes de especialidad deberán identificar las dependencias obligatorias y discrecionales; el director del proyecto y el planificador deberán identificar las dependencias externas e internas.

3.6.3 Adelantos y Retrasos (Leads and Lags)

En cualquier tipo de relación entre actividades, puede existir un desfase temporal, llamado "lags". Cuando los lags son negativos se denominan leads y no se recomienda su uso.

3.6.4 Holgura (Float/Slack)

La holgura es un activo en un proyecto

- **Holgura total**: es la cantidad de tiempo que puede retrasarse una actividad sin retrasar la fecha de finalización o un hito intermedio mandatorio del proyecto y

sin dejar de cumplir con las restricciones impuestas. Este es el principal tipo de holgura y es administrada por el director de proyecto.

- Holgura libre: es la cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse sin retrasar la fecha de inicio temprana de su(s) sucesora(s) y sin dejar de cumplir con las restricciones impuestas del proyecto. La gestión y/o uso de esta holgura es potestad del ejecutor de la actividad.

Dentro de la ruta crítica las actividades tienen holgura cero (o el valor de criticidad determinado en el proyecto). Si las actividades en la ruta crítica se retrasan y tienen fechas mandatorias pueden resultar en holgura negativa.

3.6.5 Planificación por Camino Crítico

El método de programación por camino crítico o ruta crítica:

- Contribuye a probar cuánto tiempo va a llevar el proyecto
- Ayuda a determinar dónde enfocar los esfuerzos de dirección de proyectos
- Facilita la identificación de prioridades y resolución de polémicas, determinando si requieren atención inmediata.
- Proporciona un medio para analizar la compresión del cronograma durante la planificación del proyecto y cuando sea que haya cambios
- Muestra cuáles actividades tienen holgura y, por consiguiente, pueden retrasarse sin retrasar el proyecto

3.6.6 Planificación Gradual

Para proyectos de gran porte, puede llegar a ser necesario implementar la Planificación Gradual, ya que al momento de realizar la planificación no se conoce en detalle el alcance de algunos paquetes de trabajo que serán ejecutados más adelante por lo que no es necesario desglosarlos. Todo lo que no esté desglosado se puede denominar paquete de planificación, cuyos componentes son elementos de la red, no desglosados, o susceptibles de un desglose posterior.

Así el diagrama de red del proyecto se va a hacer con diferentes elementos. Unos próximos en el tiempo, muy desglosados, otros lejanos en el tiempo y menos desglosados, o que se desglosarán más adelante. Esta planificación gradual permite

no fragmentar toda la estructura de desglose del trabajo del Proyectos hasta que no sea inminente su ejecución.

3.7 ESTIMACIÓN DE DURACIONES

Las duraciones de las actividades del cronograma deben ser razonables, manejables, cuantificables y consistentes de un proyecto a otro.

En el proceso de determinación de las duraciones de las actividades se analiza cada actividad en la lista de actividades, se considera su alcance y recursos, y se estima cuánto tiempo llevará realizar la actividad. Es importante mencionar que para estimar la duración de las actividades debe contarse con la estimación de recursos de la actividad (cantidad de horas hombre).

Estimar la duración de una actividad significa comenzar con la información que se tiene sobre esa actividad y los recursos que se le asignan, y luego trabajar con el equipo del proyecto para obtener esa estimación. La mayoría de las veces se comenzará con un cálculo aproximado que luego se refinará para hacerlo más preciso.

Hay cinco herramientas para determinar las duraciones de las actividades:

- El juicio de expertos provendrá de los miembros del equipo de proyecto que estén familiarizados con el trabajo que debe realizarse. Si bien es importante tener en cuenta el juicio de expertos, debe evitarse calcular las duraciones basadas únicamente en juicio de experto.
- La estimación análoga es cuando se observan actividades similares de proyectos anteriores y cuánto tiempo tomaron. Esto solo funciona si las actividades y los recursos son similares.
- La estimación paramétrica se fundamenta en una base de datos de rendimientos reales de proyectos anteriores para determinar la duración de las tareas.
- La estimación probabilística es cuando se obtienen tres duraciones para cada tarea: una duración realista (DR) que es más probable que ocurra, una optimista (DO) que representa el mejor escenario y una pesimista (DP) que representa el peor escenario. La estimación final es el promedio ponderado de las tres. La ponderación puede realizarse teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de cada una de estas duraciones o a través de la siguiente fórmula:

$$(DO + 4 DR + DP)/6$$

- El análisis de reservas o contingencias significa agregar tiempo adicional a cada tarea (llamado buffer) para tener en cuenta el riesgo en la ejecución de la tarea. Es importante mencionar que los buffers deben estar claramente identificados para evitar que se interprete que la duración básica de la tarea es la duración de la tarea incluyendo el buffer.

Como guía, todas las actividades no deben exceder una duración mayor a 30 días, excepto cuando la actividad tenga un Sistema de Gestión de Progreso adecuado; caso contrario, la actividad debe ser dividida en tareas más pequeñas para su correcto monitoreo de avance. La intención es no tener actividades con largas duraciones y sin ningún método razonable para medir el progreso.

3.8 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

3.8.1 Definición de Recursos Estándar

La definición de los recursos debe estar alineada con la OBS (Organization Breakdown Structure), que es un input del proceso de planificación.

En esta sección se proporciona un conjunto común de definiciones de recursos para la planificación de proyectos de ingeniería.

- Gestión de proyectos
- Planificación
- Control de Proyecto
- Apoyo al proyecto
- Arquitectura
- Civil
- Estructuras
- Electricidad
- Procesos
- Instrumentación
- Automación y Control
- Mecánica
- Cañerías
- Medio Ambiente
- Estimaciones de costos

- Estudios especiales (HAZOP, HAZID, Constructibilidad)

La unidad de medida para recursos laborales estándar será: horas hombre

3.8.2 Asignación de Recursos

Esta sección proporciona una manera estándar y consistente de asignar recursos a las actividades.

Al asignar recursos a las actividades es necesario indicar si un recurso es driving. Se denomina recurso driving a aquel que no es fácil de disponer, como por ejemplo, algunos especialistas.

Para los recursos driving se establecen unidades constantes por período de tiempo (UPT), por ejemplo, 8 horas diarias, 4 horas diarias. De esta manera, las duraciones remanentes en días para las actividades en curso se calcularán en función de la estimación a completar (Estimate to complete - ETC) en horas dividida por UPT.

Si se asigna más de un recurso driving a una actividad, la duración calculada más larga del recurso será la duración de la actividad.

3.8.3 Identificación de Recursos Críticos

En el desarrollo del cronograma, a menudo se hace evidente que una serie de actividades se verán condicionadas por la dependencia de un recurso común de disponibilidad limitada. Esta disponibilidad limitada requerirá que solo una de las actividades pueda llevarse a cabo a la vez. Algunos programadores utilizan una dependencia discrecional de Fin – Inicio (FS) para representar dicha restricción. Este enfoque puede dar como resultado una falsa demora en las rutas o caminos críticos erróneos formados por tareas a las que se les asigna el mismo recurso.

La forma correcta de indicar el impacto del recurso crítico debe ingresarse con su límite establecido en 1 y debe seleccionarse para la nivelación. Al nivelar, el resultado será que la actividad que está lista para comenzar primero obtendrá el recurso y se programará primero.

3.9 VALIDACIÓN DE LA RED LÓGICA

Una vez que se cuenta con un cronograma inicial por camino crítico, comienza el análisis de la red del cronograma para crear el cronograma de línea base.

En este análisis se verificará:

- Las dependencias duras y discretionales/blandas
- Que no existan lazos abiertos.
- Salvo la tarea inicio del proyecto y los hitos externos de inicio, que todas las actividades deben tener al menos una predecesora.
- Salvo la tarea fin del proyecto y los hitos de entrega final de documentación, todas las actividades deben tener al menos una sucesora.

Una vez que está validada la red lógica, se obtiene el cronograma de camino crítico del proyecto.

3.10 VALIDACIÓN DE CAMINO CRÍTICO

Una vez secuenciadas las tareas, estimadas las duraciones y validada la red lógica se obtiene como resultado una programación por camino crítico (CPM).

Ahora se debe analizar la razonabilidad de las actividades que quedaron reflejadas en el cronograma como críticas y realizar los ajustes de relaciones o duraciones que se crean necesarios. Se deben analizar y validar también las actividades sub críticas, que son aquellas con escaso margen de holgura que pueden volverse críticas si registran pequeños retrasos con respecto a sus fechas previstas.

En general se adoptan como críticas las tareas con holgura total igual a cero (0) o el valor de criticidad determinado en el proyecto, y subcríticas, aquellas con un límite de holgura total que depende de la duración del proyecto, siendo un valor usual tomar el 5% o el 10% de la duración total del proyecto.

Se pueden realizar tareas de “Streching” sobre el cronograma si, luego de validado el camino crítico, no se logra cumplir con las fechas contractuales.

Se denomina Streching a las técnicas utilizadas para comprimir el cronograma. Las principales son:

- Crashing: reducción de la duración de las tareas del camino crítico y de los caminos subcríticos, que implica una mayor asignación de recursos para el desarrollo de estas tareas
- Fast tracking: modificación de la forma de ejecución del proyecto que se traduce en la modificación de las relaciones discretionales entre tareas, (las actividades que se realizan normalmente en forma secuencial se ejecutarán, aunque sea parcialmente, en paralelo); y como consecuencia de ello, impacta en la aplicación de recursos al proyecto.

En la validación del camino crítico deben participar el director o gerente del proyecto, el gerente o coordinador de ingeniería, los líderes de especialidades y el planificador del proyecto.

3.11 HISTOGRAMA DE RECURSOS

El histograma de recursos establece la cantidad de recursos que serán aplicados a la ejecución del proyecto de ingeniería durante el desarrollo de la misma.

De la asignación de recursos a las tareas siguiendo la OBS del proyecto y una vez validado el camino crítico, se puede obtener un histograma preliminar de recursos. Este primer histograma dará una idea general de los recursos necesarios para completar el proyecto en los tiempos definidos.

Esta tarea iniciará el trabajo de nivelación de recursos, que desencadenará un proceso iterativo que culminará cada vez en una nueva generación del histograma de recursos.

3.12 NIVELACIÓN DE RECURSOS

Del histograma de recursos generado en base al cronograma del proyecto, probablemente surjan inconsistencias entre los recursos previstos para realizar el proyecto y los recursos disponibles.

Es muy importante resolver los conflictos que puede provocar la asignación de recursos. Estos conflictos tienen lugar cuando se asigna más cantidad de recursos de los que se tienen disponibles, de modo que se supera la capacidad máxima existente. Si estos conflictos no se resuelven pueden provocar el incumplimiento de los tiempos previstos en el proyecto por falta de recursos para ejecutar las tareas que lo conforman.

También se generan conflictos de recursos cuando se asigna un recurso a dos o más tareas que se desarrollarán simultáneamente y la suma de la cantidad de asignaciones supera la capacidad máxima definida en la lista de recursos.

Los conflictos de recursos también son llamados sobreasignación porque, sin importar el tipo de conflicto, siempre se están utilizando más recursos de los existentes.

Para la resolución de estos conflictos se sugiere trabajar sobre las tareas no pertenecientes al camino crítico de la siguiente forma:

- En caso de ser posible, cambiar recursos sobrecargados por otros que tengan disponibilidad.
- Modificando las unidades asignadas de los recursos con conflicto para que, en algunas tareas, trabajen en forma parcial.
- Desplazando en el tiempo la ejecución de las actividades dentro de los márgenes de holguras libres y holguras totales.
- Cambiando el calendario de los recursos sobrecargados para que se extienda la jornada laboral.
- Permitiendo que los recursos sobre asignados trabajen horas extras, las que tendrán un costo diferente, y por lo general superior, a las horas normales de trabajo.
- Aumentando la capacidad máxima de los recursos sobre asignados para poder abastecer a todas las tareas involucradas en el conflicto.
- Modificando los tipos de relaciones existentes entre las tareas involucradas con el recurso sobre asignado.

3.13 AJUSTES REVISIÓN Y APROBACIÓN DE CRONOGRAMA BASE

La nivelación de recursos genera como resultado sucesivos ajustes sobre el cronograma del proyecto. Una vez finalizada esta tarea, se contará con el cronograma base del proyecto. Como actividad final, este deberá ser aprobado por todos los responsables de su confección. La aprobación interna del cronograma es necesaria para que cada área se responsabilice por su efectivo cumplimiento. El cronograma base es finalmente emitido al cliente como documento formal del proyecto y con su aprobación, será utilizado en adelante para el seguimiento del proyecto.

Responsables de la aprobación del cronograma:

- Gerente del proyecto: es responsable de las interfaces entre las diferentes especialidades de ingeniería y las diferentes fases del proyecto (ej.: fase de compras, fase de construcción).
- Líderes de especialidades: son responsables de cumplir los plazos y las tareas según la secuenciación determinada.
- Jefes de Departamento: son responsables de proveer los recursos para el fiel cumplimiento del cronograma.

4. PLAZOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Como se ha indicado el proceso de desarrollo de la planificación de proyectos de ingeniería incluye la ejecución de varias tareas que deben ser elaboradas no sólo por el Planificador, sino también por los Líderes de Disciplina, el Gerente / Coordinador de Ingeniería y el Director/Gerente de Proyecto, que pueden iniciarse cuando se cuentan con la información de entrada mencionada (ver apartado 6). El proceso de elaboración de la planificación requiere de un elevado grado de interacción entre los miembros del equipo mencionados.

La planificación de los proyectos de ingeniería es uno de los procesos más importantes para el logro de los objetivos del proyecto, y debido a ello, requiere determinado tiempo para que sea desarrollada correctamente. Sin embargo, debe evitarse que este proceso demore un tiempo excesivo, para no retrasar el inicio de actividades que dependan de su emisión.

Como parámetro se considera que el tiempo de desarrollo de la planificación de los proyectos de ingeniería es la décima parte del plazo total para la elaboración de la misma.

5. PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL EN PROYECTOS DE INGENIERÍA

El proceso de Seguimiento y Control, requiere como punto de partida las siguientes entradas:

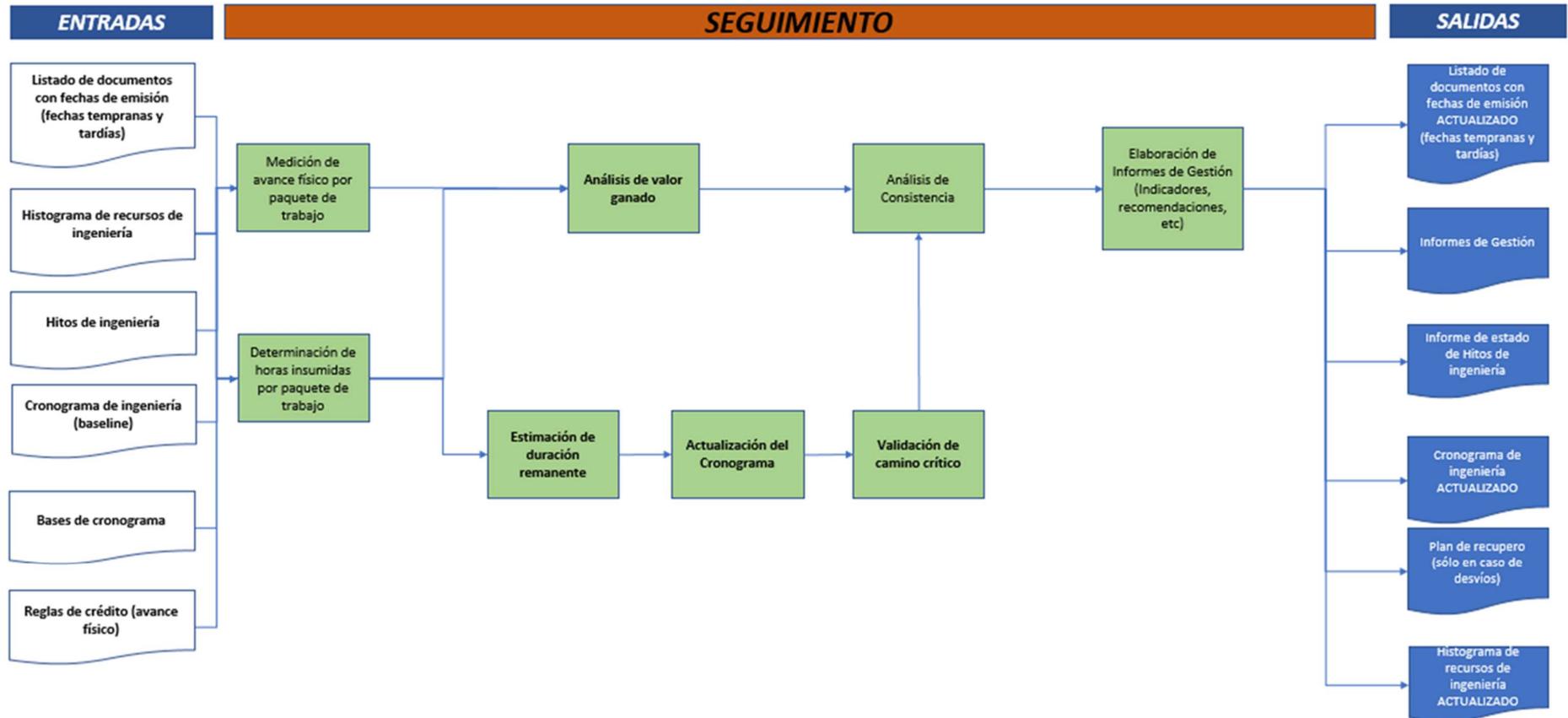
- Listado de documentos con fechas de emisión (fechas tempranas y tardías.)
- Histograma de recursos de ingeniería
- Hitos de ingeniería
- Cronograma de ingeniería (baseline)
- Bases de cronograma
- Reglas de crédito (avance físico)

Con esta información de partida puede iniciar el proceso de seguimiento.

Una vez desarrollado el proceso de seguimiento, se obtendrán como salidas la siguiente información / documentos:

- Listado de documentos con fechas de emisión ACTUALIZADO (fechas tempranas y tardías)
- Informes de gestión del cronograma
- Informes de estado de hitos de ingeniería
- Cronograma de ingeniería ACTUALIZADO
- Histograma de recursos de ingeniería ACTUALIZADO

PROCESO DE SEGUIMIENTO



5.1 MEDICIÓN DE AVANCE FÍSICO POR PAQUETE DE TRABAJO

Es responsabilidad del grupo de control del proyecto establecer el proceso mediante el cual se determina el avance físico de las tareas.

Existen cinco métodos para estimar el avance físico de una tarea:

5.1.1 Unidades Completadas o Producidas

Este método se utiliza cuando se elaboran elementos repetitivos bien diferenciados donde cada elemento requiere aproximadamente el mismo nivel de esfuerzo. Es un sistema comúnmente utilizado en Construcción, puede aplicarse sólo a algunas tareas específicas de ingeniería, como ser emisión de isometrías, MTO's derivados de la utilización de maquetas 3D.

5.1.2 Hito Incremental o Reglas de Crédito

El método de hitos incrementales es aplicable a cualquier tarea que incluya distintas operaciones progresivas para desarrollar la misma. El segmentar una tarea en operaciones y asignar cada una de ellas un incremento de progreso es lo que se denomina establecer reglas de crédito.

Los hitos se logran completando cada operación. Cada hito completado representa un cierto porcentaje del progreso total de la tarea. El porcentaje elegido para representar cada hito se basa normalmente en el número de horas de trabajo que se estima es requerido para realizar la operación.

5.1.3 Inicio/Finalización

El método Inicio/Finalización se utiliza en actividades de corta duración y donde es difícil identificar hitos intermedios y establecer reglas de crédito. Un ejemplo de uso de este sistema de medición de avance físico es la revisión de un documento.

5.1.4 Opinión del Líder de Disciplina

El método de opinión del líder de disciplina es cuando el líder de la disciplina hace un juicio en cuanto al porcentaje completo del progreso de la tarea. Este método es muy subjetivo, da lugar a juicios demasiado optimistas o demasiado pesimistas y sólo debe utilizarse con tareas menores.

5.1.5 Nivel de Esfuerzo (LOE)

El método Nivel de Esfuerzo se basa en un nivel uniforme de progreso de la tarea. Esto se utiliza comúnmente con tareas que implican un largo período de tiempo o que son continuas durante la vida de un proyecto, y que se estiman y presupuestan en asignaciones de horas de trabajo en lugar de sobre la base de Producción. Este tipo de sistema de medición se utiliza generalmente para tareas realizadas por personal indirecto y tareas de áreas de apoyo (no aplicado a la elaboración de entregables) como ser: Gestión de proyectos, aseguramiento de calidad, control de documentos, planificación, control de proyectos.

El método más apropiado para la medición de progreso para las actividades de elaboración de documentos en proyectos de ingeniería es el de “reglas de crédito” Es responsabilidad de cada grupo disciplinario establecer conjuntos de reglas de crédito. Estas reglas progresivas serán utilizadas para establecer la estimación de horas requeridas para finalizar el paquete de trabajo y para la posterior determinación de trabajo físico completo del proyecto.

5.2 DETERMINACIÓN DE HORAS INSUMIDAS POR PAQUETE DE TRABAJO

En función de la EDT establecida es necesario implementar un sistema que permita imputar las horas insumidas para realizar las actividades de cada paquete de trabajo. Este sistema entregará la cantidad de horas insumidas por paquete de trabajo que será utilizada para la medición de desempeño (Método de Valor Ganado).

Es importante resaltar que la imputación de horas reales debe realizarse sobre paquetes de trabajo y no sobre cada documento/entregable ya que esto, además de

demandar esfuerzo innecesario para el control de proyecto, desvía el foco de control.

5.3 ANÁLISIS DE VALOR GANADO

5.3.1 Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management-EVM)

La Gestión del Valor Ganado (EVM) es una técnica de gestión de proyectos que realiza objetivamente un seguimiento del avance físico del trabajo.

EVM tiene la capacidad de combinar mediciones de rendimiento técnico (es decir, el logro del trabajo planificado), la performance del cronograma (es decir, adelantado o atrasado respecto a lo previsto) y el rendimiento de los costos (es decir, por debajo o sobre el presupuesto) dentro de una única metodología integrada.

EVM proporciona una alerta temprana de problemas de performance del proyecto en cuanto a plazos y costos se refiere mientras que hay tiempo para adoptar acciones correctivas.

Además, EVM mejora la definición del alcance del proyecto, comunica el progreso medido en forma objetiva a las partes interesadas y mantiene al equipo del proyecto enfocado en lograr el avance planeado dentro del costo previsto.

5.3.2 Valor Ganado (Earned Value-EV)

Es un método para determinar el porcentaje completado de un conjunto de tareas de trabajo diferentes o de todo un proyecto.

El valor ganado de una tarea se obtiene como el producto del porcentaje completado de una tarea y el presupuesto de mano de obra directa de esa tarea.

$$\text{Valor ganado} = (\% \text{ Completo de la tarea}) \times (\text{presupuesto de la tarea})$$

El porcentaje completado de un conjunto de tareas puede calcularse como la suma del valor ganado de cada tarea dividido la suma del presupuesto de mano de obra directa de cada tarea.

$$\text{Porcentaje completado} = \frac{\sum \text{Valor Ganado de las tareas}}{\sum \text{Valor presupuestado de las tareas}}$$

Este método permite utilizar también la cantidad de horas hombre en lugar de los valores del presupuesto de mano de obra directa.

5.3.3 Performance del Cronograma

Es la comparación del trabajo físico realmente realizado (valor ganado) con el plan de línea base (valor planificado).

Para mostrar esta comparación puede calcularse:

- Desviación del cronograma (Schedule Variance – SV) como el valor ganado menos el valor planificado:

$$SV = \text{Valor ganado} - \text{Valor planificado}$$

- Índice de rendimiento del cronograma (Schedule Performance Index - SPI) como el valor ganado dividido por el valor planificado.

$$SPI = \text{Valor ganado} / \text{Valor planificado}$$

Si la desviación del cronograma es positiva o el SPI es mayor a uno estamos adelantados respecto a lo planificado. Si la desviación del cronograma es negativa o el SPI es menor a uno estamos atrasados respecto a lo planificado.

5.4 ESTIMACIÓN DE DURACIÓN REMANENTE

Durante el desarrollo del proceso de planificación, se estimó la duración de las actividades, que deben ser razonables, manejables, cuantificables y consistentes de un proyecto a otro (punto 6.7).

Luego de que se ha iniciado el proceso de ejecución de las actividades y dentro del proceso de seguimiento y control del cumplimiento de la línea base, se identifica el trabajo completado y su desempeño: hh consumidas, tiempo consumido y trabajo remanente (este último sólo en actividades que se encuentran en progreso). Con esta información se analiza que tiempo/duración demandará este trabajo remanente.

Esta duración remanente debe someterse a un análisis, se pueden utilizar las mismas técnicas de estimación de duraciones descritas en el proceso de planificación (punto 6.7), ya que este proceso implica planificar nuevamente el trabajo restante:

- La estimación paramétrica
- La estimación análoga / análisis de tendencias
- La estimación probabilística
- El juicio de expertos

Al momento de la estimación de la duración remanente, debería contarse con más información y mayor precisión con respecto del trabajo restante, ya que se está analizando una tarea en ejecución. Puede darse el caso de que haya documentos previstos dentro del paquete de trabajo que se eliminen y/o documentos no previstos en el paquete de trabajo que sean necesarios realizar; en ambos casos el impacto en la duración remanente puede ser importante.

5.5 ACTUALIZACIÓN DEL CRONOGRAMA

En este punto, se materializa el control sobre el cronograma. Controlar significa medir con respecto al cronograma base.

El equipo de proyecto debe mantener el control de su proyecto y debe conocer periódicamente (semanal, quincenalmente o según se defina) el estado de avance y desempeño obtenido en comparación con el plan.

El proceso de actualizar el cronograma y, finalmente, obtener un cronograma actualizado es lo que permite materializar el control del proyecto.

Durante el transcurso de cada período el planificador del proyecto recibe la información detallada de lo que se ha ejecutado con los datos necesarios para actualizar plazos, fechas, avances y estrategias. Según se defina en el Plan de Ejecución de Ingeniería el mismo planificador puede relevar y generar también parte de esa información.

Una vez recolectada o generada toda la información para la actualización, se procede a actualizar el cronograma en el software/herramienta que la empresa utilice.

Este archivo de cronograma disponible para actualización contiene la línea base que se definió en el proceso de planificación y que representa la base de comparación para la medición del desempeño.

Luego, sobre este cronograma debe ser ajustada la fecha de actualización (data date) al día inmediatamente posterior la fecha de fin del período de actualización.

Durante la actualización del cronograma es necesario actualizar las fechas de inicio y de fin, e incorporar la duración remanente de las actividades en progreso, como así también el avance físico de cada una de ellas.

Para ello deben ser actualizados los siguientes campos de cada actividad:

- Fecha de inicio real: Para todas las actividades iniciadas durante el período
- Fecha de fin real: Para todas las actividades finalizadas durante el período
- Porcentaje de avance físico: Para todas las actividades cuyo avance físico se haya modificado durante el período debe ingresarse el nuevo porcentaje de avance físico.
- Duración Remanente: Para todas las actividades iniciadas (excepto hitos) durante el período debe ingresarse la nueva estimación de días restantes para finalizar la actividad

5.6 VALIDACIÓN DEL CAMINO CRÍTICO

De la misma forma que en el proceso de planificación (apartado 6.10), una vez actualizada toda la información indicada en el apartado anterior, se procederá a validar el camino crítico obtenido en la actualización.

Nuevamente se debe analizar la razonabilidad de las actividades que quedaron reflejadas en la actualización del cronograma como críticas. Se deben analizar y validar también las actividades sub críticas, que son aquellas con escaso margen de holgura que pueden volverse críticas si se producen pequeños retrasos con respecto a sus fechas previstas.

En la validación del camino crítico deben participar el director o gerente del proyecto, el gerente o coordinador de ingeniería, los líderes de especialidades y el planificador del proyecto.

5.7 ANALISIS DE CONSISTENCIA

Una vez actualizado el cronograma del proyecto y validado el camino crítico, se debe analizar la consistencia del histograma de recursos resultante para el cumplimiento de las actividades faltantes. Puede que de dicho análisis surja la necesidad de modificar fechas de finalización de actividades y en consecuencia la curva de progreso del proyecto. Debe existir una relación coherente entre cronograma e histograma de recursos

Para evaluar la fecha de finalización del proyecto considerando el desempeño del cronograma a la fecha de actualización (técnica de valor ganado) se recomienda aplicar el SPI. Una vez validado el camino crítico se determina la duración remanente del proyecto y se la divide por el SPI. En caso que el resultado sea superior a la duración remanente del proyecto determinada, deberá definirse una serie de acciones que modifiquen la forma en que el proyecto se está ejecutando, ya que caso contrario la fecha de finalización proyectada tiene baja probabilidad de cumplimiento.

En caso de retrasos en la fecha de finalización respecto a lo indicado en el cronograma base será necesario realizar planes de recupero. Para ello existen una serie de técnicas que se pueden utilizar para encauzar el proyecto al tiempo establecido como objetivo, como ser técnicas de crashing y fastracking que se mencionan en el proceso de planificación (apartado 6.10).

Otras técnicas que se pueden implementar en un plan de recupero son trabajar horas extras (cambio del calendario del proyecto) y reasignación de recursos.

5.8 ELABORACION DE INFORMES DE GESTION DEL CRONOGRAMA (INDICADORES, RECOMENDACIONES, ETC.)

Las actividades de seguimiento concluyen con la elaboración de los informes ad hoc solicitados por el gerente de ingeniería o por el Project Manager.

Se sugiere definir al principio del proyecto los reportes que la dirección del proyecto estime como necesarios para su correcto seguimiento, registrados o mencionados en el Plan de Ejecución de Ingeniería.

El informe que debe elaborar el planificador del proyecto con la actualización del cronograma en cada período debe incluir los cambios realizados en los hitos del proyecto, cambios de estrategia, cambios de alcance, y otros temas relevantes que ameriten ser rastreables y en el caso de aplicar alguna de las técnicas de recupero, realizar una descripción del plan de recupero implementado o a implementar.

Se sugiere incorporar al seguimiento algunos indicadores de desempeño.

A continuación, se detallan a modo de ejemplo los indicadores de desempeño típicos:

NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	UNIDADES
Documentos "Para Aprobación" emitidos en fecha.	Cantidad de documentos emitidos en fecha "Para Aprobación"	%
	Total de documentos emitidos "Para Aprobación"	
Retraso promedio de documentos emitidos "Para Aprobación"	Días Totales de retraso	Días
	Total de documentos emitidos "Para Aprobación" con retraso	
Documentos "Para Construcción" emitidos en fecha.	Cantidad de documentos emitidos en fecha "Para Construcción"	%
	Total de documentos emitidos "Para Construcción"	
Retraso promedio de documentos emitidos "Para Construcción"	Días Totales de retraso	Días
	Total de documentos emitidos "Para Construcción" con retraso	
Documentos revisados en fecha.	Cantidad de documentos revisados en fecha	%
	Total de documentos revisados	
Retraso promedio de revisión de documentos	Días Totales de retraso en revisión de documentos	Días
	Total de documentos revisados con retraso	
Índice de rendimiento del cronograma (SPI)	Valor ganado	Adimensional
	Valor planificado	

Subcomisión de Planificación

Nómina de los miembros que participaron en la redacción de esta publicación:

Eduardo Rodriguez Arias	(AESAS)
Mariano Marcozzi	(AESAS)
Carolina Vargas	(HYTECH)
Ezequiel Gonzalez	(HYTECH)
Raúl Ignacio Perez Sucunza	(IATASA)
Claudio Allo Ron	(MASALRO)
Carlos Cortizas	(SENER)
Ignacio Guadagnini	(TECHINT)

Centro Argentino de Ingenieros

Cerrito 1250

(C1010AAZ) Buenos Aires, Argentina

Tel.: (54-11) 4811 0570

www.cai.org.ar