

El **diagrama de Gantt**, **gráfica de Gantt** o **carta Gantt** es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias.

Por esta razón, para la planificación del desarrollo de proyectos complejos (superiores a 25 actividades) se requiere además el uso de técnicas basadas en redes de precedencia como CPM o los grafos PERT. Estas redes relacionan las actividades de manera que se puede visualizar el camino crítico del proyecto y permiten reflejar una escala de tiempos para facilitar la asignación de recursos y la determinación del presupuesto. El diagrama de Gantt, sin embargo, resulta útil para la relación entre tiempo y carga de trabajo.

En gestión de proyectos, el diagrama de Gantt muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas (llamados *summary elements* en la imagen) o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo (no mostradas en la imagen).

Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método más eficiente.

Básicamente el diagrama esta compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

Se puede producir un diagrama de Gantt con una hoja de cálculo de una manera muy sencilla, marcando determinadas celdas para formar la representación de cada tarea. Existen macros que automatizan esta elaboración en MS Excel y OpenOffice Calc. Sin embargo, existen herramientas de gestión de proyectos dedicadas a la planificación y seguimiento de tareas, que tienen el diagrama de Gantt como pantalla principal. Se introducen las tareas, sus informáticas capaces de producir una representación de tareas en el tiempo en un formato de gráfico de Gantt. También existen herramientas de licencia libre capaces de llevar a cabo la tarea de representar gráficos de progreso Gantt. Se deben valorar, por último, el uso de herramientas que usan una página web y el navegador para hacer seguimiento de proyectos.

Software libre para trabajar con diagramas de Gantt

- OpenProj, software libre de gestión de proyectos que permite crear, entre otros, diagramas de Gantt, PERT, WBS, RBS, costes, etc.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- KMKey
- KPlato
- GanttProject
- Planner
- NavalPlan

Software propietario para trabajar con diagramas de Gantt

- Microsoft Project

La **planificación** es un proceso gradual, por el que se establece el esfuerzo necesario para cumplir con los objetivos de un proyecto en un tiempo u horario que se debe cumplir para que la planificación sea exitosa. En este proceso permite además, refinar los objetivos que dieron origen al proyecto.

Existen diferentes herramientas y técnicas para abordar la planificación de un proyecto, las cuales permiten definir el curso de acción a seguir, que será tomado como base durante la ejecución del mismo.

Si bien la planificación define las acciones a seguir, durante la ejecución puede existir necesidad de cambios respecto de lo definido originalmente, los mismos servirán de punto de partida para un nuevo análisis y una nueva planificación de ser requerido.

1.1 Factores de la planificación

Los factores involucrados en el proceso de planificación, son encabezados por los directivos que realizan los planes con los cuales operará una organización.

La operación y ejecución de los planes puede realizarla el mismo actor u otro, que deberá conocer y comprender el nivel de planeación aplicado y al cual debe llegarse.

El actor que planifica puede en ocasiones tomar todas las decisiones, e igual no realizar este tipo de acciones. Generalmente es establecida una estructura organizacional dentro de toda institución y en ella se establecen las normas y políticas de la organización, en donde se definen las funciones, roles y alcances de los integrantes.

La planificación se lleva a cabo de manera empírica en muchas situaciones cotidianas, y de manera muy seria y formal en organismos que dependen de una planificación adecuada y sistemática. La planificación se encuentra, tal como la administración, dentro de la mayoría de las actividades de las personas, instituciones y organismos de toda índole.

Por lo anterior cobra una fuerte importancia el poder distinguir los diferentes procesos de la planeación, y comprender que la planificación operará y hará realidad los planteamientos y herramientas que nos da la planeación, permitiendo contar en las sociedades con formas más organizadas.

Características básicas de la planificación

Sentido de Proceso: la planificación es una actividad continua, un reajuste permanente entre medios, actividades, fines y procedimientos. *Vínculo con el medio:* Tiene en cuenta los diferentes factores sociales y factores contingentes que conforman el escenario donde se desarrolla. En muchos casos, este vínculo con el medio se efectúa a través de un diagnóstico preliminar. *Actividad preparatoria:* la planificación se desarrolla en un escenario previo a la acción. Hay una separación entre el espacio de planificación y el de ejecución. *Conjunto de decisiones:* Planificar implica la selección de algunas soluciones entre una gama de opciones. Sin embargo, más que una decisión única, la planificación es un conjunto de decisiones interrelacionadas y en progresión. *Para la acción:* A pesar de que la planificación no es ejecución, siempre va dirigida hacia la realización de acciones. *Sentido de futuro:* la planificación siempre es un esfuerzo prospectivo, se busca el logro de objetivos futuristas. Tiende al *logro de objetivos:* el alcance de objetivos propuestos, concretos y definidos es una de las

principales metas de la planificación. *Teoría causa-efecto*: Relación de causalidad entre lo decidido y los resultados esperados. *Eficiencia*: Para el logro de los objetivos, se busca el uso de los medios más eficientes.

El planificador debe estar vinculado con el medio, se debe ubicar en el terreno de la realidad social, una realidad construida por hombres que no siguen parámetros lineales ni leyes generales, que no están condicionados irrenunciablemente, que están determinados por innumerables factores (biológicos, sociales, económicos, emocionales, culturales, etc.). En conclusión, la realidad social es compleja, indeterminada y plagada de incertidumbre.

La racionalidad en la planificación aparece como el intento de disminuir tal incertidumbre y controlar los eventos, subordinarlos. Sin embargo, se debe ser consciente de la imposibilidad de un control completo del entorno, así que se debe conciliar la búsqueda de mitigación de incertidumbre, con un conocimiento profundo de la realidad social y la capacidad de flexibilidad ante el cambio. En conclusión, la racionalidad consiste en introducir coherencia a las acciones planteadas como solución frente a un problema, coherencia vista en dos planos: con los objetivos propuestos, y con el medio social vigente.

La planificación dentro de la operación de los planes

La planificación deberá conocer los diferentes niveles y aptitudes de la planeación, como fueron definidos dentro de los planes establecidos.

Para que realice sus acciones se apoyará en aspectos similares de la planeación operativa, y se basará en numerosos planes, e incluso realizar una microplaneación de carácter inmediato, que detallará la forma en que las metas deberán ser alcanzadas en sus diferentes niveles organizacionales. Se incluirán esquemas de tareas y operaciones debidamente racionalizados y sometidos a un proceso reduccionista típico del enfoque de sistemas cerrado.

Es importante saber que una planificación es una guía ya que en el campo o área de trabajo pueden existir muchos factores que la modifiquen, ya que debe adecuarse a las necesidades de la población meta.

Los argumentos que favorecen la planificación sobre cualquier reflexión apresurada o acción precipitada ante la realidad son.

- Se necesita una mediación entre el futuro y el presente. La planificación brinda la oportunidad de pensar más allá del presente y, así, no actuar tarde frente a los problemas que vendrán.
- Se necesita prever cuando la predicción es imposible. A pesar de que saber el futuro con certeza es imposible, se deben contemplar una gama de opciones para mitigar, o aprovechar, los efectos futuros.
- La necesidad de estar preparado para reaccionar veloz y efectivamente ante las sorpresas del futuro.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- Se necesita una mediación entre el pasado y el futuro. Se debe aprovechar el conocimiento brindado por la experiencia y los errores a la hora de afrontar los retos del futuro.
- Se necesita una mediación entre el conocimiento y la acción. Es perentorio el proceso de reflexión previo a la acción. Este proceso de reflexión incluye un análisis profundo de la realidad y del contexto actual y pasado.
- Se necesita coherencia global ante las acciones parciales de los actores sociales. Ya que cada actor social realiza sus acciones de acuerdo a su visión y principios, es necesario una instancia que conduzca y de coherencia a estas acciones para alcanzar el bienestar colectivo.

Clases de planificación y características

Existen diversas clasificaciones acerca de la planificación. Según Stoner, los gerentes usan dos tipos básicos de planificación: La planificación estratégica y la planificación operativa. La planificación estratégica está diseñada para satisfacer las metas generales de la organización, mientras la planificación operativa muestra cómo se pueden aplicar los planes estratégicos en el que hacer diario. Los planes estratégicos y los planes operativos están vinculados a la definición de la misión de una organización, la meta general que justifica la existencia de una organización. Los planes estratégicos difieren de los planes operativos en cuanto a su horizonte de tiempo, alcance y grado de detalles.

Planificación estratégica

La planificación estratégica es planificación a largo plazo que enfoca a la organización como un todo. Muy vinculados al concepto de planificación estratégica se encuentran los siguientes conceptos: a) estrategia, b) administración estratégica, c) cómo formular una estrategia.

Estrategia

Es un plan amplio, unificado e integrado que relaciona las ventajas estratégicas de una firma con los desafíos del ambiente y se le diseña para alcanzar los objetivos de la organización a largo plazo; es la respuesta de la organización a su entorno en el transcurso del tiempo, además es el resultado final de la planificación estratégica. Asimismo, para que una estrategia sea útil debe ser consistente con los objetivos organizacionales.

Administración estratégica

Es el proceso que se sigue para que una organización realice la planificación estratégica y después actúe de acuerdo con dichos planes. En forma general se piensa que el proceso de administración estratégica consiste en cuatro pasos secuenciales continuos: a) formulación de la estrategia; b) implantación de la estrategia; c) medición de los resultados de la estrategia y d) evaluación de la estrategia.

Cómo formular una estrategia

Es un proceso que consiste en responder cuatro preguntas básicas. Estas preguntas son las siguientes: ¿Cuáles son el propósito y los objetivos de la organización?, ¿A dónde se dirige actualmente la organización?, ¿En que tipo de ambiente está la organización?, ¿Qué puede hacerse para alcanzar de una mejor forma los objetivos organizacionales en el futuro.?

Planificación operativa

La planificación operativa consiste en formular planes a corto plazo que pongan de relieve las diversas partes de la organización. Se utiliza para describir lo que las diversas partes de la organización deben hacer para que la empresa tenga éxito a corto plazo.

Según Wilburg Jiménez Castro la planificación puede clasificarse, según sus propósitos en tres tipos fundamentales no excluyentes, que son: a) Planificación Operativa, b) Planificación Económica y Social, c) Planificación Física o Territorial.

Planificación Operativa o Administrativa

Se ha definido como el diseño de un estado futuro deseado para una entidad y de las maneras eficaces de alcanzarlo (R. Ackoff, 1970). Según Patrick J. Montana y Bruce H. Charnov, el plan operativo se diferencia de una organización a otra, pero en todos los casos proporciona suficiente documentación y datos para ser revisados por la empresa de comercialización y el punto de vista financiero y que se integren en el conjunto del plan de operaciones corporativas.

Planificación Económica y Social

Puede definirse como el inventario de recursos y necesidades y la determinación de metas y de programas que han de ordenar esos recursos para atender dichas necesidades, atinentes al desarrollo económico y al mejoramiento social del país.

Planificación Física o Territorial

Podría ser definida como la adopción de programas y normas adecuadas, para el desarrollo de los recursos naturales, dentro de los cuales se incluyen los agropecuarios, minerales y la energía eléctrica, etc., y además para el crecimiento de ciudades y colonizaciones o desarrollo regional rural.

Según la duración

También según Wilbur Jiménez Castro (1982), según el período que abarque la planificación puede ser: a) de corto plazo, b) de Mediano plazo, c) de largo plazo.

- Planificación de corto plazo: El período que cubre es de un año.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- Planificación de mediano plazo: El período que cubre es más de un año y menos de cinco.
- Planificación de largo plazo: El período que cubre es de más de cinco años.

Clasificación por Area Funcional

Según Cortés, los planes se pueden clasificar también de acuerdo al área funcional responsable de su cumplimiento:

- Plan de Producción
- Plan de Mantenimiento
- Plan de mercadeo
- Plan de Finanzas
- Plan de Negocios

Clasificación según el alcance

Según el alcance dentro de una determinada institución o empresa, los planes se pueden clasificar como:

- Departamentales, si se aplican a un departamento. Ejemplo: plan de mantenimiento mecánico.
- Interdepartamentales, si afectan a más de un departamento. Ejemplo: plan de seguridad industrial.
- Institucional o empresarial, si cubre toda la organización. Ejemplo: Presupuesto.

También pueden ser considerados como planes las políticas, los procedimientos, las normas y los métodos de trabajo. Los métodos son formas sistemáticas y estructuradas para realizar actividades en forma eficiente.

Las normas son regulaciones estrechas que definen con detalle los pasos y acciones para realizar actividades repetitivas.

Método de la ruta crítica

De Wikipedia, la enciclopedia libre

El **método de la ruta crítica** fue inventado por la corporación DuPont es comúnmente abreviado como **CPM** por las siglas en inglés de *Critical Path Method*. En administración y gestión de proyectos, una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Un proyecto puede tener varias rutas críticas paralelas. Una ruta paralela adicional a través de la red con las duraciones totales menos cortas que la ruta crítica es llamada una sub-ruta crítica.

Originalmente, el método de la ruta crítica consideró solamente dependencias entre los elementos terminales. Un concepto relacionado es la cadena crítica, la cual agrega dependencias de recursos. Cada recurso depende del manejador en el momento donde la ruta crítica se presente.

A diferencia de la técnica de revisión y evaluación de programas (PERT), el método de la ruta crítica usa tiempos ciertos (reales o determinísticos). Sin embargo, la elaboración de un proyecto basándose en redes CPM y PERT son similares y consisten en:

- **Identificar todas las actividades** que involucra el proyecto, lo que significa, determinar relaciones de precedencia, tiempos técnicos para cada una de las actividades.
- **Construir una red** con base en nodos y actividades (o arcos, según el método más usado), que implican el proyecto.
- **Analizar** los cálculos específicos, identificando las rutas críticas y las holguras de los proyectos .

En términos prácticos, la ruta crítica se interpreta como la dimensión máxima que puede durar el proyecto y las diferencias con las otras rutas que no sean la crítica, se denominan tiempos de holgura.

La **Técnica de Revisión y Evaluación de Programas** (en Inglés *Program Evaluation and Review Technique*), comúnmente abreviada como **PERT**, es un modelo para la administración y gestión de proyectos inventado en 1958 por la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de Guerra del Departamento de Defensa de los EE. UU. como parte del proyecto Polaris de misil balístico móvil lanzado desde submarino. Este proyecto fue una respuesta directa a la crisis del Sputnik .

PERT es básicamente un método para analizar las tareas involucradas en completar un proyecto dado, especialmente el tiempo para completar cada tarea, e identificar el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto total.

Este modelo de proyecto fue el primero de su tipo, un reanimo para la administración científica , fundada por el fordismo y el taylorismo . A pesar de que cada compañía tiene su propio *modelo de proyectos*, todos se basan en PERT de algún modo. Sólo el método de la ruta crítica (*CPM*) de la Corporación DuPont fue inventado en casi el mismo momento que PERT.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La parte más famosa de PERT son las *Redes PERT*, diagramas de líneas de tiempo que se interconectan. PERT está diseñado para proyectos de gran escala, que se ejecutan de una vez, complejos y no rutinarios.

Redes PERT

Una malla PERT permite planificar y controlar el desarrollo de un proyecto. A diferencia de las redes CPM, las redes PERT trabajan con tiempos probabilísticos. Normalmente para desarrollar un proyecto específico lo primero que se hace es determinar, en una reunión multidisciplinaria, cuáles son las actividades que se deberá ejecutar para llevar a feliz término el proyecto, cuál es la precedencia entre ellas y cuál será la duración esperada de cada una.

Para definir la precedencia entre actividades se requiere de una cierta cuota de experiencia profesional en el área, en proyectos afines.

Principios

Estos tres principios deben respetarse siempre a la hora de dibujar una malla PERT:

- **Principio de designación sucesiva:** se nombra a los vértices según los números naturales, de manera que no se les asigna número hasta que han sido nombrados todos aquellos de los que parten aristas que van a parar a ellos.
- **Principio de unicidad del estado inicial y el final:** se prohíbe la existencia de más de un vértice inicial o final. Sólo existe una situación de inicio y otra de terminación del proyecto.
- **Principio de designación unívoca:** no pueden existir dos aristas que tengan los mismos nodos de origen y de destino. Normalmente, se nombran las actividades mediante el par de vértices que unen. Si no se respetara este principio, puede que dos aristas recibieran la misma denominación

Duración de una Actividad

Para estimar la duración esperada de cada actividad es también deseable tener experiencia previa en la realización de tareas similares. En planificación y programación de proyectos se estima que la duración esperada de una actividad es una variable aleatoria de distribución de probabilidad Beta Unimodal” de parámetros (a, m, b) donde :

t_a = Se define como el tiempo optimista al menor tiempo que puede durar una actividad.

t_m = Es el tiempo más probable que podría durar una actividad (Este corresponde al tiempo CPM, asumiendo que los cálculos son exactos).

t_b = Éste es el tiempo pesimista, o el mayor tiempo que puede durar una actividad.

t_e = Corresponde al **tiempo esperado** para una actividad.

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

NOTA: Se supone que cada Tarea, sigue una ley de distribución de B de Euler

El valor (o tiempo) esperado en esta distribución. Esta se expresa en la siguiente fórmula:

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

cuya varianza está dada por:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_b - t_a}{6} \right)^2$$

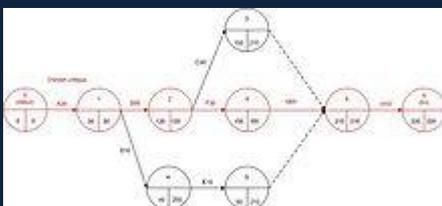
y una desviación estándar:

$$\sigma = \frac{t_b - t_a}{6}$$

En un dibujo de una malla PERT podemos distinguir nodos y arcos. Los nodos representan instantes en el tiempo. Específicamente, representan el instante de inicio de una o varias actividades y simultáneamente el instante de término de otras varias actividades. Los arcos por su parte representan las actividades, tienen un nodo inicial y otro de término donde llega en punta de flecha. Asociada a cada arco está la duración esperada de la actividad. Más información de un diagrama de actividades es representar éstas con una valoración de complejidad para minimizar el efecto de *cuello de botella*.

Dibujo de una malla PERT

Existen dos metodologías aceptadas para dibujar una malla PERT, la de “Actividad en el Arco” y las de “Actividad en el Nodo”, siendo ésta última la más utilizada en la actualidad en atención a que es la que usan la mayoría de las aplicaciones computacionales especialistas en este tema.



Red PERT.

Cada nodo contiene la siguiente información sobre la actividad:

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- Nombre de la actividad
- Duración esperada de la actividad (t)
- Tiempo de inicio más temprano (ES = Earliest Start)
- Tiempo de término más temprano (EF = Earliest Finish)
- Tiempo de inicio más tardío (LS = Latest Start)
- Tiempo de término más tardío (LF = Latest Finish)
- Holgura de la Actividad (H)

Por convención los arcos se dibujan siempre con orientación hacia la derecha, hacia el nodo de término del proyecto, nunca retrocediendo. El dibujo de una malla PERT se comienza en el nodo de inicio del proyecto. A partir de él se dibujan las actividades que no tienen actividades precedentes, o sea, aquellas que no tienen que esperar que otras actividades terminen para poder ellas iniciarse. A continuación, se dibujan las restantes actividades cuidando de respetar la precedencia entre ellas. Al terminar el dibujo de la malla preliminar, existirán varios nodos ciegos, nodos terminales a los que llegan aquellas actividades que no son predecesoras de ninguna otra, es decir aquellas que no influyen en la fecha de inicio de ninguna otra, éstas son las actividades terminales y concurren por lo tanto al nodo de término del proyecto.

Cálculo de los tiempos de inicio y término más tempranos

El tiempo de inicio más temprano “ES” (Early Start) y de término más temprano “EF” (Early finish) para cada actividad del proyecto, se calculan desde el nodo de inicio hacia el nodo de término del proyecto según la siguiente relación:

$$EF = ES + t$$

Donde (t) es el tiempo esperado de duración de la actividad y donde ES queda definida según la siguiente regla:

- Regla del tiempo de inicio más temprano:

El tiempo de inicio más temprano, ES, de una actividad específica, es igual al mayor de los tiempos EF de todas las actividades que la preceden directamente.

El tiempo de inicio más temprano de las actividades que comienzan en el nodo de inicio del proyecto es cero (0).

Duración esperada del proyecto

La duración esperada del proyecto (T) es igual al mayor de los tiempos EF de todas las actividades que desembocan en el nodo de término del proyecto.

Cálculo de los tiempos de inicio y término más tardíos

El tiempo de inicio más tardío “LS” (Latest Start) y de término más tardío “LF” (Latest finish) para cada actividad del proyecto, se calculan desde el nodo de término retrocediendo hacia el nodo de inicio del proyecto según la siguiente relación:

$$LS = LF - t$$

Donde (t) es el tiempo esperado de duración de la actividad y donde LF queda definida según la siguiente regla:

- Regla del tiempo de término más tardío:

El tiempo de término más tardío, LF, de una actividad específica, es igual al menor de los tiempos LS de todas las actividades que comienzan exactamente después de ella.

El tiempo de término más tardío de las actividades que terminan en el nodo de término del proyecto es igual a la duración esperada del proyecto (T).

Holguras, actividades críticas y rutas críticas

La Holgura de una actividad, es el tiempo que tiene ésta disponible para, ya sea, atrasarse en su fecha de inicio, o bien alargarse en su tiempo esperado de ejecución, sin que ello provoque retraso alguno en la fecha de término del proyecto.

La holgura de una actividad se calcula de la siguiente forma:

$$H = LF - EF$$

o bien

$$H = LS - ES$$

- Actividades críticas

Se denomina actividades críticas a aquellas actividades cuya holgura es nula y que por lo tanto, si se retrasan en su fecha de inicio o se alargan en su ejecución más allá de su duración esperada, provocarán un retraso exactamente igual en tiempo en la fecha de término del proyecto.

- Rutas críticas

Se denomina rutas críticas a los caminos continuos entre el nodo de inicio y el nodo de término del proyecto, cuyos arcos componentes son todas actividades críticas.

Las rutas críticas se nombran por la secuencia de actividades críticas que la componen o bien por la secuencia de nodos por los que atraviesa.

Nótese que un proyecto puede tener más de una ruta crítica pero a lo menos tendrá siempre una.

Variabilidad de la duración de un proyecto

La duración esperada del proyecto (T) es una variable aleatoria proveniente de la suma de otras variables aleatorias, las duraciones esperadas de las actividades de la o las rutas críticas del proyecto y por lo tanto su variabilidad dependerá de la variabilidad de todas las actividades críticas del proyecto. Se tiene entonces que la varianza y la desviación estándar de la duración esperada del proyecto está dada por:

$$\sigma_t^2 = \sum \text{Varianza de todas las actividades del Proyecto}$$

Cálculo de probabilidades

Asumiendo que la duración esperada de una actividad es una variable aleatoria independiente, podemos también suponer que la duración esperada del proyecto es una variable aleatoria que aproxima a la distribución de Gauss (para tareas > 30) y por lo tanto podemos calcular algunas probabilidades haciendo uso de una tabla de distribución normal, tomando en consideración las siguientes relaciones: - Consideremos que para números de Tareas < 30, debemos aproximar a una distribución de Student

La probabilidad de que el proyecto se termine antes de una duración dada t_0 está dada por:

$$P \{T \leq t_0\} = P \{Z \leq z_0\}$$

donde z_0 es el valor de entrada a una tabla de distribución normal y que se calcula según:

$$z_0 = \frac{t_0 - T}{\sigma_T}$$