TESIS
GP2001
S4

Universidad Católica Andrés Bello

Post-Grado en Gerencia de Proyectos.

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA URBANIZACIÓN LOS NARANJOS UTILIZANDO EL MÉTODO DE LA CADENA CRITICA.

PROFESOR ASESOR:

LUIS ENRIQUE PALACIOS

AUTOR:

GIOVANNI SETARO V.

JUNIO DEL 2001.

Universidad Católica Andrés Bello

Post-Grado en Gerencia de Proyectos.

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA URBANIZACIÓN LOS NARANJOS UTILIZANDO EL MÉTODO DE LA CADENA CRITICA.

Proyecto de investigación presentado por:

Giovanni SETARO

Como un requisito parcial para obtener el

Título de Especialista en Gerencia de Proyectos.

Profesor Guía:

Luis Enrique PALACIOS

Caracas, Junio 2001.

Índice

ÍNDICE **2**

INTRODUCCIÓN **3**

PROBLEMA. **4**

HIPÓTESIS. **4**

JUSTIFICACIÓN U OBJETIVOS **4**

CAPITULO I: MARCO TEORICO, BASES DEL METODO DE LA CADENA CRITICA. **5**

CADENA CRITICA 9

IDENTIFICACIÓN DE LA CADENA CRITICA 15

EL TAMAÑO DE LOS BUFFERS. 22

MANEJO DE LOS BUFFERS. 25

CADENA CRITICA PARA MÚLTIPLES PROYECTOS. 26

CAPITULO II- EL PROYECTO. **27**

ALCANCE DEL PROYECTO 27

DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES 28

SECUENCIA DE ACTIVIDADES, ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN Y CRONOGRAMA 29

APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE LA CADENA CRITICA AL PROYECTO. 32

USO DEL PROGRAMA PS8 SCITOR 36

CRÍTICAS AL MÉTODO DE LA CADENA CRITICA 43

CONCLUSIONES 45

BIBLIOGRAFÍA. **46**

ANEXOS **47**

INTRODUCCIÓN.

En el sector de la construcción se le ha dado poco uso a las técnicas de planificación por causa de los innumerables imprevistos y riesgos asociados, entendiendo como riesgo la acepción de desviarse de los valores o hechos esperados, las causas son muy diversas ellas van desde el desconocimiento de los promotores de dichas técnicas hasta factores ambientales que afectan todo el espectro de la actividad, parece una paradoja pero cuando existen condiciones tan cambiantes las técnicas de planificación y control pueden jugar un papel muy importante para detectar el estado real y los posibles cursos de acción mediante la replanificación para de esta forma minimizar o acotar en la medida de las posibilidades los riesgos inherentes al desarrollo de proyectos.

Las técnicas tradicionales de planificación del tiempo se ven muy limitadas para su aplicación y aproximación a los tiempos reales de ejecución porque las mismas no contemplan factores como la aceleración de proyectos, multitareas o la misma idiosincrasia de los encargados de la ejecución de las tareas que constituyen los factores indeseables en la programación del tiempo que llevan a una excesiva estimación de contingencias o dejarlo todo para última hora fenómeno conocido como el síndrome del estudiante, es por esto que a pesar de que las técnicas del Critical Path Method (CPM) o del Project Evaluation Review Technique (PERT) permiten planificar el tiempo de ejecución de las actividades ambas no contemplan muchos de los factores antes mencionados, en desarrollos recientes y concretamente en el caso del método de la cadena critica o Critical Chain Project Management (CCPM) el mayor nivel de esfuerzo se concentra en aquellas actividades y recursos que pueden constituirse en criticos lo que tradicionalmente se ha llamado el camino critico para de esta forma disminuir parte de los factores indeseables en la programación del tiempo.

PROBLEMA.

¿Podrá realmente obtenerse ahorros en tiempos y costos como consecuencia de un menor período de ejecución por la aplicación del método de programación de la cadena critica para todas las actividades subcontratadas?

HIPÓTESIS.

Se obtendrán ahorros en tiempos y en costos por los efectos de la inflación, si se implementan un método de planificación de la cadena critica, bajo el supuesto de subcontratación del 95% de las actividades.

JUSTIFICACIÓN U OBJETIVOS.

Determinar que se logran ahorros en tiempos y en costos como consecuencia de implementar un método de cadena critica (CCPM) bajo el esquema de que la mayor parte de las actividades que pueden formar parte de la cadena critica es realizada por empresas o personal subcontratados, el hecho de reducir los tiempos de contingencia planteados por los subcontratistas y asumidos directamente en los tiempos de planificación bajo los esquemas tradicionales conllevan algunos costos adicionales reconocidos y justificados por parte de los entes involucrados, mediante el desarrollo que se plantea se pretende justificar por medio del ahorro en tiempos y en costos financieros e inflación, el implantar esta nueva herramienta de planificación.

CAPITULO I: MARCO TEORICO, BASES DEL METODO DE LA CADENA CRITICA.

El desarrollo de las técnicas de gerencia en los últimos tiempos han pretendido un mejoramiento para los bienes y servicios que se ofrecen al público desde los avance de Deming en los años 80 hasta los más recientes tratan sobre la implantación de técnicas que mejoren el desempeño de los procesos productivos y de la calidad, pero por su carácter único son pocos los avances en el área de proyectos por no tener un carácter continuo, los avances más significativos en materia de planificación de proyectos constan de los años 50 donde se desarrollaron las técnicas del Critical Path Method (CPM) y de Project Evaluation Review Technique (PERT), siendo los avances más significativos y más difundidos recientemente para la aplicación en el área de proyectos las técnicas de simulación o modelos de simulación de Montecarlo, donde se conoce de antemano alguna distribución de probabilidades para los eventos a estudiar, lo que dificulta en muchos de los casos su aplicación para la mayoría de los proyectos.

A finales de la década de los 90 ha tomado un nuevo auge la planificación de proyectos con la introducción de una serie de técnicas que contemplan la posibilidad de realizar actividades en paralelo o del tipo start to start, que inducen a la determinación de modelos aún más realistas, técnicas que permiten la realización de un proyecto que presentan una secuencia de actividades que son repetitivas como lo es la programación por líneas de balance, programaciones basadas en ejecuciones continuas y lineales determinadas por el método de los cronogramas lineales o técnicas como las que nos ocupan que conservan los aspectos fundamentales de las técnicas del PERT y CPM pero con un enfoque distinto, construido por el Dr. Eliyahu M. Goldratt a partir de su teoría de las restricciones, basado originalmente en los sistemas de producción de las empresas donde plantea que para mejorar la productividad o niveles de rendimiento deben eliminarse las restricciones que no le permiten lograr los volúmenes de producción o ganancias necesarios llamados throughput[1], para ello se basa en

---

[1] El significado tiene que ver con la velocidad con que la empresa genera dinero.

que existen básicamente dos tipos de restricciones las físicas y las políticas.

Las restricciones físicas se basan en que las empresas están constituidas por una cadena de eventos o procesos. La existencia de esta cadena implica que existan recursos que sean dependientes que limitan de alguna forma el paso de los productos y la obtención de los resultados esperados.

Las restricciones políticas están referidas a las directrices, procedimientos, métodos gerenciales arraigados en la alta gerencia o en los cuadros de decisión que no permiten la mejora en los rendimientos esperados.

Para la identificación de estos dos tipos de restricciones se plantea un método de 5 pasos que permite la identificación y superación de las restricciones:

Primer Paso: Identificar la restricción: Se trata de identificar los factores dentro de la organización tales como los cuellos de botellas o los referidos a recursos o políticas y los factores externos tales como mercado, proveedores; que no permite un mejor desempeño y que determina de alguna manera el volumen o ritmo de producción, en el caso de proyectos esta referido a las actividades ubicadas en la ruta critica y los recursos criticos dentro de los proyectos.

Segundo Paso: Explotar la restricción: Significa obtener el mayor beneficio de la restricción sin realizar ningún tipo de inversión adicional, mediante el cambio del ritmo de operación de la empresa a fin de obtener el mayor rendimiento de la restricción. En el caso de proyectos se trata de cumplir con los tiempos estipulados en la ruta critica que son los que determinan la duración total del proyecto y el uso óptimo de los recursos en beneficio de aumentar su eficiencia.

Tercer Paso: Subordinar el Resto del Sistema a la Restricción: Implica que el resto de la organización debe subordinarse a la restricción, bien sea produciendo la cantidad máxima de productos que esta determinada por el cuello de botella o sirviendo como soporte a la restricción para reforzar el eslabón de la cadena[2]. En el caso de proyectos la subordinación puede ir desde dotar de los recursos necesarios a las actividades de la ruta critica en detrimento de aquellas fuera de la misma hasta el cumplimiento de los tiempos estimados para las

---

[2] La Teoría de Restricciones ve a todos los procesos como una secuencia de actividades representadas por eslabones que conforman en su conjunto la cadena de producción.

actividades no criticas.

Cuarto Paso: Elevar las restricciones del sistema: Determina los nuevos recursos o factores que deben ser incluidos dentro de las restricciones de forma de incrementar la capacidad de esa restricción y por ende el desempeño de la organización, en proyectos se vincula al cumplimiento de los tiempos y en la asignación de los recursos para acelerar las actividades que forman parte de la ruta critica.

Quinto Paso: Volver al primer paso para romper la inercia: Se debe crear un estado de diagnostico permanente para identificar las nuevas restricciones en el sistema, como resultado de los cuatro pasos previos puede ocurrir una nueva restricción bien sea en el sistema de la empresa o debido a cambios en el medio ambiente, esto permite romper la inercia y mejorar el desempeño o el throughput.

La identificación de las restricciones en políticas o directrices en las empresas es en mucho de los casos más difícil de visualizar para ello el Dr. Goldratt propone la utilización de los Procesos de Pensamiento Lógico, basados en seis diagramas lógicos o árboles que permiten plantearse las preguntas bases: ¿de que cambiar?, ¿hacia qué cambiar? y ¿cómo cambiar?.

1.- Árboles de la realidad actual (The current reality tree): Diseñado para ayudar a identificar las restricciones del sistema, especialmente cuando se trata de directrices o procedimientos dentro de la organización.

2.- Evaporación de nubes (Evaporating Cloud): Es una técnica para la generación de soluciones de segundo orden (soluciones simples, efectivas y sin compromiso entre partes en conflicto), estas soluciones producen altos resultados.

3.- Árbol de realidad futura (Future Reality Tree): Recoge y válida las soluciones potenciales, permite visualizas los resultados a obtener.

4.- Las Secuelas Negativas (Negative Branch): Es una parte del árbol de realidad futura donde se tratan de determinar las contingencias que se puedan presentar y los correctivos antes de que ocurran

5.- Árbol de Prerrequisitos (Prerequisite Tree): Permite determinar y eliminar los obstáculos que van a aparecer para implementar la solución propuesta, ya que con cada solución se crea una nueva realidad. Muchas de ellas implican cambios de paradigmas que son difíciles de asimilar, la técnica permite una mejor adaptación a los cambios de estrategias.

6.- Árbol de transición (Transition Tree): Permite el desarrollo paso a paso o táctica de los planes de implementación. Ayuda a explicar la razón de los planes y permite atribuir las responsabilidades para su desarrollo. Es en esta fase donde se cuantifican las necesidades económicas y los beneficios esperados.

Los árboles de Transición y de prerrequisitos constituyen la base para los proyectos de cambios a realizar, los árboles de realidad actual, realidad futura, transición y secuelas negativas presentan un análisis causa-efectos o de causalidad.. El método de evaporación de nubes y árboles de prerrequisitos sientan las condiciones necesarias para los cambios a implementar.

El principal aporte de la teoría de restricciones es lo que se llama "Drum Buffer Rope" (DBR)[3], esta terminología aparece en el libro The Goal escrito por el Dr. Goldratt en 1986 para describir un sistema con una serie de dependencias y fluctuaciones estadísticas usando la analogía de las caminatas de los niños boy scout, el barril (drum) es el paso del niño más lento que determina el paso del resto, el amortiguador (buffer) y la cuerda (rope) significan que el resto de los niños caminan al ritmo del más lento de ellos.

El método DBR suministra los recursos necesarios al resto de los procesos productivos al ritmo del proceso más lento.

El Barril es el plan de uso para el recurso o actividad con la menor capacidad o llamado recurso con capacidad limitada, la razón por la cual este recurso es tan importante es porque determina el ritmo máximo de producción de todo el sistema y es usado en la teoría de la cadena critica para recursos dependientes que son utilizados en dos o más actividades o en varios proyectos.

El Buffer o amortiguador es una medida de tiempo que pretende proteger a los recursos con capacidad limitada de la variabilidad en la duración de los procesos de producción asegurando que los insumos necesarios a utilizar en los recursos con capacidad limitada estén a tiempo de forma de que no exista una carencia o por el contrario una saturación de trabajo con la consecuencia de una gran cantidad de productos en proceso o una gran cantidad de actividades inconclusas.

La Cuerda o Cadena, es la restricción impuesta por la gerencia para salvaguardar al

---

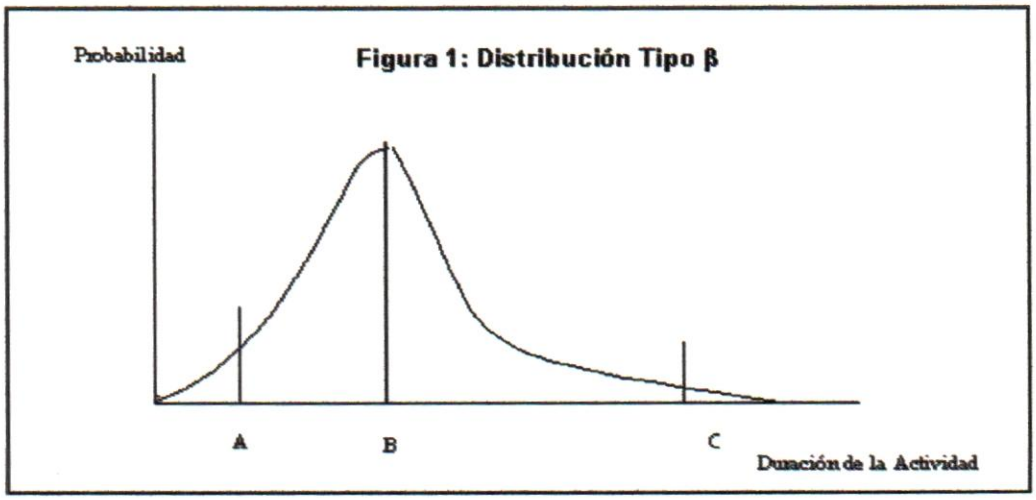
[3] Tomamos la acepción en ingles porque resulta de difícil traducción, lo más cercano que se nos ocurre es fila de barriles de amortiguación o cadenas de amortiguadores.

recurso con capacidad limitada de excesivo trabajo, en pocas palabras establece el plan de uso de todo el sistema acorde al ritmo del recurso más lento. El concepto de la cadena es diseñado para prevenir el atraso del resto de las actividades en el sistema previniendo la cola de productos en proceso y los excesivos costos de inventarios a mantener.

CADENA CRITICA.

El Dr. Goldratt en su libro la Cadena Critica publicado en 1997, demuestra como la Teoría de las restricciones puede ser aplicada para mejorar el desempeño de los proyectos.

Se pretende demostrar que existe un margen de seguridad en el tiempo estimado dentro de cada actividad que debe ser acotado, ya que rompe con la visión tradicional de que los tiempos de las actividades son variables deterministicas[4] sino variables aleatorias que se comportan con una distribución tipo β con una excesiva contingencia, es decir con una cola muy alargada que retrasa la ejecución a tiempo de los proyectos, véase la figura 1.



El punto A representa el tiempo más exitoso en el que se podría realizar la actividad, el punto B representa la mediana de los tiempos, es aquel punto en donde el 50% de las tareas son completadas y el 50% de las tareas no son completadas o punto del 50/50, el punto C representa la fecha de terminación que tiene un 95% de probabilidad de lograrse es lo que llamó Goldratt el 95% del tiempo, es por esto que el tiempo B nunca es dado como un estimado, ya que la misma naturaleza humana y las políticas de incentivo dentro de las empresas no abogan

[4] Concepto ligado al método del Camino Critico utilizado con mayor frecuencia por su simplicidad y rapidez de cálculo.

por un mejor desempeño en logros de los tiempo de cada actividad, sino por el cumplimiento de los tiempos estimados con sus consecuentes contingencias, representados por la diferencia entre la mediana y el punto donde se logran culminar las actividades con un 95% de probabilidad o seguridad.

Los estimados obtenidos contienen un margen de contingencias privado en previsión a los posibles retrasos que durante la ejecución se puedan presentar lo que se llama en el argot de proyectos Murphy[5] cuya máxima sugiere que si algo malo va a pasar pasará realmente, es por ello que se coloca algún margen de seguridad en la realización de las tareas, este excesivo margen constituye un factor que atrasa la ejecución de los proyectos.

Mayormente el esfuerzo requerido por las actividades no es realizado en forma proporcional ya que en la mayoría de los casos la contingencia tomada por las actividades es consumida sin ningún tipo de esfuerzo y justo un tiempo antes del tiempo de entrega es donde se realiza la mayor cantidad de esfuerzo posible para el logro de los tiempos estimados, esto es lo que llamó Goldratt el síndrome[6] del estudiante, los imprevistos de última hora representados por la figura 2 con el nombre de murphy pueden retrasar la ejecución de la actividad.

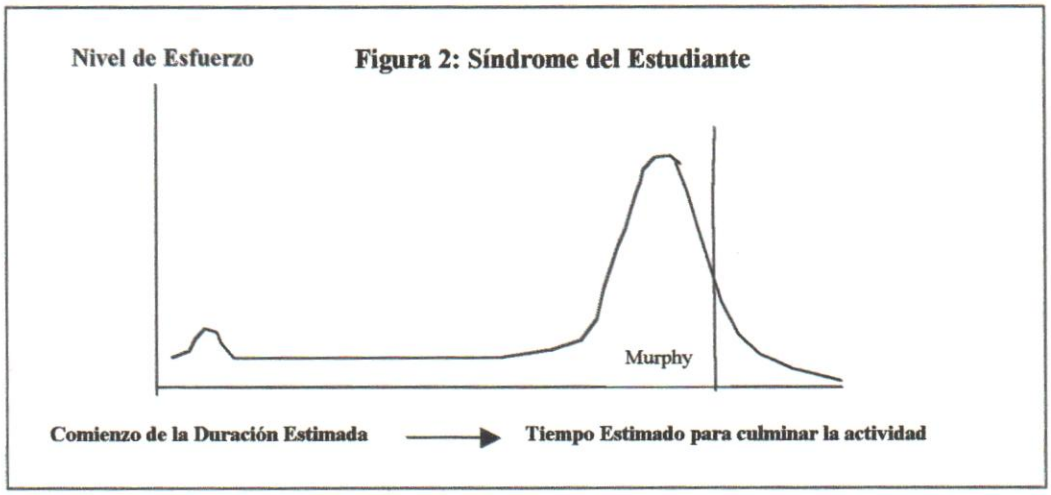


Figura 2: Síndrome del Estudiante

El síndrome del estudiante es una de las 3 formas en que los encargados de realizar las actividades pueden usar el tiempo de contingencia o de seguridad privado para cada actividad las otras 2 formas están representadas por lo que se denomina Ley de Parkinson y multitareas.

La Ley de Parkinson, establece que el trabajo se expande hasta ocupar todo el tiempo,

esto quiere decir que el trabajo o actividad durará todo el tiempo que tenga estipulado, la actividad o su recurso ajusta la cantidad de esfuerzo al tiempo estipulado para la misma, en pocas palabras no dedican el 100% de esfuerzo a la realización de la actividad desde un principio y dosifican su esfuerzo para cumplir a raya con el tiempo estipulado, las actividades en la visión tradicional de proyectos enfoca su mayor nivel de importancia en no estar retrasados en las actividades más que tratar de adelantarlas.

Las multitareas esta referido a la utilización de un recursos en varias actividades o en varios proyectos o bien en el mismo proyecto de forma simultanea lo que implica que el recurso vaya saltando de una actividad a otra perdiendo eficiencia y objetivos, en un ambiente de múltiples proyectos cada una de las actividades en los diferentes proyectos es considerada la de mayor importancia lo que obliga al recurso a pasar de una actividad a la otra dependiendo del atraso que las diferentes actividades presenten y alargando la culminación de todas las tareas, en el ejemplo cada una de las tareas tiene una duración de 4 semanas con el supuesto de que no existe pérdida de eficiencia el recurso trabaja una semana en cada actividad.

Figura 3: Multitareas.

	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	1S	2S	3S	4S	5S	6S	7S	8S	9S	10S	11S	12S	13S	14S	15S	16S	17S
>	PROYECTO A																	
>	PROYECTO B																	
>	PROYECTO C																	
>	PROYECTO D																	

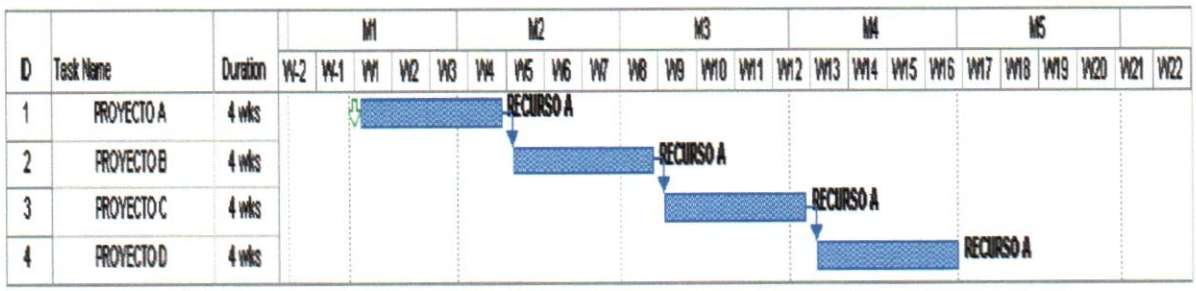
El recurso es compartido por todas las actividades en los distintos proyectos retardando todos los proyectos por igual, lo que propone Goldratt es jerarquizar el uso de los recursos en las actividades más importantes, asumiendo que el orden de prioridad viene dado desde el proyecto A al D, el nuevo ajuste será:

---

[5] Proviene de Las Leyes de Murphy, que revelan una serie de creencias en diferentes ámbitos narradas en forma jocosa.

[6] Aunque los síndromes se vinculan más a enfermedades o sus cuadros clínicos y no están relacionados a actitudes o formas de proceder.

Figura 4: Multitareas.



Se puede observar que el proyecto D con la menor prioridad es culminado en 16 semanas lo que no afecta su desempeño, mientras que el proyecto A el de mayor importancia sufre una disminución en su tiempo de ejecución del 225% ya que fue realizado en tan solo 4 semanas con un ahorro de 9 semanas, mientras los proyectos B y C obtienen un ahorro de 6 y 3 semanas respectivamente.

La falta de incentivos a que las actividades terminen antes de tiempo es común pero también es cierto que las actividades terminadas antes de tiempo crean 3 tipos de efectos indeseables en las organizaciones, la primera es el que al completar antes de tiempo la actividad probablemente piense la alta gerencia que se esta en búsqueda de algún tipo de recompensa o incentivo lo que es mal visto por buena parte de la organización, segundo probablemente el resto de la secuencia no pueda utilizar a su favor el tiempo ganado ya que los recursos necesarios están ocupados en otras actividades y tercero en vista de lo antes expuesto aunque exista la posibilidad de terminar antes el producto de nuestra actividad no será entregado a tiempo para utilizar el tiempo de contingencia en otras actividades y no demostrar el exceso de eficiencia en esa actividad.

Todos los aspectos considerados en los puntos anteriores constituyen un enfoque sobre la conducta real al ejecutar las tareas y son los factores que diferencian al método de la cadena critica del método del camino critico, en donde no solo se consideran las prelaciones naturales sino también se toman en cuenta el uso de los recursos y sus vínculos.

El conjunto de tareas que determina la duración del proyecto, considerando tanto las precedencias como dependencias de los recursos es lo que se llama **Cadena Critica**, la más larga secuencia de variables dependientes es el camino critico, pero cuando la duración de esta

secuencia es ajustada por el uso óptimo de los recursos disponibles, el concepto del camino critico pierde vigencia y es cuando el concepto de cadena critica surge, ya que el camino critico se convierte en la restricción dentro del marco de aplicación de la teoría de restricciones.

Una vez conocidos todos los aspectos anteriores se procede a determinar el método de la cadena critica, para ello explicaremos alguno de los supuestos estadísticos que forman parte de la construcción básica del método para luego aplicar dicho método a nuestro caso en particular.

Uno de los principales factores a considerar dentro de la construcción del método de la cadena critica son los estimados del tiempo de las actividades, la única vía estadística válida para representar una variable aleatoria[7] es nuestro mejor estimado de la distribución de esa variable, se habla de estimados debido a que los proyectos son eventos únicos que no son repetibles y por ende nuestro mejor estimado es la posible distribución de probabilidades de la duración de las actividades o el tiempo estimado para esa actividad, el hecho de que la duración estimada en buena parte de los casos se cumpla un 95% de las veces constituye un buen ejemplo de lo expuesto.

Para el cálculo de la duración del proyecto es necesario conocer la duración de cada una de las actividades, la duración de cada una de las actividades es un estimado con una determinada probabilidad de ocurrencia constituyéndose en una variable aleatoria, por ende, la duración total del proyecto según el teorema del límite central[8] es la suma de las duraciones estimadas o valores esperados de las actividades constituidas en variables aleatorias, siendo el tiempo de duración del proyecto una variable aleatoria normal con media suma de los valores esperados y varianza suma de las varianzas.

El método plantea determinar el tiempo de realización sin contingencias y su posible varianza o variabilidad para cada actividad, en el caso de proyectos será una variable normal que tendrá una media igual a la suma de los estimados y una varianza igual a la suma de las varianzas, la distribución normal tiene entre sus características que la media, moda y la mediana

---

[7] Una variable aleatoria es una magnitud susceptible de tomar diversos valores con determinadas probabilidades, p ej. La probabilidad de que salga el número 6 en un dado es de 1/6, en el caso de proyectos la duración de un proyecto es una variable aleatoria porque para cada duración estimada existe una probabilidad asociada.

[8] Establece que la suma de n variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con medias y varianzas conocidas, es una variable aleatoria con media suma de medias y varianza suma de varianzas, esa suma tiende a distribuirse normalmente generalmente para un número de variables igual o mayor a 30.

están en el punto medio de la distribución por ende, el valor de la media, será aquel valor que tenga una probabilidad del 50% de cumplirse o no cumplirse, mientras que la desviación será la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las actividades o la varianza del proyecto.

La diferencia radica que el tiempo estimado para la realización de la actividad viene dado por el tiempo sin contingencia, mientras que el tiempo considerando la contingencia asegura una probabilidad del 95% de cumplimiento, el tiempo de contingencia para cada actividad es considerada su desviación típica, la suma de las varianzas[9] de todas las actividades de la cadena critica formaran la varianza total del proyecto y su raíz cuadrada es lo que se llama el Buffer para el proyecto o bien es la desviación estándar del proyecto, al agregársele al final de la cadena critica le agregamos una probabilidad adicional del 34,13% o la probabilidad de culminación de entrega del proyecto pasa a ser del 84,13% incluyendo el buffer del proyecto bajo el supuesto de que el tiempo de contingencia de las actividades es su desviación típica, el proyecto para lograr una probabilidad del 95%, bajo el supuesto de que las actividades no criticas tiene una probabilidad del 100% de darse, es de tomar un tamaño de buffer equivalente al 1,65 del buffer original o si se quiere 1,65 desviaciones estándar.

Para las actividades no criticas se toma el mismo razonamiento que para la cadena critica, cada cadena no critica es tratada como una variable aleatoria resultado de la suma de n variables aleatorias independientes con media suma de medias y varianza suma de varianzas, sin embargo, el buffer en este caso puede venir dado por el tiempo de holgura de esa cadena y no por su desviación estándar, esto afecta como un todo la probabilidad de culminación del proyecto.

Los Buffers fuera de la cadena critica son conocidos como feeding buffer, estos sirven para inmunizar a la cadena critica de las variaciones negativas de las actividades no criticas, al igual que en el caso de los buffers de proyectos se debe procurar no consumarlos completamente ya que afectarían el desempeño de toda la cadena critica, los feeding buffer se colocan al final de las rutas no criticas y antes de las actividades de enlace con la cadena critica y protegen a la cadena critica de las desviaciones en los tiempos de las actividades no criticas.

La probabilidad de terminación del proyecto en el tiempo estimado por el método de la Cadena Critica, es la probabilidad conjunta de culminación tanto de la Cadena Critica y del

buffer del proyecto y de las cadenas no criticas en sus estimados más los feeding buffers correspondientes, bajo el supuesto de independencia de las distintas rutas, la probabilidad conjunta {P(x,y,z)= P(x)*P(y)*P(z)}, es el producto de la probabilidad de terminación de cada una de las mismas, así cada cadena no critica afecta a la cadena critica reduciendo la probabilidad de ocurrencia en un 15,87% para el proyecto ya que cada una al igual que la cadena critica tiene una probabilidad en teoría del 84,13% de darse en sus estimados más el buffer correspondiente, es por esto, que el programa PS8 Scitor al reducir los estimados a la mitad del tiempo de las duraciones más probables no se logra una reducción de la misma cuantía en la duración total del proyecto como se muestra en los anexos.

Lo anterior viene a ser la explicación estadística de lo que se denomina el buffer del proyecto, mientras que la definición instrumental esta dada por el margen de protección otorgado para todo el proyecto cuando existe un compromiso por parte de toda la organización de un alto desempeño y compromiso para el logro de la consecución de las actividades en los tiempos sin contingencias. Esto implica una nueva visión por parte de toda la empresa y sus recursos, se debe eliminar los tiempos para contingencias en las actividades teniendo en mente que existe con los valores esperados tan solo un 50% de probabilidades de culminación a tiempo brindando la oportunidad de utilizar el tiempo de contingencia de las actividades como un recurso del proyecto dado por el buffer.

La diferencia fundamental con el método de ruta critica es que el tiempo consumido de contingencia por la actividad es muy difícil de recuperar o casi imposible de recuperar, mientras que con la determinación de los buffers cualquier consumo excesivo crea las señales de alarma que permite los correctivos necesarios en la planificación con los consecuentes ajustes en las restantes actividades, permitiendo actuar al buffer con un absorbedor de contratiempos.

IDENTIFICACIÓN DE LA CADENA CRITICA.

Existen un conjunto de pasos a seguir para construir e identificar la cadena critica el primero de ellos y mencionado anteriormente es proveer los estimados de duración de las actividades sin ninguna contingencia.

---

[9] Se debe recordar que la varianza es igual al cuadrado de la desviación estándar.

El segundo paso plantea que las actividades comiencen lo más tarde posible al contrario de los métodos de planificación tradicional donde las actividades comienzan lo más temprano posible[10]; al comenzar las actividades lo más tarde posible, la holgura que se acumula al final de las cadenas no criticas y antes de la cadena critica se elimina sin perjudicar el buffer en lo absoluto, se debe recordar que el buffer viene determinado por la contingencia o parte del tiempo que es eliminado a cada una de las actividades, mientras que la holgura pertenece al grupo de actividades no criticas, es decir, forman parte de dos conceptos totalmente diferentes; lo que permite que los recursos no sean utilizados hasta el momento de que sean necesarios para no generar un inventario de productos en proceso y contribuyendo a disminuir los costos de ejecución en mucho de los casos al no permitir que se incurran en costos todavía no necesarios, la principal preocupación radica en que las actividades deben culminar en el tiempo previsto no permitiendo que la contingencia se consuma al inicio de la actividad.

El hecho de que las actividades se realicen lo más tarde posible permite una más fácil identificación de la cadena critica, otra de las razones por las cuales las tareas son realizadas lo más tarde posible es que evita el retrabajo, ya que los encargados de las actividades no comenzarán las actividades hasta tener toda la información disponible, evitando de esta forma comenzar antes de tener toda la información obedeciendo al esquema de que los trabajos comienzan lo más temprano posible, sin violar los supuestos de precedencia entre las actividades.

Otro de los aspectos interesantes en el enfoque del Dr. Goldratt es el énfasis en que las actividades deben estar sincronizadas como si fuera una carrera por relevos, en donde, cada actividad debe estar pronta y pendiente de cuanto le queda por concluir a la precedente para de esta forma canalizar los recursos y tener todo pronto para el inicio, ya una vez iniciada la tarea esta debe avanzar tan pronto como le sea posible, el objetivo es terminar lo más pronto posible, para ello el Dr. Goldratt recomienda que debe existir una comunicación diaria entre los miembros de las diferentes actividades y cinco días antes de la culminación de cualquier actividad dentro de la cadena critica la siguiente debe conocer que dispone de cinco días para comenzar y alistar sus recursos a tal fin ya que esta a punto de entrar a formar parte de la

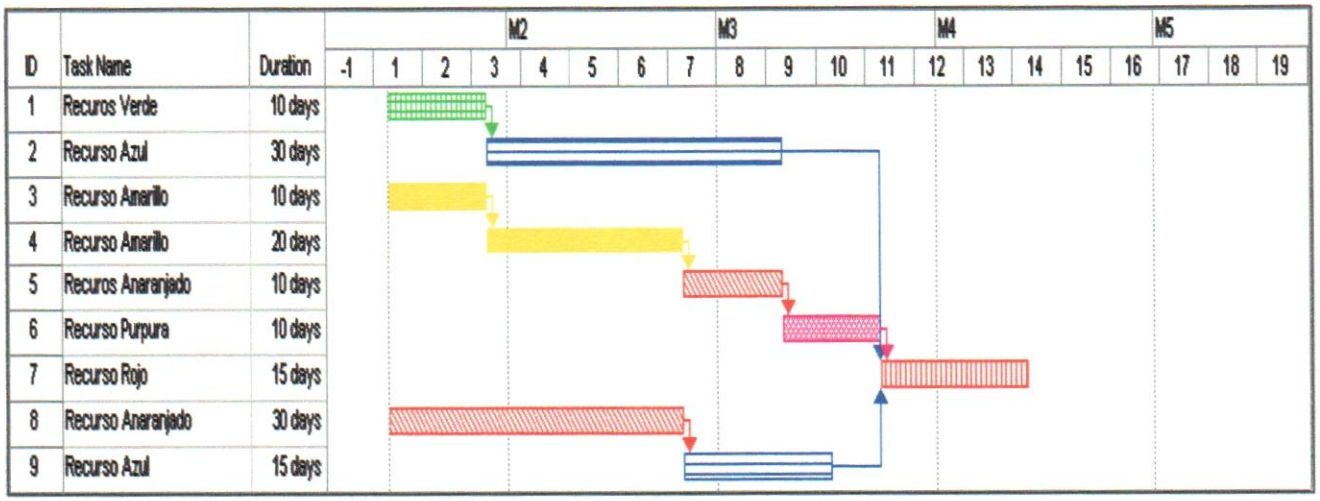
---

[10] El Microsoft Project utiliza por defecto como fecha de inicio de las actividades el comienzo más temprano posible que constituye una de las bases del método del camino critico.

cadena critica del proyecto.

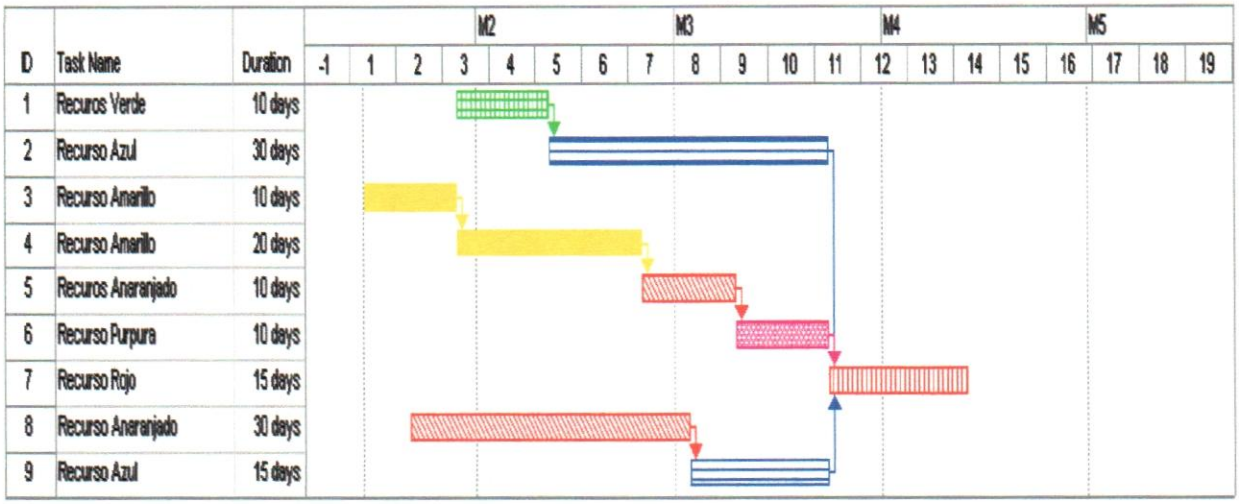
En el ejemplo se representa una sencilla red de planificación de actividades en donde las actividades tienen estipuladas duraciones sin contingencias se asume que existe un solo recurso para la realización de cada actividad, la definición de la actividad viene dado por el recurso utilizado.

Figura 5: Primer paso para la identificación de la Cadena Critica.



El diagrama de red anterior obedece a los métodos tradicionales de planificación donde las actividades comienzan lo más temprano posible difiere solo en que los tiempos de ejecución de las actividades no incluyen tiempos de contingencia. El siguiente paso es planear las actividades para que comiencen lo más tarde posible.

Figura 6: Segundo Paso en la identificación del Camino Critico.



Se puede visualizar el efecto que genera el realizar las actividades lo más tarde posible, la holgura disponible es utilizada para retrasar las actividades rojo-azul y verde-azul lo más posible no existiendo holgura al final para esa rutas, lo que conlleva el disminuir la posibilidad de que existan: productos en proceso, recursos ociosos y la posibilidad de retrabajos, situaciones explicadas anteriormente, lo que da al método de la cadena critica algunas ventajas sobre los métodos tradicionales.

El tercer paso consiste en determinar la precedencia de los recursos o actividades en donde los recursos están retenidos o usados, denominados en ingles contention resources, determina aquellas actividades o grupos de actividades que requieren los mismos recursos en forma simultanea, en la figura siguiente se unen mediante una línea continua aquellas actividades que requieren los recursos en paralelo.

Figura 7-a: Tercer paso para la identificación de la Cadena Critica.

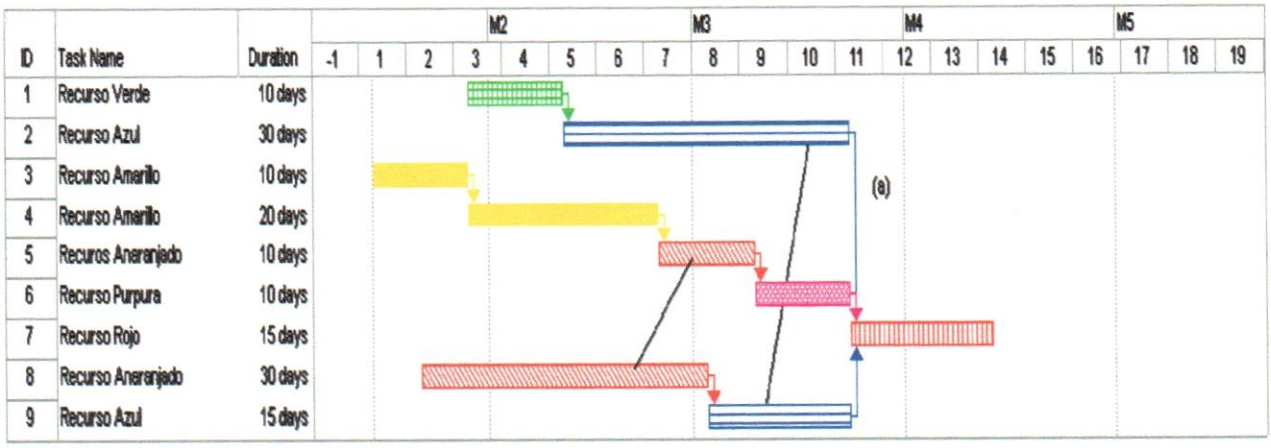
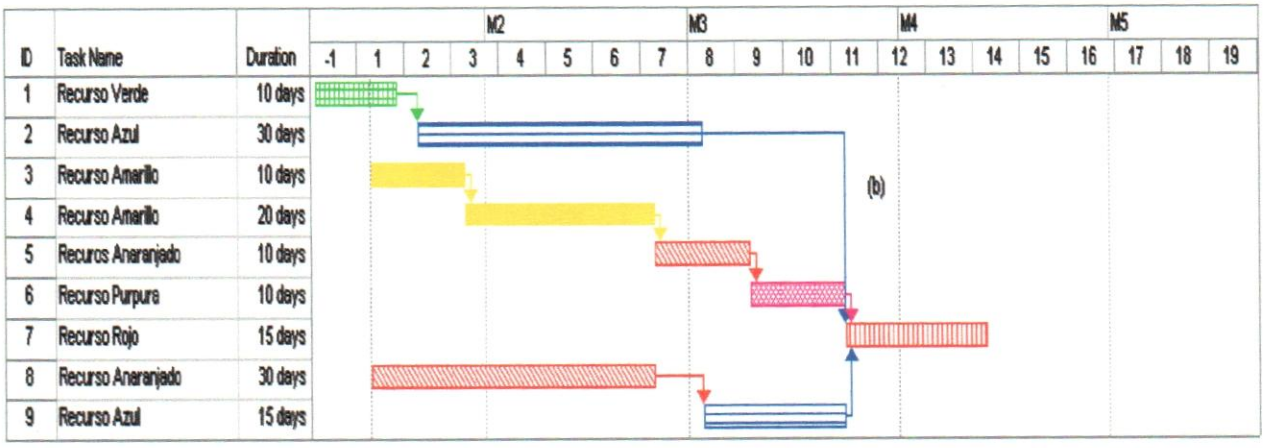
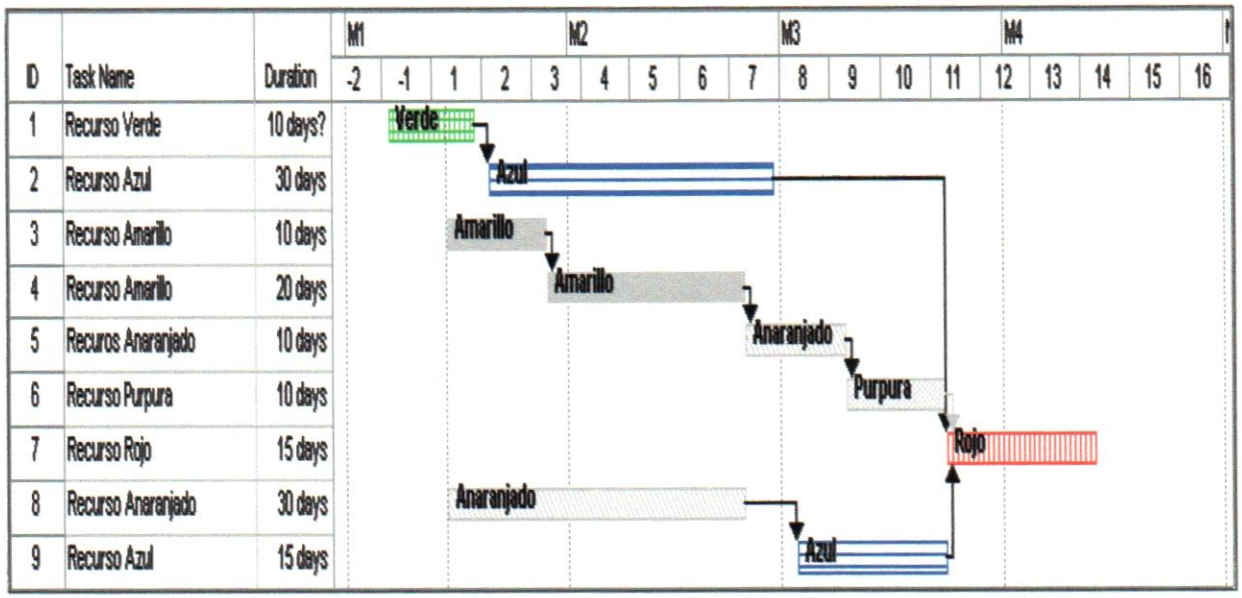


Figura 7-b: Tercer paso para la identificación de la Cadena Critica.



La restricción de recursos limitada por el uso en otras actividades como lo demuestra la figura 7-a hace que las actividades sean replanificadas lográndose que algunas de las misma comiencen antes de la fecha de inicio planificada, debemos recordar que en el método de la cadena critica la planificación es realizada en reverso esto quiere decir que el proyecto es planificado teniendo en mente la fecha de terminación o entrega del proyecto, esto se puede visualizar mejor si colocamos un freno en la fecha de terminación para el proyecto. El resultado al aplicar los pasos expuestos resulta en la figura que se muestra a continuación.

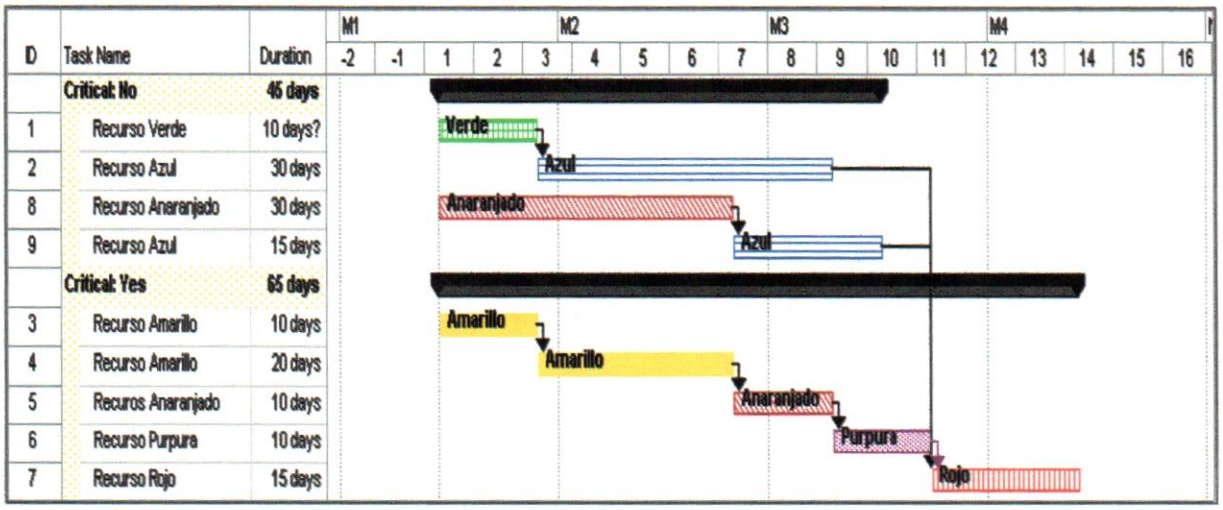
Figura 8: Pasos a seguir para identificar la cadena critica.



La cadena Critica viene dada por la secuencia Rojo-Azul-Azul-Verde, que es la ruta más larga dentro del proyecto y la secuencia más larga creada por la dependencia de los recursos.

Puede suceder que al aplicar el método de la cadena critica exista alguna otra restricción y se necesite de un nuevo ajuste en la red del proyecto, en nuestro sencillo ejemplo esto no sucede, sin embargo en proyectos con múltiples actividades o recursos que son empleados en varios proyectos simultáneamente esto pudiera acontecer.

Figura 9: Ruta critica según el método del Camino Critico.

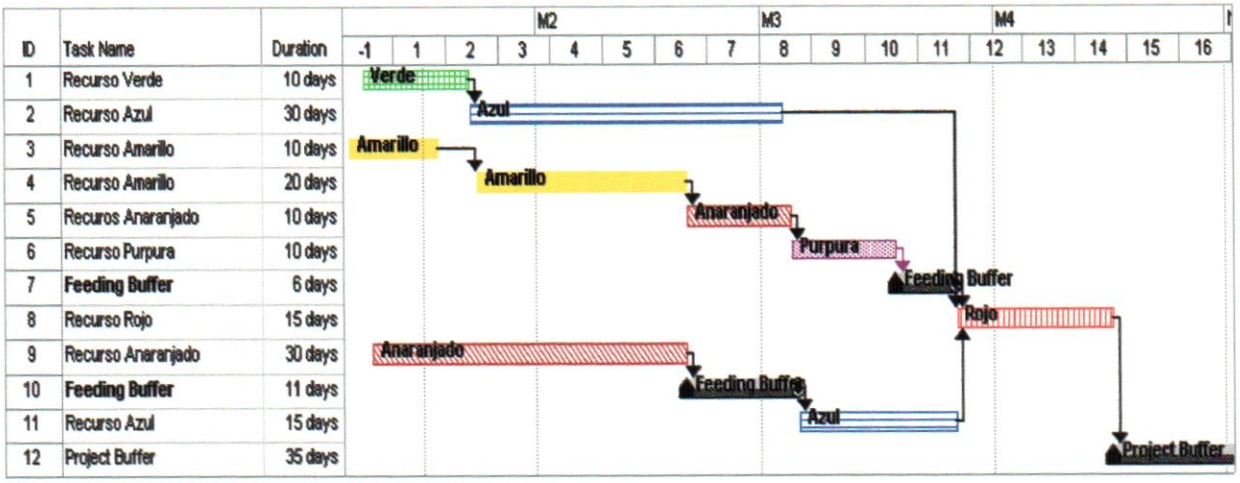


En el método del Camino Critico (CPM) la secuencia de actividades que forman la ruta más larga son las que forman el camino critico independientemente de que exista un conflicto en la disponibilidad de los recursos, como sucede en nuestro ejemplo con los recursos azules y anaranjados, lo que pueda dar origen a un retraso en la ejecución del proyecto con respecto al tiempo planificado.

Una de las ventajas del método de la cadena critica es que destaca donde el uso adicional de recursos puede acortar el período de ejecución del proyecto, porque, permite identificar el factor limitante mejorando su desempeño y ayuda al mejoramiento de todo el sistema, para nuestro caso, se mejoran los tiempos de ejecución con la dotación de más recursos para las actividades azul y anaranjado o mejorando su desempeño.

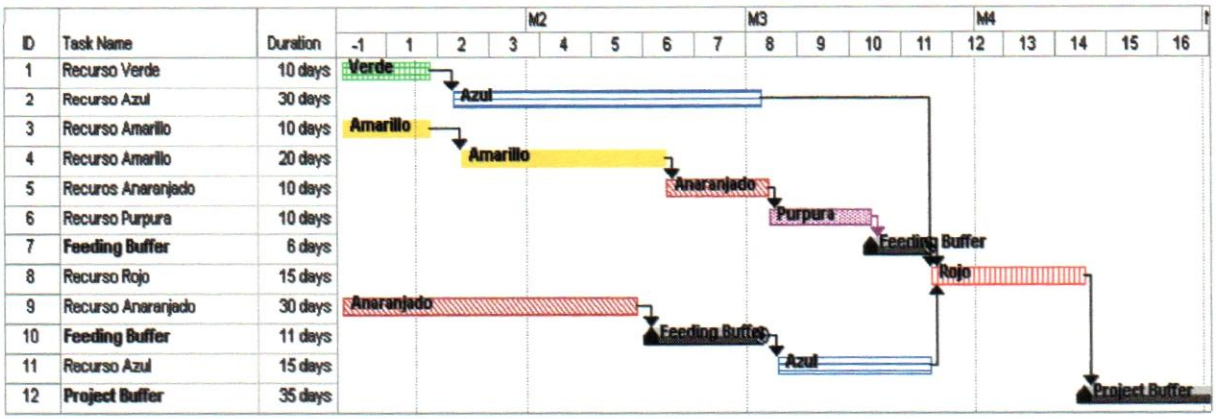
La segunda ventaja del método del camino critico es que permite identificar claramente el punto en donde se deben insertar los feeding buffers, una vez identificada la cadena más larga los feeding buffers son insertados en los puntos en donde las actividades no criticas se conectan con las actividades de la cadena critica, las barras grises en la figura siguiente representan los feeding buffers que para el caso planteado son hallados por la diferencia entre los tiempos de holgura de las actividades fuera de las actividades de la cadena critica y las actividades de la cadena critica y no utilizando algún método de cálculo en particular.

Figura 10: Ubicación de los Feeding Buffers



Se puede observar en la figura anterior que las actividades de las rutas fuera de la cadena critica deben comenzar antes del tiempo previsto y por ende se puede interpretar como si ellas fueran ahora la cadena critica, la respuesta a esta pregunta para este ejemplo sencillo se da en que la cadena critica esta determinada por aquel grupo de actividades y recursos que determinan el posible retraso o restricción para el proyecto antes de insertar todos los buffers correspondientes, ahora bien, uno de los fundamentos en la aplicación de la cadena critica es el ahorro en costos por productos en proceso, el retrasar las actividades de la cadena critica representada por la secuencia de actividades verde-azul puede representar ahorros en costos representados por el adelanto de los gastos.

Figura 11: Cadena Critica.



En la figura anterior se ha estipulado una fecha de comienzo común para todas las actividades independientemente de la cadena a la cual pertenezcan, esto visualmente es más

agradable y no lleva a ningún tipo de mal interpretación, sin embargo, involucra mayores costos ya que las actividades de la cadena no critica deben ser hechas antes del tiempo realmente necesario, obligando a erogaciones de gastos no necesarios y probablemente a la existencia de inventarios de productos en proceso, se debe recordar que la cadena critica es la representada por la secuencia Verde-Azul-Azul-Rojo.

EL TAMAÑO DE LOS BUFFERS.

Existen dos métodos básicos para la determinación del tamaño de los buffers el primero es conocido como cortar y pegar, el cual, tiene como primer paso tomar el tiempo de duración más probable[11] estimado por los ejecutores de las actividades, el segundo paso consistiría en recortar a esta duración la contingencia aplicada a cada actividad[12] o como camino alternativo recortar un porcentaje fijo de la duración más probable, el tiempo restante para cada actividad es la utilizada para la planificación, el último paso consiste en tomar la mitad de todos los tiempos de contingencia o porcentajes recortados a las actividades y colocarlos al final de la cadena critica como el buffer del proyecto, igual procedimiento aplica para los feeding buffer, los mismos son la mitad de la suma de los tiempos de contingencia de las cadenas no criticas siempre y cuando no excedan el tamaño de la holgura de esa cadena con respecto a la cadena critica.

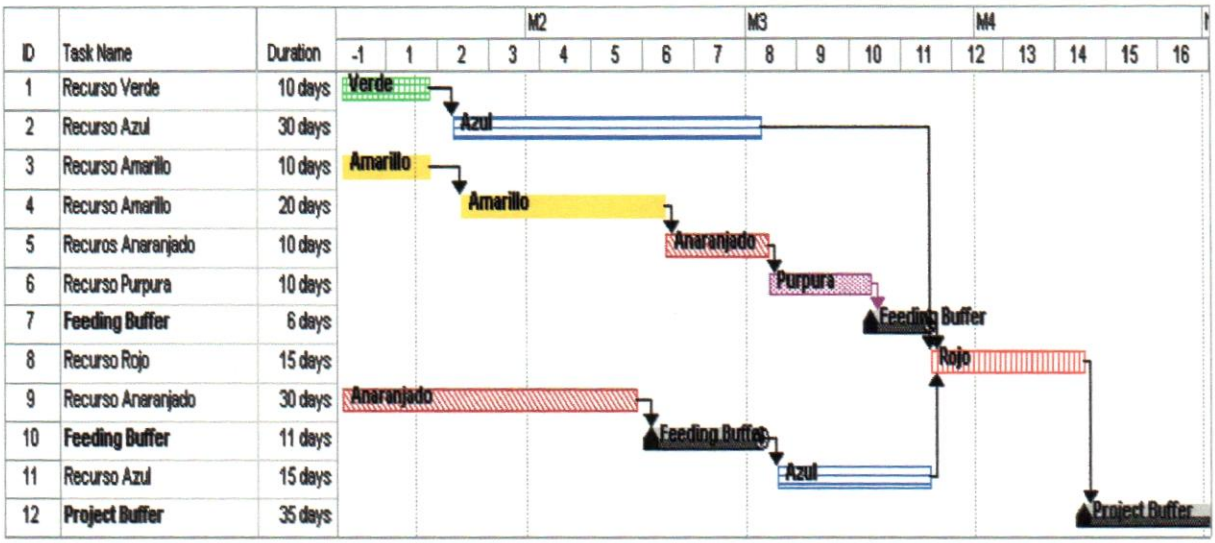
En la siguiente figura se tiene como supuesto que las actividades tienen un 95% de probabilidades cuando el tiempo promedio se duplica, por ejemplo, la actividad verde tiene una duración más probable de 20 días, mientras que su duración promedio será de 10 días, así se puede observar que el tamaño del buffer del proyecto es la suma de las contingencias para las actividades sumadas y divididas entre dos, obteniéndose el resultado de 35 días, dados por la secuencia de actividades verde-azul-azul-rojo ((10+30+15+15)/2).

---

[11] Viene del término "safe duration", que podría traducirse como duración segura, sin embargo, optamos por tomar la acepción de duración más probable.

[12] Se toma por defecto un recorte del 50% del tiempo para cada actividad, lo cual, en muchos casos no es aplicable y constituye una de las principales criticas al método de la cadena critica.

Figura 12: Cálculos de los Buffers con el método recortar y pegar.



La ventaja de este método es su simplicidad y fácil aplicabilidad en los ambientes medios o de baja formación de las empresas o en pequeñas empresas con escaso personal especializado, a pesar de su simplicidad, ofrece resultados adecuados. Este es el método utilizado para los ejemplos anteriores donde se explica la construcción de la cadena critica.

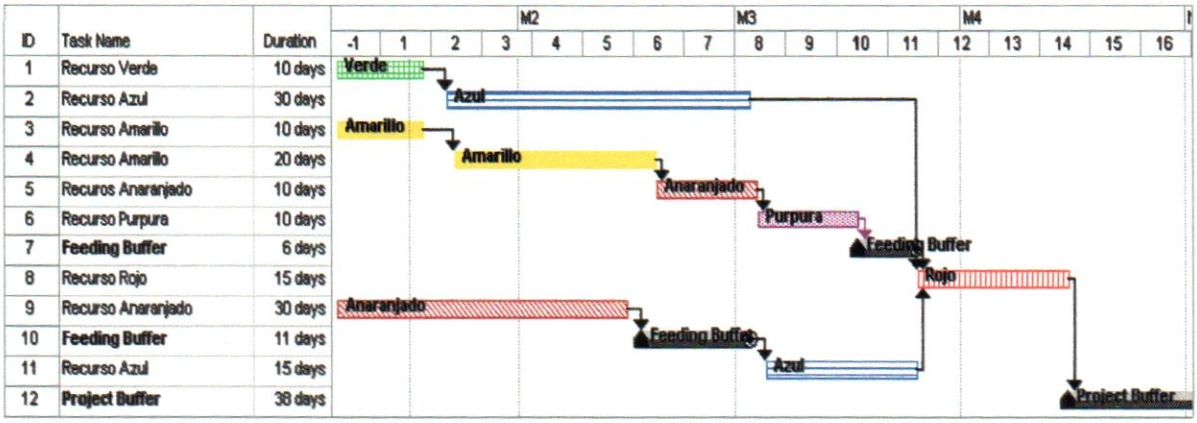
Entre sus desventajas se encuentra el hecho de que es de crecimiento lineal, a medida que crece la duración del proyecto aumenta el tamaño definitivo del buffer, mientras que un proyecto con una duración muy corta tendrá un pequeño buffer, lo cual, crea efectos de sobreestimación o subestimación.

El segundo método se basa como se ha mencionado antes en el teorema del límite central y en donde las desviaciones del tiempo o los tiempos de contingencias estimados son considerados como las desviaciones típicas[13] de las actividades, este método es llamado como el de raíz cuadrada del error, el cual consiste en sumar todas las varianzas de las actividades pertenecientes a la cadena critica y obtener la raíz cuadrada de las mismas, el buffer así calculado corresponderá al buffer del proyecto, el cual, debe ser colocado al final de la última actividad perteneciente a la cadena critica y por ende del proyecto, mientras que para los feeding buffer el método es análogo solo que aplicado a la cadena correspondiente y debe ser colocado al finalizar dicha cadena y antes de la actividad de enlace con la cadena critica,

siempre y cuando el feeding buffer no sobrepase la holgura disponible en esa cadena luego de recortar las duraciones de esas actividades.

Es importante destacar que ambos métodos de cálculo se basan en una premisa fundamental que es la obtención de dos estimados de tiempo, el primero considerado seguro o de la duración más probable en donde se incluyen los tiempos de contingencia y el segundo en donde se recorta el tiempo dado a la contingencia y que tiene una probabilidad de tan sólo 50% de darse lo que implica el máximo nivel de esfuerzo desde el comienzo de la actividad y contemplando la posibilidad de ningún imprevisto, mientras que en el primer estimado se cumple la actividad con una probabilidad del 95%.

Figura 13: Cálculo del Buffer con el método de la raíz cuadrada del error.



En la figura anterior podemos observar que el tamaño del buffer con respecto al método anterior se ha incrementado en 3 días, lo que revela en alguna medida la diferencia en la aplicación de ambos criterios.

Las formulas de cálculo de los buffer por los métodos expuestos será:

1.- Método de Recortar y Pegar:

D_i = Duración más segura actividad $_i$ – Duración Promedio Actividad $_i$ ó Duración Recortada Actividad $_i$

Tamaño del Buffer = $(\sum D_i)/2$

---

[13] El concepto estadístico de varianza o desviación típica esta asociado a la distancia promedio de cada observación en el conjunto de datos a partir de la media de la distribución.

2.- Método de Raíz Cuadrada del Error:

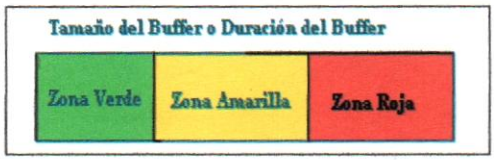
D_i = Duración más segura actividad $_i$ – Duración Promedio Actividad $_i$

Tamaño del Buffer = $(\sum (D_i)^2)^{1/2}$ lo que equivale a la desviación estándar para el conjunto de actividades que conforman esa cadena.

MANEJO DE LOS BUFFERS.

Debido a que las actividades son tratadas como variables aleatorias, es decir, no son deterministicas, sino que las mismas tienen un rango de variabilidad, la función del buffer es servir de amortiguador a tal variabilidad, la literatura plantea que el buffer debe ser visto o dividido en tres zonas tomando como un símil un semáforo.

Figura 14: Manejo del Buffer.



La primera de ellas que puede coincidir con el primer tercio del tiempo que es la zona verde, en donde, si la actividad o actividades consumen parte de esa variabilidad todavía no existe peligro.

La segunda zona o el segundo tercio del tiempo es la zona amarilla en donde se debe estar alerta ya que las actividades no están cumpliendo con sus estimados y están absorbiendo buena parte del buffer, se debe comenzar a penetrar en los problemas y plantear soluciones.

La tercera zona es la zona roja, en donde las actividades tienen una alta variabilidad y se debe comenzar a inyectar recursos para acelerar las actividades futuras de forma de tratar de salir de esa zona y cumplir con el tiempo de entrega del proyecto.

Se debe considerar cual es la fase de evolución del proyecto, en las últimas fases de evolución del proyecto si se consume buena parte del buffer del proyecto y estamos en la zona roja, pero incluyendo el tiempo remanente del buffer cumplimos con la meta de entrega no es necesario tomar ninguna acción correctiva. En el caso de estar en las fases iniciales observamos un consumo excesivo del buffer del proyecto y se llega a la zona roja con prontitud, las acciones se deben tomar de inmediato para encarrilar el proyecto dentro de los tiempos

previstos.

CADENA CRITICA PARA MÚLTIPLES PROYECTOS.

El uso de la cadena critica para múltiples proyectos esta basado en lograr el objetivo de maximizar las ganancias de la organización basándose en la prioridad de los proyectos teniendo en cuenta la restricción e importancia de los recursos. La implementación esta basada en la introducción de nuevos proyectos hasta el punto en donde se eviten los conflictos en los recursos asignados a los proyectos en proceso, este estado de los proyectos basado en el punto de las restricciones de los recursos es lo que se llama sincronización de proyectos.

El Dr. Goldratt uso el término de "drum resource" para referirse al recurso más demandado que forma los cuellos de botella en el sistema y determina de una u otra forma la planificación, nos podemos referir a más de un "drum resource" en todo el sistema.

Se deben sincronizar los proyectos basados en dos factores: el primero la restricción de los recursos y el segundo factor a considerar debe ser la prioridad de los proyectos para evitar de esta forma el caótico fenómeno de las multitareas y la pérdida de efectividad y retraso en todos los proyectos involucrados como se menciono anteriormente.

CAPITULO II- EL PROYECTO.

El proyecto consistió en la realización de una vivienda unifamiliar con acabados de primera construida en una parcela de 363,72 mts.^{2} ubicada en la Avenida Sur 10 de la Urbanización Los Naranjos, Municipio El Hatillo del Estado Miranda con una zonificación del tipo R3E según los planos de ubicación de la Ingeniería Municipal del Hatillo para la fecha, donde el porcentaje de construcción es de 90% con una altura máxima de 10 mts. sobre el nivel de la calle, respetando los retiros laterales y traseros de 3 mts. lineales y un retiro frontal de 4,5 mts. lineales. El área bruta de construcción es de aproximadamente 655 mts^2, comprendiendo además de la edificación con un área cubierta de 327,35mts^2 la construcción de un muro de contención detrás de la vivienda con motivo de la ubicación de la parcela al píe de una montaña.

ALCANCE DEL PROYECTO

Construcción de una vivienda unifamiliar para la venta de 327,35 mts^2 con acabados de primera que fue realizada en 4 niveles comprendidos de la siguiente forma:

Planta Nivel Avenida: 3 puestos de estacionamiento techados, entrada, área de lobby, escaleras, cuarto de estudio con su baño, patios, area de servicios, cuarto de servicio con su baño y cuarto de hidroneumático con un área bruta de 145 mts^2.

Planta Baja: Salon, Comedor, Cocina, Cuarto de Huespedes con su baño y Baño de Visitas y escaleras con un área de 124 mts^2

Planta Alta: 3 cuartos principales con su respectivo baño, área de vestier para el cuarto principal, un hall familiar y escaleras con un área de 124 mts^2

Planta Terraza: Terraza descubierta visitable con acabados en cerámica en el piso y la cual no se computa dentro del área de construcción final según criterios utilizados por las ordenanzas municipales área de 142 mts^2.

No hubo cambios en el alcance, existieron cambios vinculados a la calidad para incrementar la mantenibilidad y estética del inmueble estos no afectaron el cronograma de actividades ni aumentaron el riesgo del proyecto, por esto no se consideran como una

replanificación del proyecto como un todo sino más bien es el resultado de los cambios en los materiales y nuevas oportunidades a nivel de productos.

DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES

Las actividades se definieron en función de las fases constructivas de una obra incluyendo la elaboración de planos y solicitud de la permisología respectiva la secuencia para ejecutar este tipo de edificaciones es básicamente lineal con muy pocas actividades que puedan ser hechas en paralelo, a continuación se definiran las actividades enmarcadas en las siguientes etapas:

1.- Consulta de Variables, elaboración de la planimetría, diseño arquitectonico y computos métricos, solicitud de permisos y servicios básicos: En este punto se constata el tipo de construcción posible en la parcela en cuestión a través de la consulta de variables, con esto se determina la permisologia necesaria, se realizan los estudios de suelo, se elaboran los planos de ingeniería y arquitectura necesarios que incluye el diseño y algunas posibles especificaciones en los acabados finales, y se comienza con la fase de solicitud de permisos luego de la aprobación de planos, y la dotación de servicio básicos de agua, electricidad y cloacas previos y necesarios para las fases de ejecución de la obra.

2.- Estructura: estos trabajos comprenden la construcción de concreto armado de las fundaciones, elementos estructurales que transmiten las cargas provenientes de la edificación al suelo de fundación (Infraestructura) y la construcción de concreto armado de las vigas, columnas, losas, pantallas, escaleras y muros, asimismo se incluyen en esta fase la colocación de las tuberías de servicios de agua, electricidad, teléfonos, antenas, ventilación ,etc.

3.- Cerramientos: Comprende los trabajos de albañilería, correspondiente a la colocación de paredes (bloques de arcilla), frisos internos de acabado liso y externos de granito proyectado.

4.- Pisos y Acabados: Comprende los trabajos de preparación de la superficie de la losa y demás áreas para la colocación de pisos de cerámica en los niveles de la edificación.

5.- Herrería: comprende los trabajos de suministro y colocación de marcos metálicos en puertas, ventanas y rejas en general.

6.- Carpintería: Comprende los trabajos de suministro y colocación de puertas, closets, pasamanos en escaleras y barandas internas de madera en general.

7.- Pinturas: Comprende los trabajos de pintura mate en cerramientos y al óleo en elementos metálicos.

8.- Instalaciones Sanitarias y Eléctricas: Comprende los trabajos de suministro y colocación de tuberías y accesorios para las instalaciones sanitarias de aguas blancas y aguas negras; tuberías, cableado y accesorios para las instalaciones eléctricas, así como los puntos necesarios para posibles ampliaciones a futuro. (Cableado Coaxial para Cable o Antena, puntos de 220 o 110V para portones eléctricos, cajetines para la instalación telefónica a futuro, etc.).

9.- Equipos y accesorios: Comprende el suministro y colocación de artefactos sanitarios, eléctricos, intercomunicador y equipo hidroneumático, entre otros.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES, ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN Y CRONOGRAMA

El primer paso a realizar antes de la fase de ejecución es solicitar los servicios básicos de electricidad y agua para respaldar las obras provisionales necesarias para la construcción.

Una vez definidas las actividades, se procedió a determinar la secuencia y duración de las mismas, se identificaron actividades tipo finish to start, tales como los trabajos de albañilería que se comenzaron a ejecutar una vez terminados los trabajos de concreto armado referente a las estructuras, las otras actividades se ejecutaron paralelamente colocación y realización de closets en madera junto con los remates de albañileria y primera mano de pintura.

Las duraciones estimadas y el cronograma a seguir de acuerdo al orden de las actividades fueron los siguientes:

Tabla 1: Duración estimada por actividades.

BLOQUE DE ACTIVIDADES	DURACIÓN (SEMANAS)
Solicitud de Permisos y Elaboración de Planos.	18
Estructura	19
Albañilería	11
Pisos y Acabados internos	4
Frisado y revestimiento de Fachadas	4,6
Herrería, Carpintería, Ventanas, Instalaciones en general.	6
Pintura y Remates en General.	13,2
Solicitud de certificación de terminación de obra ante Ingeniería Municipal	6
TOTAL	**81,8**

La Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) o más conocido en sus siglas en ingles como W.B.S. (Work Breakdown Structure) que se especifica en los anexos obedece a un criterio de secuencias de actividades clásico y bien definido para los trabajos de construcción u obras civiles, en donde el comienzo de una actividad depende de la culminación de las actividades que le anteceden presentándose un gran número de actividades del tipo finish to start, las mismas fueron construidas por medio del PS8 Scitor en su versión de prueba, utilizando un diagrama GANTT mostrado en los anexos. Es de destacar que el 95% de las actividades en promedio fueron subcontratadas, así la asignación de recursos corre por cuenta del ente contratista y la dotación de materiales para la realización de estructuras y albañilería corrió por cuenta del ente contratante, se utilizó como criterio para realizar la contratación la experiencia y el costo, otorgándosele mayor peso al costo por razones estrictamente económicas, uno de los objetivos es el ahorro en costos.

El avance de la obra fue determinado por los costos que representan las distintas actividades con respecto al costo total de la obra que fue de Bs. 135.599.603,70 , las actividades consideradas fueron agrupadas obedeciendo a la estructura del WBS anexo, con la salvedad de las partidas consideradas de acabados (carpintería, granito y acabados en general) que fue incluida dentro del rubro de Pinturas y remates en general, así la determinación del avance planificado viene determinado por la siguiente estructura:

Tabla 2: Determinación del Avance Planificado.

GRUPOS DE ACTIVIDADES	% AVANCE	DURACIÓN ESTIMADA EN SEMANAS
PERMISOLOGIA	1%	8
PLANOS DE ING. Y ARQ.	1,65%	12,6
ESTRUCTURA - OBRAS CIVILES	42%	20,5
ALBAÑILERÍA (incluye pisos y piezas sanitarias)	33%	18,7
PINTURA Y REMATES EN GENERAL	21%	15
CERTIFICACIÓN DE TERMINACIÓN DE OBRA	1,35%	7
TOTALES	***100***	***81,8***

La terminación de cada una de las actividades representa el porcentaje de avance para el proyecto en general basado por el peso de esa actividad sobre el costo total. La duración

estimada del proyecto incluyendo las fases de permisología de entrada y salida para el proyecto es de 81,8 semanas, de las cuales aproximadamente 51 de ellas son dedicadas a las fases de ejecución propiamente, mientras que las actividades agrupadas en planos y permisología conllevan cerca del 33% de la duración planificada.

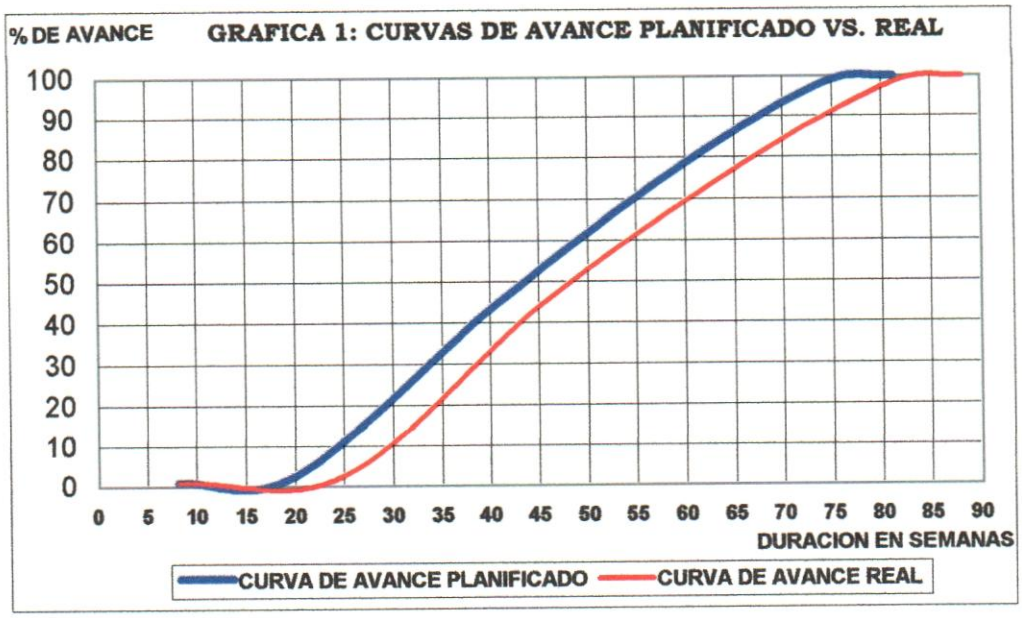
Las duraciones reales y estimadas comparadas para todas las fases del proyecto se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3: Avance Real vs. Avance Planificado

GRUPOS DE ACTIVIDADES	% AVANCE	DURACIÓN ESTIMADA EN SEMANAS	DURACIÓN REAL EN SEMANAS
PERMISOLOGIA	1%	8	8
PLANOS DE ING. Y ARQ.	1,65%	12,6	17
ESTRUCTURA	42%	20,5	20,2
ALBAÑILERÍA (incluye pisos y piezas sanitarias)	33%	18,7	20
PINTURA Y REMATES EN GENERAL	21%	15	16
CERTIFICACIÓN DE TERMINACIÓN DE OBRA	1,35%	7	7
TOTALES	***100***	***81,8***	***88,2***

El proyecto tuvo una desviación con respecto a su duración estimada en 7 semanas aproximadamente, producto de múltiples factores como fueron las lluvias y el retraso de los contratistas como los factores más importantes, ninguno de los retrasos obedeció a cambios en el alcance del proyecto.

En la gráfica se representan los porcentajes de avance real y planificado a modo de comparación, bajo las premisas de medición con respecto al costo total real del proyecto y las duraciones planificadas y reales, correspondiendo la terminación de cada grupo de actividades con un porcentaje de avance, consecuencia del análisis de curvas de avance o curvas S como tradicionalmente se le conocen, las curvas "S" miden el avance acumulado tanto planificado como real para el proyecto basado en el peso de las actividades que lo componen, para el caso se desprende una desviación en las duraciones de aproximadamente 7 semanas y unos porcentajes de avance fijo para los grupo de actividades ya definidos.



APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE LA CADENA CRITICA AL PROYECTO.

Las duraciones utilizadas para las fases de planificación ya mencionados corresponden al concepto de *duración más probable* para las actividades, debemos considerar que la utilización de los conceptos de cadena critica implica la utilización de 2 estimados de tiempo, el segundo estimado de tiempo que es llamado la *duración estimada*, de acuerdo a la teoría original del Dr. Goldratt, implica recortar el tiempo *más probable* a la mitad, con lo cual, se recorta la probabilidad de cumplimiento a un 50%. Para nuestro caso se utilizo un estimado basado en el recorte del tiempo de las actividades involucradas en porcentajes que equivalen entre un 20% a 40% de su duración más probable, tal criterio es subjetivo, pero la base para tal aplicación esta en considerar reducciones mayores sobre actividades que deben ser realizadas por un número reducido de personas (planos, carpintería, etc.) y reducciones menores para aquellas que involucran un mayor número de actividades y personal (estructura, plomería y electricidad), las estructuras de duraciones desarrolladas mediante el programa PS8 Scitor se presentan en los anexos.

A pesar de basarse en un criterio subjetivo para la determinación de las duraciones estimadas las mismas pocas veces llegaron a estar cercanas al 50% de la *duración más probable*, lo que determina, bajo los conceptos planteados por el Dr. Goldratt, una mayor probabilidad de terminación a tiempo para el proyecto.

No existen conflictos en los recursos ya que se debe recordar que el 95% fue subcontratado, las limitantes para los mismos, se refieren a la utilización del personal y equipos en otras obras distintas, para ello se debe determinar algún plan de incentivos que permitan un rendimiento óptimo y la realización de las actividades a tiempo. Los subcontratistas tienen un interés nato por culminar sus actividades en el menor tiempo posible, por ende, se debe verificar la disponibilidad y los diversos planes de incentivo o castigo para la realización de las actividades en los tiempos estimados.

Considerando los aspectos mencionados anteriormente, la determinación de la cadena critica tendrá que estar basado en el supuesto de que las actividades son realizadas lo más tarde posible, en la identificación de las cadenas y en el posterior cálculo del tamaño de los buffers basados en los pasos descritos en el marco teórico.

Buena parte de la replanificación por le método de la cadena critica fue realizada utilizando el programa PS8 Scitor, lográndose un buffer para el proyecto de 27 días, con una duración total de 71,5 semanas incluyendo el buffer del proyecto, se muestra una tabla resumen con las diferencias más importantes entre la utilización del método de la cadena critica y del camino critico.

Tabla 4: Comparación de los métodos del Camino Critico y Cadena Critica.

Método	Duración	Número de Actividades	Índice de Criticidad	Tamaño del Buffer	N° de Feeding Buffers	Actividades no Criticas
Camino Critico	81,8 semanas	61	72,13 %	-	-	17
Cadena Critica	71,5 semanas	61	62,3 %	27 días	11	23

La razón para calcular el índice de criticidad es como parámetro de comparación cuando se aplica el criterio de que las actividades utilizan la *duración estimada* y son hechas lo más tarde posible, el número de feeding buffers determina el número de actividades no criticas asociadas, para el método de la Cadena Critica las actividades no criticas son 23, mientras que para el método del Camino Critico son 17.

La aplicación de los conceptos de la Cadena Critica implican una duración más corta para el proyecto y contribuyen a un menor índice de criticidad, la explicación puede ser muy diversa, sin embargo, al recortar las duraciones de algunas actividades y retrasar su ejecución hasta aquel momento en donde sea realmente necesario, se pueden obtener algunos ahorros en costos y una mayor efectividad en la realización del trabajo.

Los ahorros en costos están determinados por compras de los insumos a un menor costo debido a la inflación, mano de obra y por el lado de los ingresos al costo de oportunidad que implica el dedicar dinero a una actividad y la oportunidad de vender o entregar el producto en un menor tiempo[14]. En nuestro caso, el componente mano de obra no ocupo un lugar importante, ya que buena parte de los ajustes salariales eran absorbidos por los entes contratados y es muy difícil discriminar dentro de los costos históricos llevados la fórmulas escalatorias si las hubiere que fueron aplicadas, es por esto, que consideramos un análisis histórico basado en la posibilidad de ahorros logrados en el costo de los insumos basados en los índices de precios de insumos de la construcción según los niveles al productor llevados por el Banco Central de Venezuela para el período comprendido entre Julio de 1997 y Marzo de 1999, período para el proyecto.

La diferencia entre el tiempo de realización para todo el proyecto (81,8 semanas) y el tiempo planificado por el método de cadena critica (71,5 semanas) es de 10 semanas o 2,2 meses lo que resulta significativo en términos de costos bajo ambientes de alta inflación como los ocurridos durante buena parte de la década de los noventa en el siglo recién finalizado. Tomando en cuenta lo anterior y basado en la estructura de costos y en los períodos de ejecución de los distintos grupos de actividades, se ha tratado de determinar los ahorros en costos por efectos de la inflación al considerar una diferencia de 10 semanas en total para la ejecución.

El desglose de los costos por grupos de actividades se especifica a continuación, para los efectos de cálculo se tiene por supuesto un gasto uniforme basado en el período de ejecución y deflactando la cantidad equivalente por el índice de precios de insumos de la construcción a nivel del productor para el período que corresponda según el Banco Central de Venezuela.

Tabla 5: Cálculo de la diferencia en costos por efectos de la inflación.

Nombre Actividad	Costo Total	Duración Real en Semanas	Duración Planeada por Cadena Critica	Costo Promedio por día	Índice de Inflación a aplicar	Diferencia en costos por inflación.
PERMISOLOGÍA	1.116.837,43	8 semanas	40 días	-	-	-
PLANOS DE INGENIERÍA Y ARQ.	2.058.896,60	17 semanas	15 semanas	-	-	-
OBRAS CIVILES	62.651.318,56	281 días	236 días	222.958,43	19,61%	1.644.926,60
ALBAÑILERÍA	42.382.107.07	-	-	-	-	-
PINTURA Y ACABADOS EN GENERRAL	26.790.423	19 semanas	15 semanas	201431,75	2,55%	666.168,50
TRAMITACIÓN DE PERMISOS HABITABILIDAD	600.021	-	-	-	-	-

Los ahorros no son significativos en términos nominales representan Bs. 2.311.095,10 en total, su cálculo viene dado por la diferencia entre los costos totales entre los períodos de ejecución reales y los tiempos planificados por el método de la cadena critica, siendo el más significativos de todos ellos, los costos por obras civiles con un ahorro de Bs. 1.644.926,60 producto del ahorro por efectos de inflación de los costos de 45 días en exceso de ejecución con respecto a lo planeado, es decir, Bs. 222.958,43 dividido entre el deflactor 1,1961 y multiplicado por 45 días, que da como resultado el gasto en términos reales para los 45 días en exceso para el caso de Bs. 8.388.202.78 y en términos nominales de Bs.10.033.129,35 , la diferencia entre los montos reales y nominales representa la variación en los costos totales por efectos del uso de los métodos de la cadena critica y los costos de ejecución.

Aunque los ahorros no resulten significativos en términos de magnitud representa un porcentaje de ahorro del 1,70 % sobre los costos totales bajo los supuestos ya explicados, el método de la cadena critica brinda la oportunidad de cumplir con las metas de entrega de los proyectos y da la posibilidad de obtener algunos ahorros al disminuir los costos en términos nominales, estos ahorros del 1,70% pueden formar parte de los incentivos a los contratistas o personal asignado en la obra y se deben sopesar con los beneficios que se obtienen por una entrega a tiempo o la posibilidad de recibir los ingresos por adelantado y en las oportunidades

---

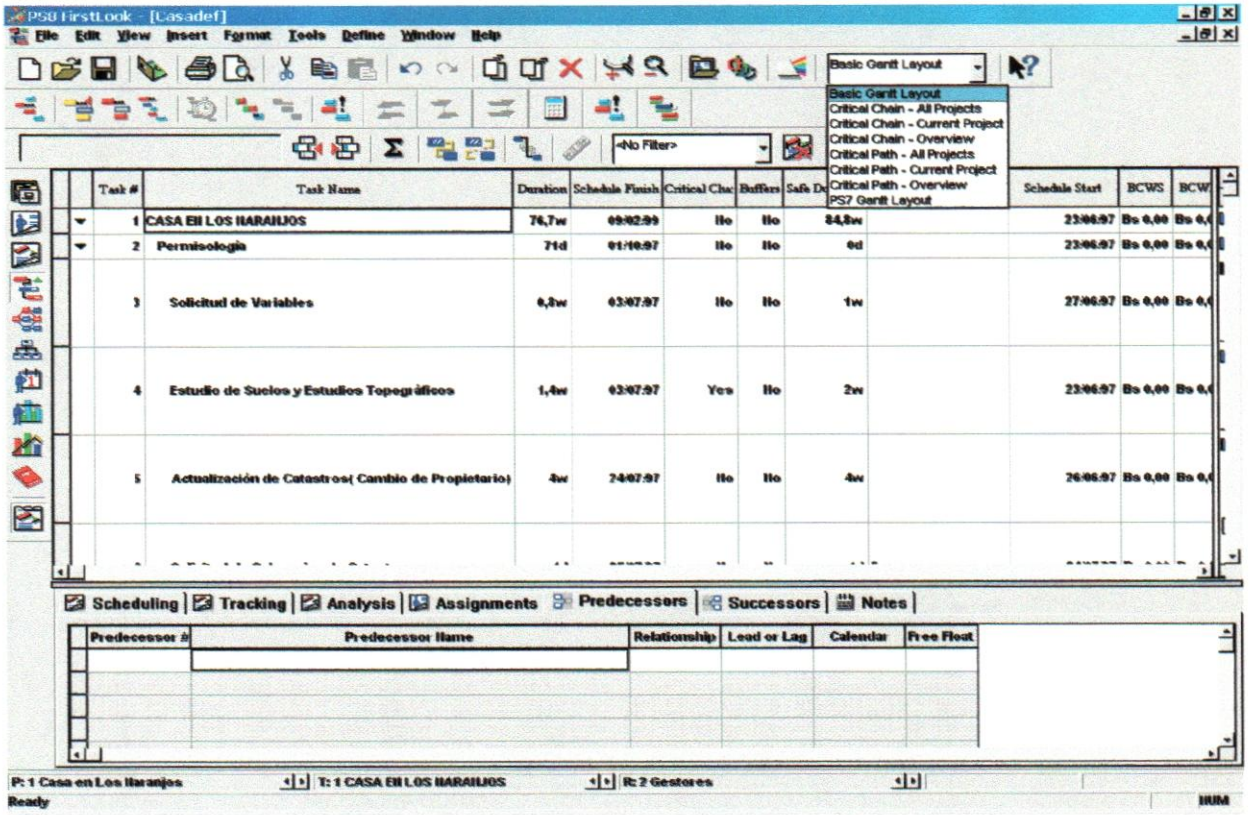
[14] Ligado al throughput, la capacidad para generar dinero.

de inversión que ello implica (depósitos a plazo, oportunidades de negocios, divisas, etc.), ambos conceptos ligados a lo que se conoce como el costo de oportunidad para el uso de los fondos que se ahorran.

USO DEL PROGRAMA PS8 SCITOR

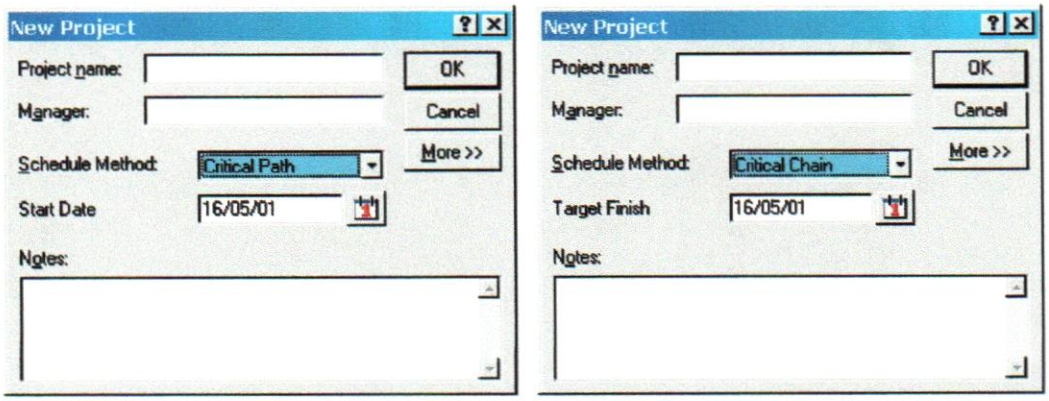
El programa desarrollado por la empresa Scitor Corporation presenta la posibilidad del cálculo de los diagramas de redes, gantt y diversas prestaciones adicionales con los métodos del Camino Critico, PERT y Cadena Critica, es una de las dos empresas junto con la empresa Pro Chain que ofrece la posibilidad de programas que calculen redes con el método del Dr. Goldratt, la vista inicial del programa es similar a la del Microsoft Project y guarda algunas similitudes, hay la posibilidad del despliegue de una ventana paralela, en donde, se puede determinar, el cronograma, el avance, los recursos y las relaciones de predecesores y sucesores de esa actividad, lo que permite la planeación hacia delante y hacia atrás, función de sorprendente ayuda para nuestro caso.

Figura 15: Vista Inicial del PS8 Scitor.



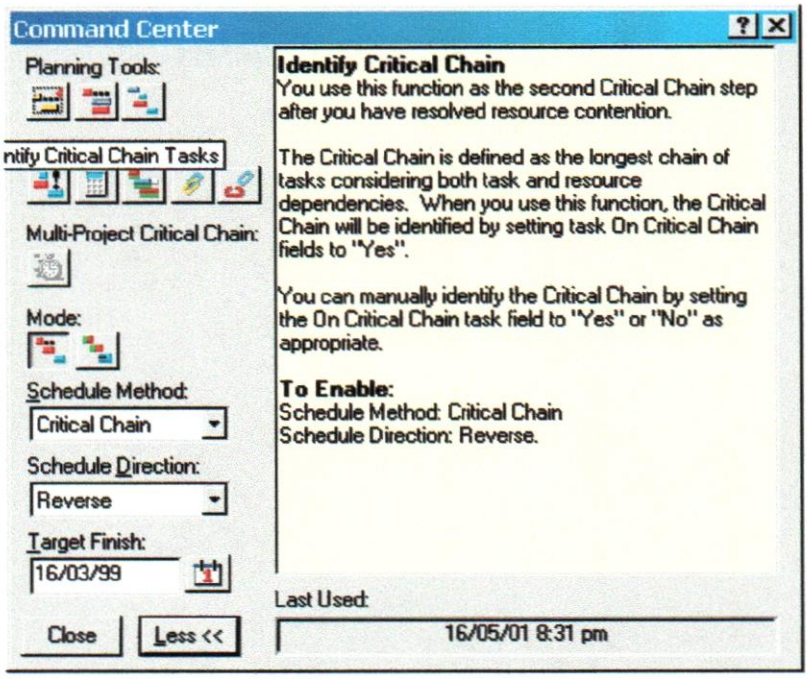
El programa ofrece una ventana de nuevos archivos, en donde, se tiene la posibilidad de planeación por los métodos de cadena critica y camino critico al optar por un nuevo proyecto con la posibilidad de una planeación en reverso para el método de cadena critica dando la fecha de terminación para el proyecto o con la fecha de inicio para el método del camino critico.

Figura 16: Creación de un nuevo proyecto con el PS8 Scitor.



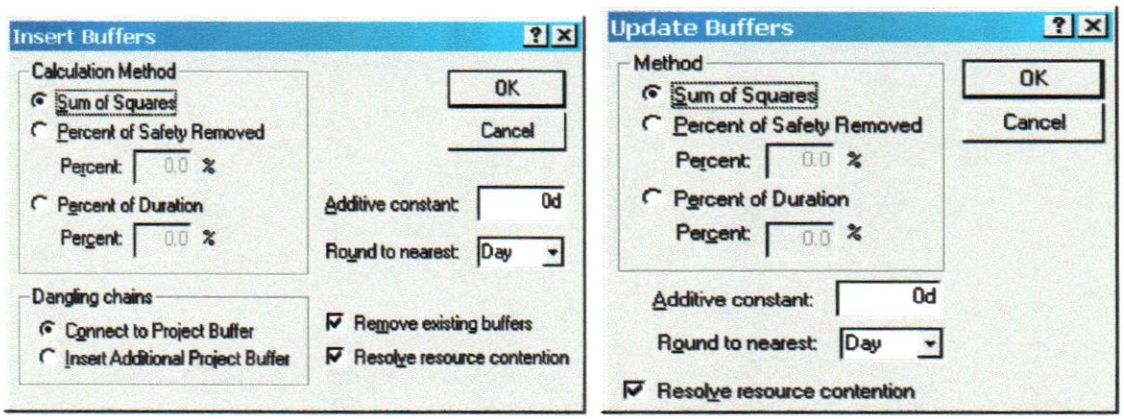
Existe un command center que realiza una serie de tareas que van desde identificar la cadena critica hasta la resolución de los recursos contenidos o utilizados en otras actividades o proyectos en una sola ventana y con las ayudas incorporadas en cada una de ellas y para cada icono.

Figura 17: Command Center.



Se utilizan distintos métodos de cálculo para los buffers por medio de una ventana donde se muestran tres métodos de cálculo, siendo el más novedoso el que introduce un tamaño de buffer inicial preestablecido o la adición de una constante, el método adicional utilizado es una variación al método de recortar y pegar, ya explicado en el marco teórico, que consiste en utilizar un porcentaje de la duración estimada total para cada actividad independientemente del tiempo de contingencia de esa actividad, además permite la actualización de los buffer al insertar nuevas actividades dentro del WBS, a través de la función Update Buffers, la función de insertar buffer tiene la posibilidad además de resolver los conflictos en los recursos como función agregada y según la teoría constituye uno de los pilares del método de la Cadena Critica. En la introducción de los tiempos estimados existe un campo de introducción de datos denominado safe duration en donde se introduce lo que se ha denominado a lo largo del trabajo el *tiempo más probable* y otro denominado duration que representa el tiempo estimado para la actividad, el programa por defecto presenta solo el campo de duration, que se toma para los cálculos de los métodos del PERT y CPM, en nuestro caso se utilizo el cálculo por el método de raíz cuadrada del error.

Figura 18: Vistas de las ventanas para el cálculo de los buffers.



La resolución de los recursos utilizados simultáneamente en varias actividades se desarrolla en una ventana y tiene la posibilidad de filtrar los recursos en varias categorías, sin la necesidad de alterar el cálculo de los buffers y determina el camino critico para proyectos individuales ó múltiples proyectos, es necesario introducir una lista de recursos con las características de los mismos para determinar la interrelación entre los proyectos, tal lista de

recursos es guardada como un archivo aparte y aplicable a los restantes proyectos.

Figura 19: Ventana para la resolver la contención de recursos.

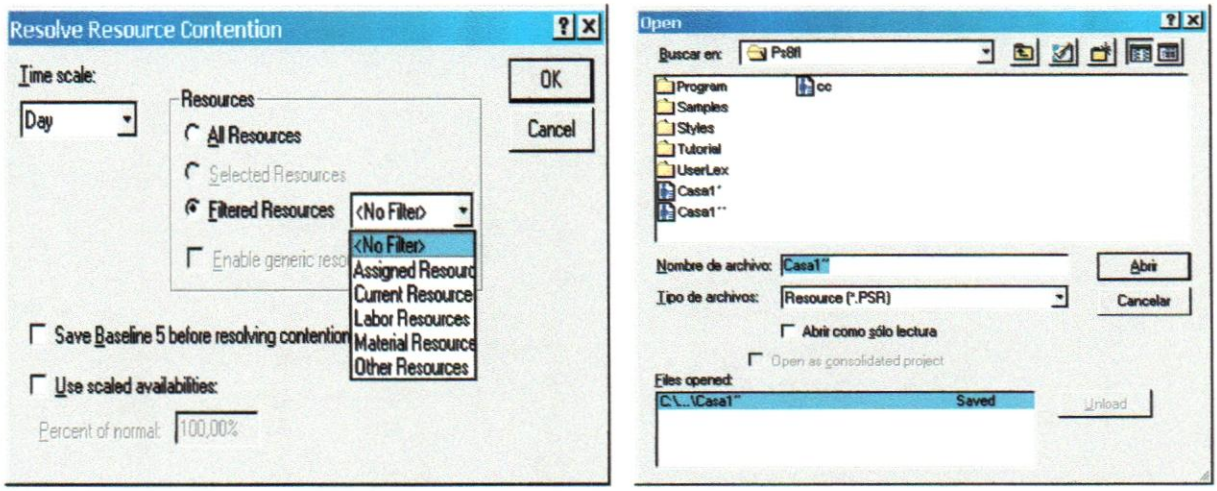
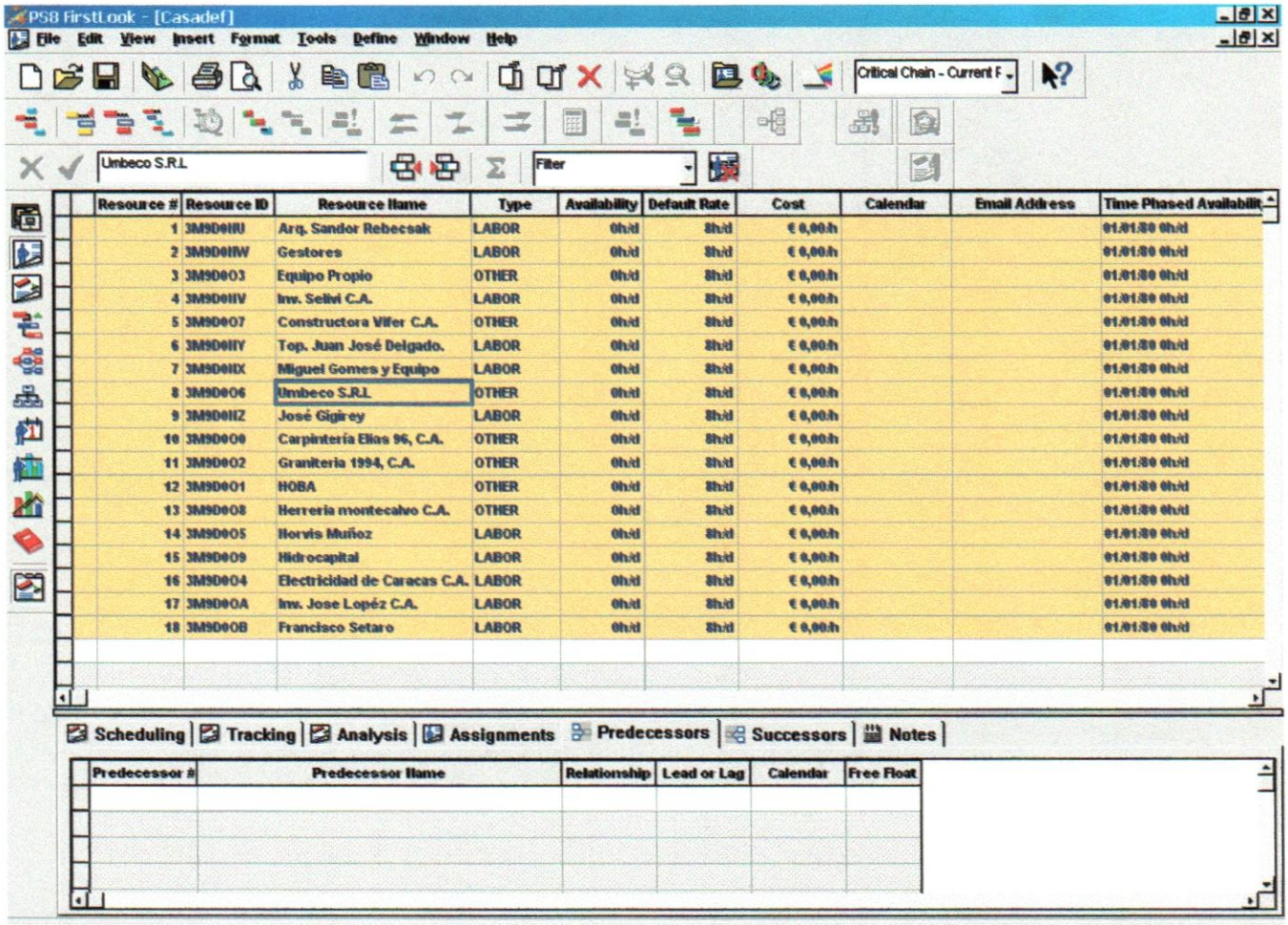


Figura 20: Lista de Recursos.



Resource #	Resource ID	Resource Name	Type	Availability	Default Rate	Cost	Calendar	Email Address	Time Phased Availabilit
1	3M9D0HU	Arq. Sandor Rebecsak	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
2	3M9D0HW	Gestores	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
3	3M9D003	Equipo Propio	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
4	3M9D0HV	Inv. Selivi C.A.	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
5	3M9D007	Constructora Vifer C.A.	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
6	3M9D0HY	Top. Juan José Delgado.	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
7	3M9D0HX	Miguel Gomes y Equipo	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
8	3M9D006	Umbeco S.R.L	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
9	3M9D0HZ	José Gigirey	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
10	3M9D009	Carpintería Elias 96, C.A.	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
11	3M9D002	Graniteria 1994, C.A.	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
12	3M9D001	HOBA	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
13	3M9D008	Herreria montecalvo C.A.	OTHER	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
14	3M9D005	Horvis Muñoz	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
15	3M9D009	Hidrocapital	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
16	3M9D004	Electricidad de Caracas C.A.	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
17	3M9D00A	Inv. Jose Lopéz C.A.	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d
18	3M9D00B	Francisco Setaro	LABOR	0h/d	8h/d	€ 0,00/h			01/01/80 0h/d

Predecessor #	Predecessor Name	Relationship	Lead or Lag	Calendar	Free Float

La lista de recursos permite determinar el tipo de ejecución a realizar, los costos, la disponibilidad de tiempos, los cronogramas entre otras funciones para luego identificar en un reporte el uso de los distintos recursos y sus relaciones con las actividades involucradas junto con los cronogramas de las mismas, logrando desplegar el gantt de ese recurso, en nuestro caso por estar subcontratadas la mayoría de las actividades carecía de lógica la aplicación.

Figura 21: Reporte de Recursos.

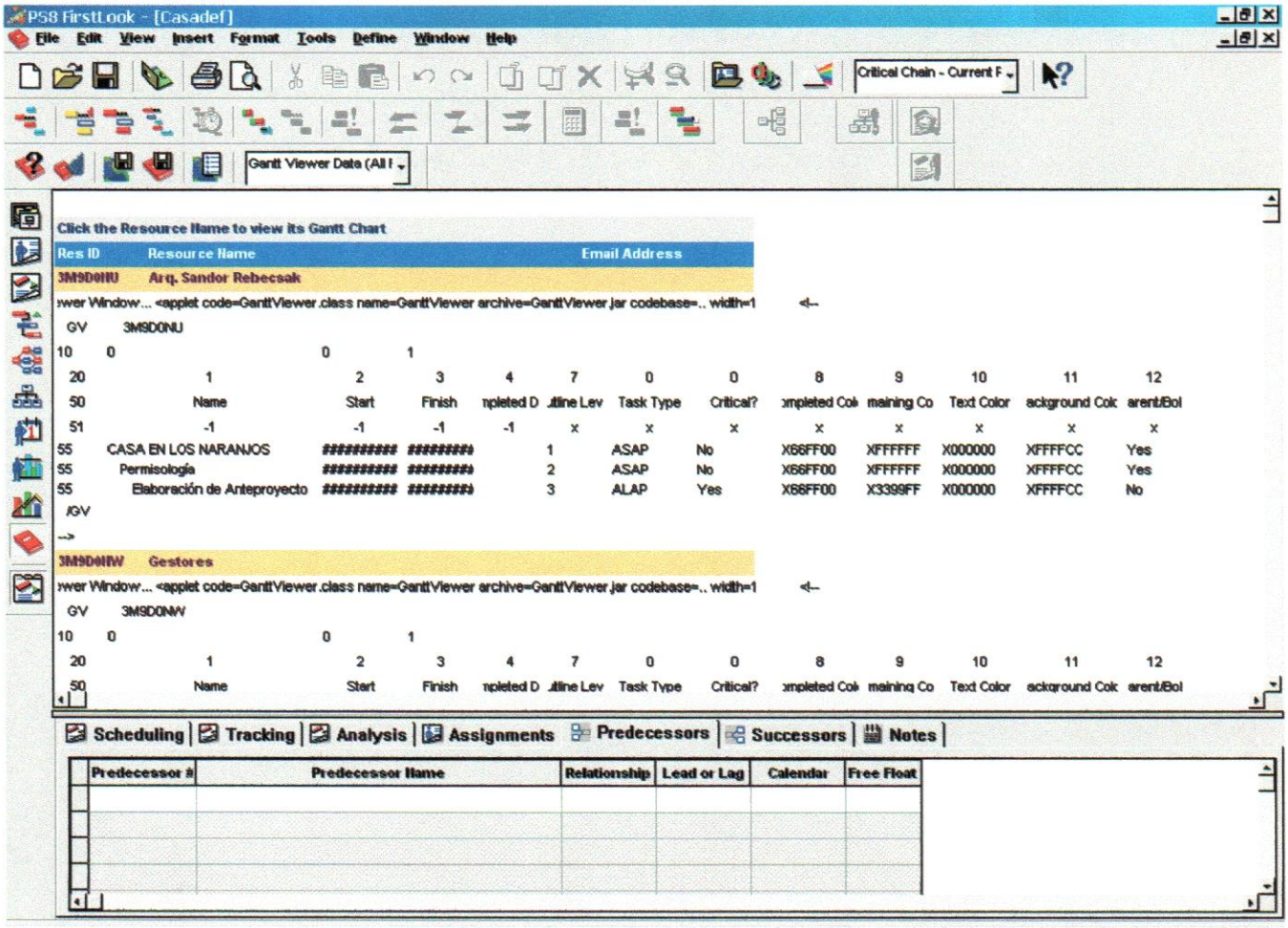
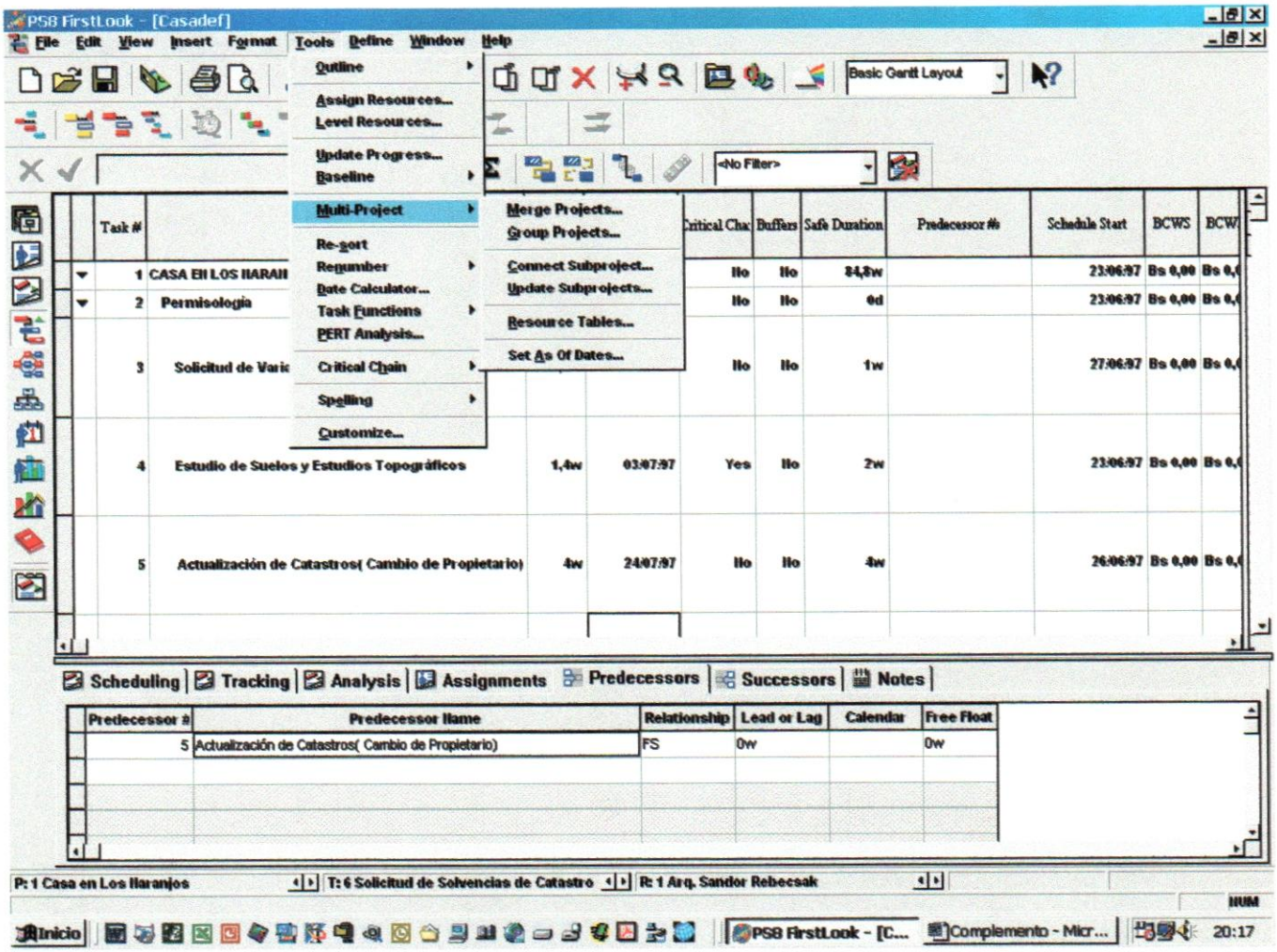
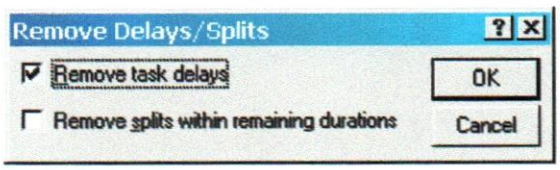


Figura 22: Barra para Múltiples Proyectos.



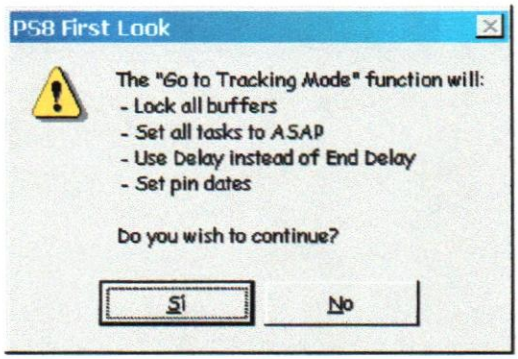
El PS8 Scitor posee una serie de funciones sobre las actividades que van desde las escalas de esfuerzo de las actividades hasta la eliminación de los delays y splits de las actividades.

Figura 23: Ventana para eliminación de los Delays y Splits para las actividades.



El programa PS8 Scitor ofrece además la posibilidad del cálculo del PERT y Camino Critico, sus ventajas es que abarca todas las posibilidades para el cálculo de los buffers, la contención de recursos y el manejo de múltiples proyectos intercambiando recursos y midiendo en paralelo el nivel de avance de los proyectos a través de una función de tracking mode o determinar la planeación a través de la función de planning mode, por medio de una barra en el menú principal.

Figura 24: Planning mode y tracking mode.



Es un programa que ofrece una diversidad de utilidades mayores que programas más conocidos como el Microsoft Project, sin embargo, su manejo es poco intuitivo y se necesita de un gran nivel de esfuerzo para su uso, además, de una gran cantidad de práctica para obtener los resultados esperados, se debe guardar constantemente la data realizada ya que existen funciones que no son reversibles y que pueden dañar parte de la planeación ya realizada.

Las ayudas en pantalla no son muy completas y las ayudas a través de índices deja mucho que desear, sin embargo, la potencia de las aplicaciones una vez resuelto y conocida buena parte de los menús y supuestos con los que trabaja hace al programa sorprendente.

En síntesis, se trata de un programa de evaluación que brinda buena parte de las herramientas conocidas además del método de la cadena critica, sus prestaciones son mayores a programas más comerciales como el Microsoft Project, siendo más complejo y menos intuitivo su manejo, su costo de US $ 900 aproximadamente refleja su alta especialización y múltiples usos, en nuestra opinión, el programa debería mejorar su amigabilidad y niveles de ayuda a los usuarios a pesar de las buenas prestaciones que ofrece y la potencia de sus aplicaciones.

CRITICAS AL MÉTODO DE LA CADENA CRITICA

Dentro de las principales criticas al método se encuentra su debilidad en los supuestos estadísticos, ya que el mismo considera la independencia entre las diferentes cadenas, ya que la probabilidad de que una cadena afecte a la cadena critica y por ende la terminación del proyecto es alta y dependiente de múltiples otros factores, por ende, la probabilidad de que el tiempo de terminación de los proyectos considerándolos como variables aleatorias se vea afectado por las cadenas distintas a la cadena critica es dependiente y afectan la terminación del proyecto, reduciendo la probabilidad de terminación agregándole un buffer al final del mismo, probablemente el aplicar teorías de probabilidad condicional o bayesiana sea lo más adecuado, pero entendemos que esto complicaría aún más el cálculo y repercutiría en el enorme poder intuitivo que el método ofrece per se. En el método de la Cadena Critica, la probabilidad de terminación de los proyectos sería de 84,13% siempre y cuando no existiese ninguna cadena no critica, sin embargo, bajo el supuesto de independencia de todas las actividades cada una de ellas reduciría la probabilidad total en 15,87%, es por esto, que el programa PS8 aún alterando los tiempos de la actividades a un 50%, no se consiguen ahorros en los tiempos de la misma cuantía.

El recortar la duración de las actividades a un 50% de su tiempo de realización parece arbitrario y es de muy difícil aceptación por parte de los involucrados, tratándose especialmente de contratistas con intereses distintos y con probablemente otros proyectos o prioridades en el corto plazo, para ellos un plan de incentivos sea lo más adecuado lo que repercute en los costos del proyecto y esto constituye otras de las áreas donde no existe una clara explicación, los beneficios de una fecha con una conocida probabilidad de terminación deben ser iguales o superiores a los costos que conllevan los planes de incentivo a los contratistas, sin embargo, esto abre una importante brecha para la discusión de cómo evaluar la relación desempeño vs. costos.

No se hace ninguna consideración acerca de la calidad que se obtiene al forzar a las actividades a realizarlas en la mitad del tiempo previsto ni a la verdadera posibilidad de reducir todas las actividades a un tiempo con un 50% de probabilidad, para el caso planteado, las actividades vinculadas a la obtención de permisos o trámites legales no fue alterada en lo absoluto por considerarlo imposible y poco realista.

No se contempla la posibilidad de los incentivos dentro del método de la cadena critica y las posibles limitantes que esto involucra cuando es el Estado o cualquier ente gubernamental el que contrata, ante la imposibilidad por la Ley de Licitación y su reglamento que impiden planes de incentivo o reconocimientos adicionales para los contratistas.

La ambigüedad esta presente en los métodos sobre como determinar si existe un verdadero retraso o cuando este puede ocurrir cuando se consume parte del buffer, siendo el desarrollo para este campo propuesto por otros autores distintos al Dr. Goldratt, privando la concepción de utilizar el símil de un semáforo y no brindando soluciones concluyentes y especificas de las razones para su uso en las distintas alternativas o si obedece al uso como mejor práctica.

CONCLUSIONES.

El método de la cadena critica brinda una nueva herramienta para la planificación de proyectos contemplando el uso de la Teoría de Restricciones a los proyectos bajo un enfoque novedoso del Dr. Goldratt. Su aplicación esta basada en reducir el tiempo de contingencia para las actividades y aprovechar dicha reducción en beneficio de todo el proyecto por medio de la utilización de los buffers como amortiguador de la variabilidad que puedan sufrir la ejecución de las actividades.

Para el caso que se plantea el tiempo de reducción del proyecto fue de aproximadamente 10 semanas o del 12,22%, tiempo considerable ya que fueron pocos los casos con una reducción del 50% en el tiempo de planificación original para las actividades, se debe recordar el carácter secuencial de las actividades dentro del sector de la construcción, por esto, el número de actividades dentro de la Cadena Critica es alto, obteniendo un índice de criticidad del 62,3% contra un 72,13% para el método del Camino Critico, con un buffer para el proyecto de 27 días.

Los ahorros en costos no son significativos en términos nominales representando apenas 1,70% sobre los costos totales, pero los costos de oportunidad que implican la entrega o finalización de los proyectos a tiempo es importante, para nuestro caso la oportunidad de vender el inmueble antes y por ende recuperar rápidamente la inversión.

Las bondades del método de la Cadena Critica son importantes, porque implica una nueva filosofía a la hora de realizar proyectos, con un mayor nivel de compromiso por parte de todos los involucrados dentro de la organización, incrementando el nivel de esfuerzo y comunicación entre los diferentes miembros y ayuda a mejorar el desempeño y productividad de toda la organización.

Entre las desventajas se cuenta con la poca posibilidad de programas para su cálculo, la escasa documentación sobre el tema a pesar de su amplía difusión y la debilidad estadística de muchos de los supuestos que lo conforman. Sin embargo, no se puede negar el importante aporte del Dr. Goldratt, ya que desde la década de los 50 no existió ningún avance importante en los métodos de planificación que obligará a cuestionarse buena parte de sus principios.

BIBLIOGRAFÍA.

Bierman, Bonini y Hausman. Charles, Warren y Harold. **Análisis Cuantitativo para los Negocios.** Novena Edición. Irwin McGraw Hill. Colombia.1999.

Banco Central de Venezuela. Indicadores de Precios 1997-1999. "htpp:/www.bcv.org.ve"

Canada, Sullivan y White. John, William y John. **Análisis de la Inversión de Capital para Ingeniería y Administración**. Segunda Edición. Prentice Hall. Mexico. 1997.

Casuso, Rafael. **Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística.** Tercera Edición. Publicaciones UCAB. Caracas. 1996.

Cook, Stephen Carl. **Applying Critical Chain to Improve the Management of Uncertainty in Project.** Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. 1998.

Dettmer, William. **Constraint Management.** The CQM Guide. Quality America. 2000.

Goldratt, Eliyahu M. **The Critical Chain.** The North River Press, Great Barrington. 1997.

Kerzner, Harold. **Project Management. A system Approach to Planning, Sheduling and Controlling.** Editorial Wiley. 1998.

Knutson y Bitz. Joan e Ira. **Project Management. How to plan and Manage Successful Projects.** Amancon. New York. 1991.

Mascareñas, Juan. **Innovación Financiera. Aplicaciones para la gestión.** Mc Graw Hill. España. 1999.

Palacios, Luis Enrique. **Principios Esenciales para realizar Proyectos, Un Enfoque Latino.** Segunda Edición. Publicaciones UCAB. Caracas. 2000.

Project Management Institute. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge.** PMI. 1996.

Product Development Institute. **The Critical Chain.** "htpp:/www.pdinstitute.com/tutorial.". 1999.

Scitor Corporation. **Critical Chain Concepts.** Scitor Corporation. 2000.

Varios Autores. **Guía de Planificación y Control de Proyectos**. UCAB-CIED.

ANEXOS

ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TRABAJO DEL PROYECTO

N°	WBS	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD
1	1	**CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA URBANIZACION LOS NARANJOS**
2	1.1	**PERMISOLOGIA**
3	1.1.1	Solicitud de Variables
4	1.1.2	Actualización de Catastro (Cambio de Propietario)
5	1.1.3	Solicitud de Solvencias de Catastro
6	1.1.4	Estudio de Suelos y Estudios topograficos
7	1.1.5	Factibilidad de Servicios de Aguas Blancas y Negras
8	1.1.6	Elaboración de Anteproyecto
9	1.1.7	Aprobación de Anteproyecto por Ingeniería Municipal
10	1.2	**PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**
11	1.2.1	Planos de Arquitectura, Ingeniería, Instalaciones, Losas y Fundaciones.
12	1.2.2	Elaboración de Compútos Métricos
13	1.2.3	REVISION Y APROBACION DE PLANOS EN INGENIERIA MUNICIPAL DEL HATILLO
14	1.2.4	Otorgamiento de Permiso de Construcción para Obra Nueva
15	1.3	**CONSTRUCCION**
16	1.3.1	**CIVIL**
17	1.3.1.1	SOLICITUD DE PRESUPUESTOS Y CONTRATACIÓN DE COMPAÑIA PARA REALIZAR ESTRUCTURA
18	1.3.1.2	SOLICITUD DE PRESUPUESTOS PARA MOVIMIENTO DE TIERRA
19	1.3.1.3	SOLICITUD DE PRESUPUESTOS Y CONTRATACIÓN DE PLOMERIA Y ELECTRICIDAD
20	1.3.1.4	Dotación y Obras de Servicios Básicos
21	1.3.1.4.1	Solicitud de Servicio Eléctrico (Proyecto) e instalación del servicio con su respectivo medidor
22	1.3.1.4.2	Solicitud de Medidor de Hidrocapital
23	1.3.1.5	MOVIMIENTO DE TIERRA
24	1.3.1.5.1	INSTALACIONES PROVISIONALES (Electricidad, agua blancas y negras)
25	1.3.1.5.2	Instalación de Caja para Medidor Eléctrico y Breaker, tomas provisionales
26	1.3.1.5.3	Instalación de Baño y Ducha para Personal
27	1.3.1.5.4	FABRICACION DE BARRACA PARA GUACHIMAN Y DEPOSITO DE MATERIALES
28	1.3.1.6	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA
29	1.3.1.6.1	FUNDACIONES (planteamiento, excavacion, envigado y vaciado de concreto en fundaciones)
30	1.3.1.6.2	Tuberias de Aguas Blancas, Negras, de lluvia y ventilación en losa nivel avenida.
31	1.3.1.6.3	Tuberias para Cableados eléctrico y del Tablero Principal, telefonico, intercomunicadores y antenas para planta baja y superiores.
32	1.3.1.6.4	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL AVENIDA (realización de vigas con soporte en las fundaciones y vaciado de la losa de la planta a nivel de avenida, muros de contención)
33	1.3.1.6.5	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL PLANTA BAJA (levantamiento de columnas con las cargas requeridas y su armado)
34	1.3.1.6.6	Colocación en losa de Tuberias para Aguas Blancas y negras, Tuberias de Ventilación y Desagüe para Aguas de Lluvias en la planta baja y en terrazas descubiertas y jardineras de la planta baja
35	1.3.1.6.7	Colocación de tuberías electricas para puntos electricos, telefonicos y antenas en la planta baja y su contnuidad para los pisos superiores
36	1.3.1.6.8	VACIADO ESTRUCTURA PLANTA BAJA
37	1.3.1.6.9	ESTRUCTURA PLANTA ALTA (levantamiento de columnas y armado de losa)
38	1.3.1.6.10	Colocación en losa de Tuberias para Aguas Negras, Tuberias de Ventilación y Desagüe para Aguas de Lluvias en la planta alta y jardineras.
39	1.3.1.6.11	Colocación de tuberías electricas para puntos electricos, telefonicos, intercomunicador y antenas en la planta alta y su contnuidad para la terraza.
40	1.3.1.6.12	VACIADO ESTRUCTURA PLANTA ALTA
41	1.3.1.6.13	ESTRUCTURA EN TERRAZA (levantamiento de columna y armado de losa)
42	1.3.1.6.14	Colocación en losa de Tuberias para Aguas Negras, Tuberias de Ventilación y Desagüe para Aguas de Lluvias en la terraza.
43	1.3.1.6.15	Colocación de tuberías electricas para puntos electricos y antenas en la terraza.
44	1.3.1.6.16	Solicitud de Presupuestos y realización herreria.
45	1.3.1.6.17	VACIADO DE LOSA EN TERRAZA
46	1.3.1.6.18	ARMADO EN PAREDES DE RED DE TUBERIAS DE AGUA Y ELECTRICIDAD
47	1.4.	CONTRATACION Y REALIZACION DE CARPINTERIA
48	1.5	CONTRATACION Y REALIZACION DE ESCALONES EN GRANITO
49	1.6	**ALBAÑILERIA**
50	1.6.1	Albañileria en Planta Nivel Avenida incluyendo colocación de marcos y frisado interno y fabricación de jardineras
51	1.6.2	Albañileria en Primer Piso incluyendo colocación de marcos y rejas y la fabricación de jardineras.
52	1.6.3	Albañileria en Planta Alta incluyendo colocación de marcos y rejas y la fabricación de jardineras.
53	1.6.4	Albañileria en Planta Terraza
54	1.6.5	Friso de Fachada y Areas externas
55	1.6.6	COLOCACION DE CERAMICA EN PISO Y PAREDES
56	1.6.7	Colocación de Peldaños en Granito en escaleras
57	1.7	HERRERIA EN VENTANAS E INSTALACIONES EN GENERAL
58	1.8	INSTALACIONES SANITARIAS Y ELECTRICAS EN PAREDES Y PISOS
59	1.9	INSTALACION DE CARPINTERIA DE PUERTAS Y CLOSETS
60	1.10	**PINTURAS Y REMATES EN GENERAL**
61	1.10.1	Remates en Albañileria
62	1.10.2	Colocación de Canto Rodado en Áreas de circulación externa
63	1.10.3	Granito Proyectado en Fachada
64	1.10.4	Encamisado de Paredes
65	1.10.5	Lijado de Puertas y Closets en Madera
66	1.10.6	PINTURA GENERAL
67	1.10.7	CONTRATACION E INSTALACION DE SISTEMA HIDRONEUMATICO
68	1.10.8	Siembra de Grama y colocación de matas en jardineras
69	1.11	**TRAMITACION DE PERMISOS PARA HABITABILIDAD**
70	1.11.1	SOLICITUD DE CONFORMIDAD SANITARIA
71	1.11.2	SOLICITUD DE INSPECCIÓN
72	1.11.3	EMISION DE CERTIFICACION DE TERMINACION DE OBRA

Red Camino Crítico

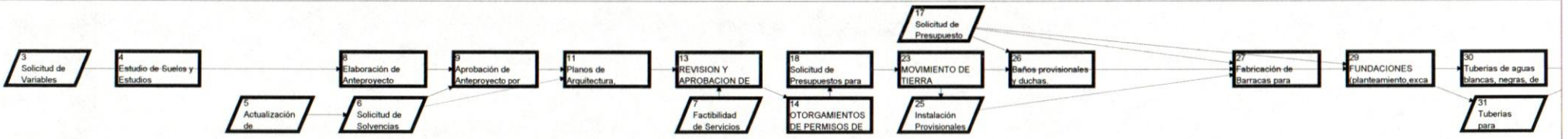
Network Diagram Legend

Filter	Shape
External Taks	
Subproject Tasks	
Milestones	
Parent	
Critical	
<No Filter>	

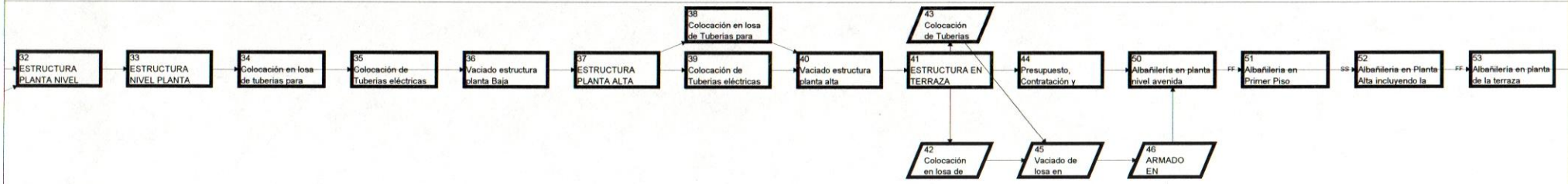
Filter	Border	Fill
External Taks		
Subproject Tasks		
Completed Tasks		
Parent		
Critical		
<No Filter>		

Filter	Border
External Taks	
Subproject Tasks	
Milestones	
Parent	
Critical	
<No Filter>	

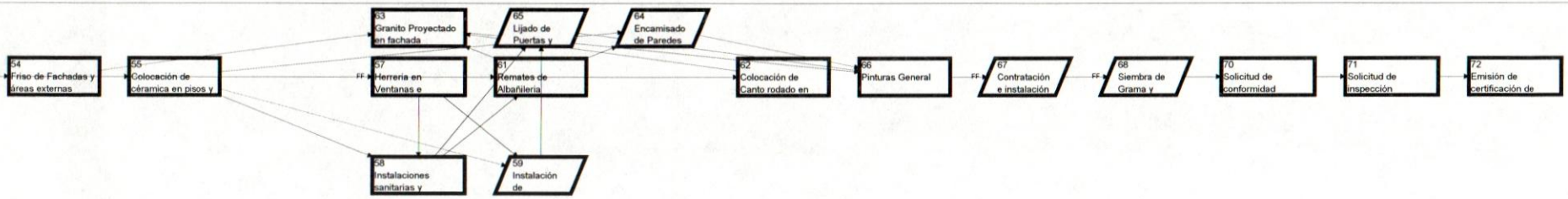
Red Camino Crítico



Red Camino Crítico

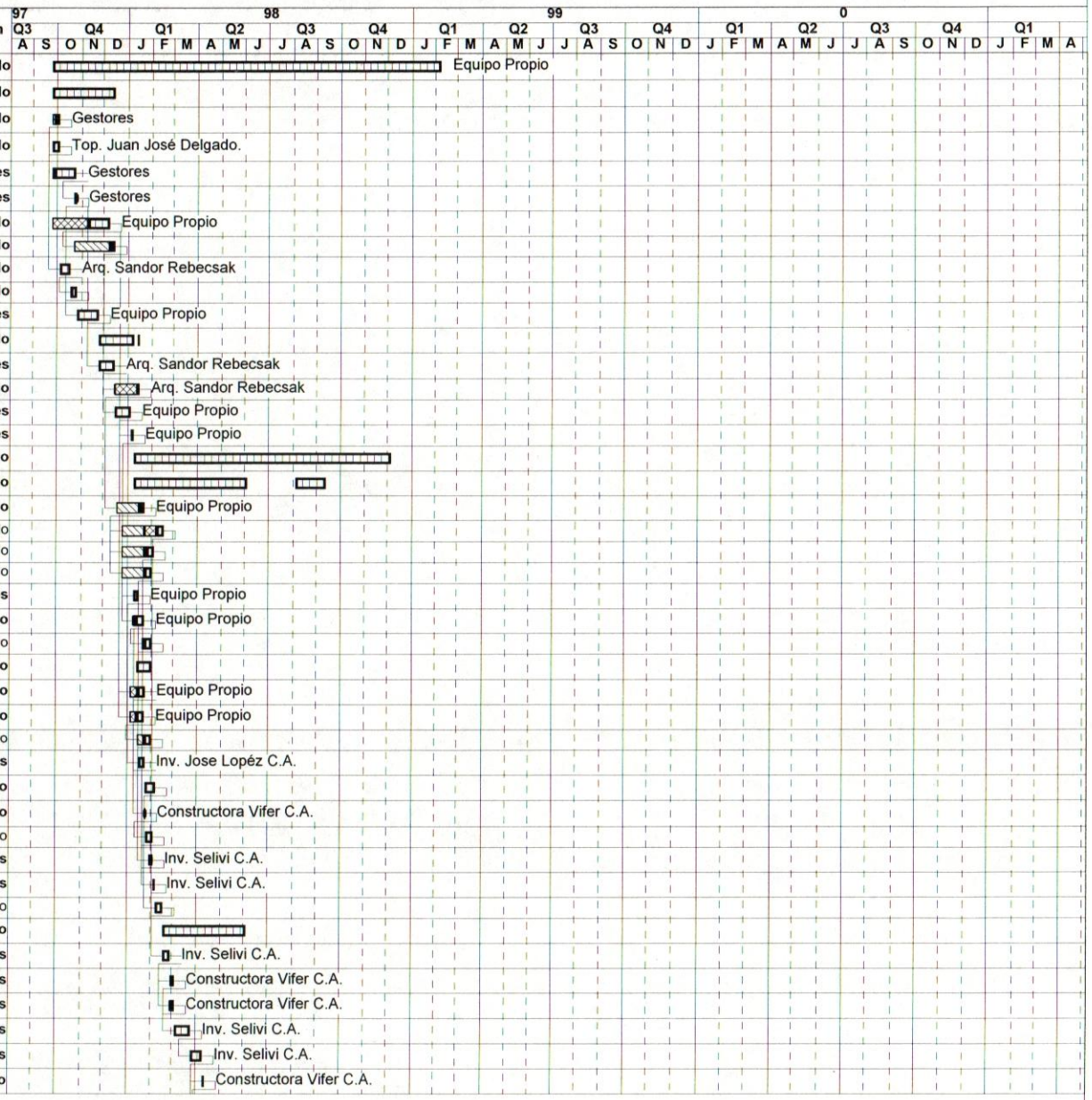


Red Camino Crítico



GANNT CADENA CRITICA

Task #	Task Name	Duration	Safe Duration	Critical Ch
1	CASA EN LOS NARANJOS	71,5w	81,8w	No
2	Permisología	58d	0d	No
3	Solicitud de Variables	0,8w	1w	No
4	Estudio de Suelos y Estudios Topográficos	1,4w	2w	No
5	Actualización de Catastros(Cambio de Propietario)	4w	4w	Yes
6	Solicitud de Solvencias de Catastro	1d	1d	Yes
7	Factibilidad de Servicios de Aguas Blancas y Negras	4w	4w	No
8	Feeding Buffer	5d	0d	No
9	Elaboración de Anteproyecto	2w	3w	No
10	Feeding Buffer	6d	0d	No
11	Aprobación de Anteproyecto por Ingeniería Municipal	4w	4w	Yes
12	PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	38d	40d	No
13	Planos de Arquitectura, Instalaciones, Losas y Fundacion	3w	5w	Yes
14	Computos Métricos	2d	3d	No
15	REVISION Y APROBACION DE PLANOS EN INGENIERÍA M	3w	3w	Yes
16	OTORGAMIENTOS DE PERMISOS DE CONSTRUCCION PA	3d	3d	Yes
17	CONSTRUCCION	236,5d	0d	No
18	CIVIL	176,5d	0d	No
19	Solicitud de Presupuestos y Contratación de Compañía	1w	1,5w	No
20	Feeding Buffer	7d	0d	No
21	Feeding Buffer	7d	0d	No
22	Feeding Buffer	7d	0d	No
23	Solicitud de Presupuestos para Movimiento de Tierra	1w	1,2w	Yes
24	Solicitud de Presupuestos para Plomería y Electricidad	1,6w	2w	No
25	Feeding Buffer	7d	0d	No
26	Dotación y Obras de Servicios Básicos	14d	0d	No
27	Solicitud de Servicio Eléctrico (Proyecto) e instalación	1,4w	2w	No
28	Solicitud de Medidor de Hidrocapital	1,4w	2w	No
29	Feeding Buffer	7d	0d	No
30	MOVIMIENTO DE TIERRA	1,2w	2w	Yes
31	INSTALACIONES PROVISIONALES (Electricidad, Aguas	10d	0d	No
32	Instalación Provisionales Eléctricas	1d	1d	No
33	Feeding Buffer	7d	0d	No
34	Baños provisionales y duchas.	2d	3d	Yes
35	Fabricación de Barracas para guachiman y deposito d	2d	3d	Yes
36	Feeding Buffer	7d	0d	No
37	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	76d	0d	No
38	FUNDACIONES (planteamiento,excavación, envigado	1,4w	2w	Yes
39	Tuberias de aguas blancas, negras, de lluvia y ventila	4d	5d	Yes
40	Tuberias para Cableado Eléctrico y Tablero Principal, t	3d	4d	Yes
41	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL AVENIDA (realización d	3w	5w	Yes
42	ESTRUCTURA NIVEL PLANTA BAJA (levantamiento d	2,2w	3w	Yes
43	Colocación en losa de tuberias para aguas blancas y	2d	3d	No

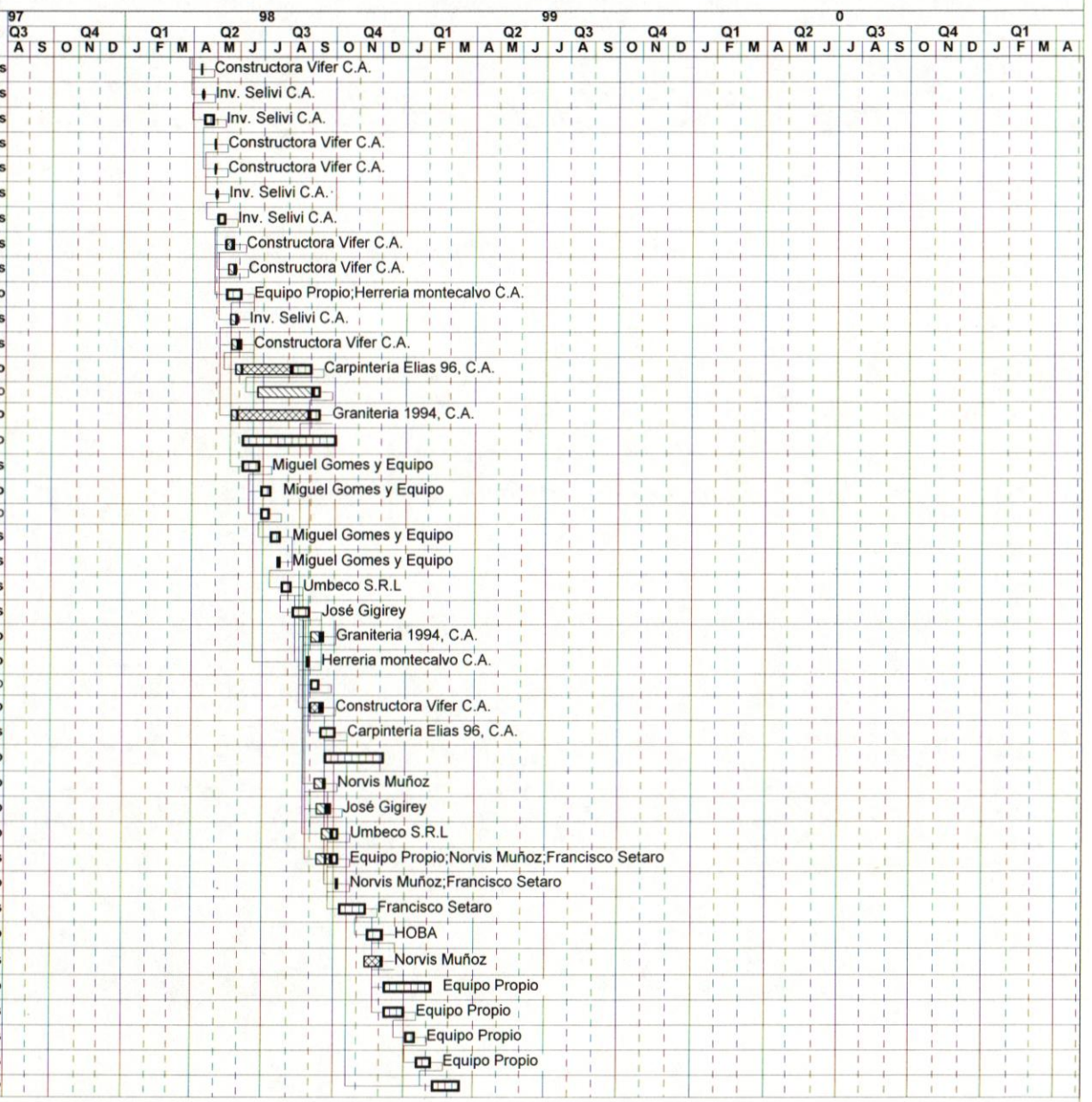


Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

GANNT CADENA CRITICA

Task #	Task Name	Duration	Safe Duration	Critical Ch
45	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	2d	3d	Yes
46	Vaciado estructura planta Baja	1d	1d	Yes
47	ESTRUCTURA PLANTA ALTA (levantamientos de colu	2w	3w	Yes
48	Colocación en losa de Tuberias para aguas blancas y	2d	2d	Yes
49	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	2d	2d	Yes
50	Vaciado estructura planta alta	1d	1d	Yes
51	ESTRUCTURA EN TERRAZA	1,6w	2w	Yes
52	Colocación en losa de tuberias para aguas negras, tub	2d	3d	Yes
53	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	2d	3d	Yes
54	Presupuesto, Contratación y realización Herreria	3w	4w	No
55	Vaciado de losa en terraza	1d	1d	Yes
56	ARMADO EN PAREDES DE RED DE TUBERIAS DE AGU	4d	5d	Yes
57	CONTRATACION Y REALIZACION DE CARPINTERIA	4w	5w	No
58	Feeding Buffer	8d	0d	No
59	CONTRATACION Y REALIZACION DE ESCALONES EN G	2,2w	3w	No
60	ALBAÑILERIA	87,5d	0d	No
61	Albañileria en planta nivel avenida incluyendo colocació	17d	20d	Yes
62	Albañileria en Primer Piso incluyendo colocación de ma	10d	13d	No
63	Feeding Buffer	9d	0d	No
64	Albañileria en Planta Alta incluyendo la colocación de m	10d	13d	Yes
65	Albañileria en planta de la terraza	4d	7d	Yes
66	Friso de Fachadas y áreas externas	2w	3w	Yes
67	Colocación de céramica en pisos y paredes	3,5w	4w	Yes
68	Colocación de Peldaños en Escaleras en Granito	4d	5d	No
69	Herreria en Ventanas e instalaciones en general	4d	5d	No
70	Feeding Buffer	9d	0d	No
71	Instalaciones sanitarias y eléctricas en Paredes y Pisos	4d	6d	No
72	Instalación de Carpinteria de puertas y closets	3w	4w	Yes
73	PINTURA Y REMATES EN GENERAL	56d	0d	No
74	Remates de Albañileria	0,4w	1w	No
75	Colocación de Canto rodado en áreas de circulación ext	1w	2w	No
76	Granito Proyectado en fachada	7d	10d	No
77	Encamisado de Paredes	1,5w	2w	Yes
78	Lijado de Puertas y Closets	0,6w	1w	No
79	Pinturas General	5,2w	7w	Yes
80	Contratación e instalación del sistema hidroneumático	16d	21d	No
82	Siembra de Grama y colocación de matas en jardineras	2d	3d	Yes
83	TRAMITACION DE PERMISOS PARA HABITABILIDAD	45d	0d	No
84	Solicitud de conformidad sanitaria	4w	4w	Yes
85	Solicitud de inspección	2w	2w	Yes
86	Emisión de certificación de terminación de obras	3w	3w	Yes
87	Project Buffer	27d	0d	No



Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

Outline Tree

Outline Tree Legend

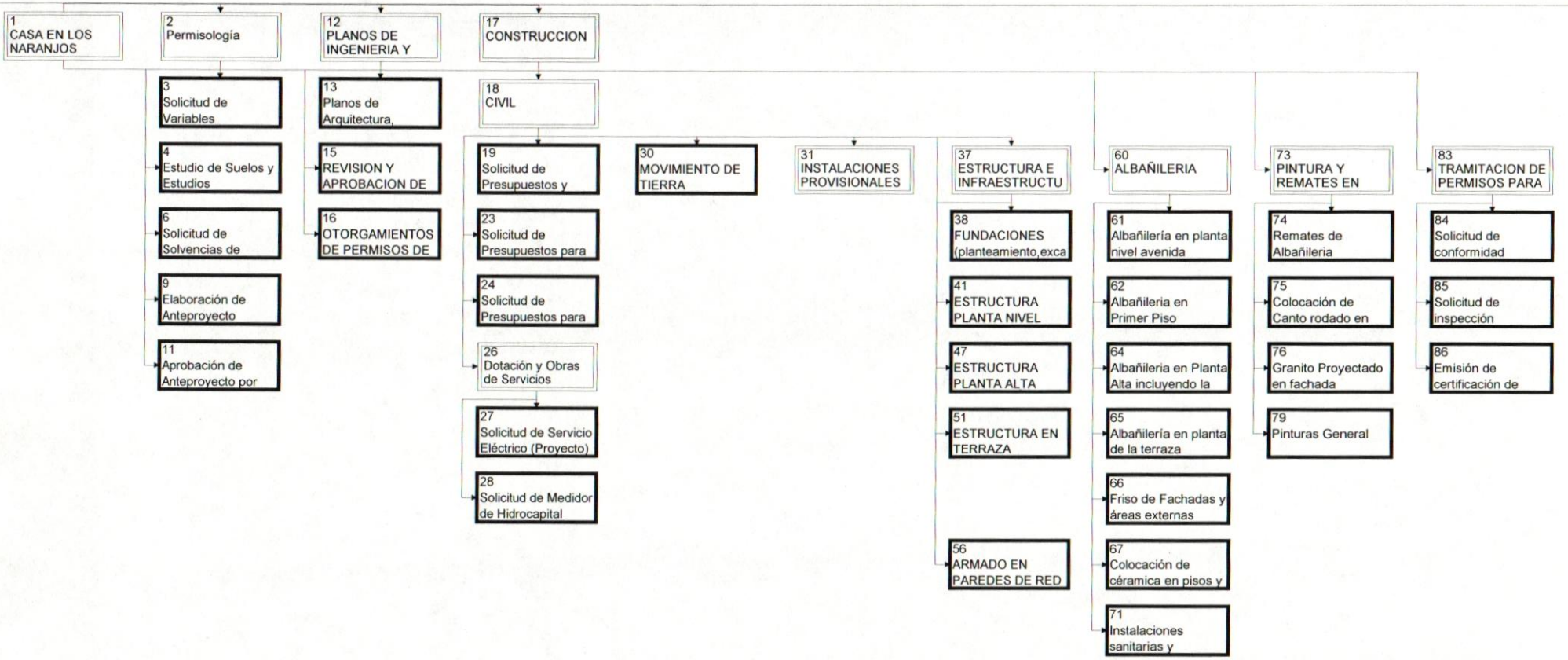
Filter	Shape
<No Filter>	

Filter	Border	Fill
Parent		
<No Filter>		

Filter	Border
Parent	
<No Filter>	

Task #	WBS Code
Task Name	
Task Name	
Schedule Start	Schedule Finis
Duration	% Complete

Outline Tree

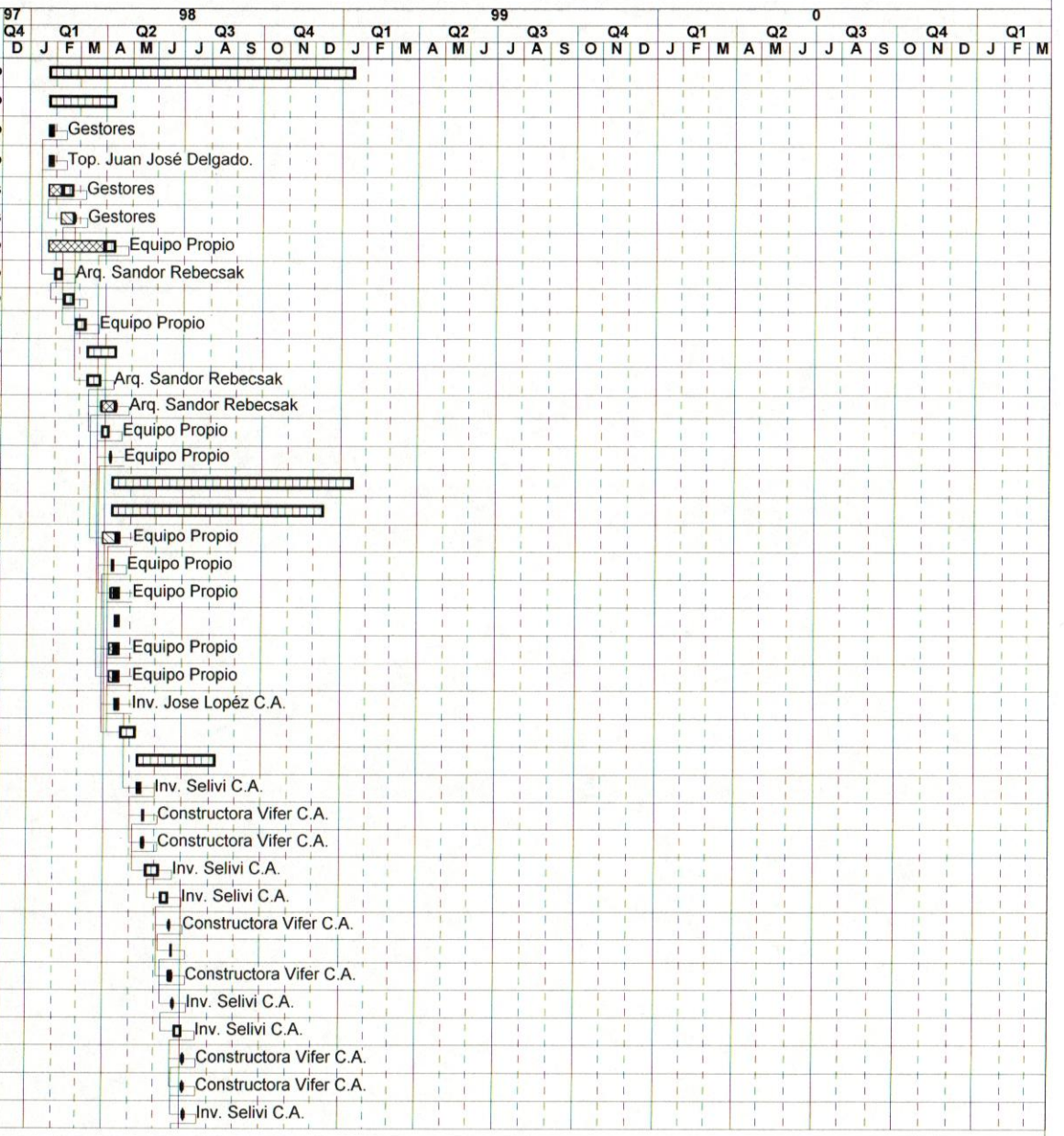


Task List

#	Task ID	Task Name	Duration	Schedule Start	Schedule Finish	Resource Names	Dependency Date	Required Date	% Complete	Completed Date	Remaining Duration	Task Type
1	3RVLLGV	CASA EN LOS NARANJOS	71,5w	24/09/97	05/02/99				0%		71,5w	ASAP
2	3RVLLEU	Permisología	58d	24/09/97	15/12/97				0%		58d	ASAP
3	3RVLLEV	Solicitud de Variables	0,8w	29/09/97	03/10/97	Gestores			0%		0,8w	ALAP
4	3RVLLEW	Estudio de Suelos y Estudios Topo	1,4w	24/09/97	03/10/97	Top. Juan José Delgado.			0%		1,4w	ALAP
5	3RVLLEX	Actualización de Catastros(Cambi	4w	26/09/97	24/10/97	Gestores			0%		4w	ALAP
6	3RVLLEY	Solicitud de Solvencias de Catastro	1d	24/10/97	27/10/97	Gestores			0%		1d	ALAP
7	3RVLLEZ	Factibilidad de Servicios de Aguas	4w	10/11/97	08/12/97	Equipo Propio			0%		4w	ALAP
8	3RVLLHC	Feeding Buffer	5d	08/12/97	15/12/97				0%		5d	FEEDING BUFFER
9	3RVLLF0	Elaboración de Anteproyecto	2w	03/10/97	17/10/97	Arq. Sandor Rebecsak			0%		2w	ALAP
10	3RVLLHB	Feeding Buffer	6d	17/10/97	27/10/97				0%		6d	FEEDING BUFFER
11	3RVLLF1	Aprobación de Anteproyecto por In	4w	27/10/97	24/11/97	Equipo Propio			0%		4w	ALAP
12	3RVLLF2	PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITE	38d	24/11/97	15/01/98				0%		38d	ASAP
13	3RVLLH8	Planos de Arquitectura, Instalacion	3w	24/11/97	15/12/97	Arq. Sandor Rebecsak			0%		3w	ALAP
14	3RVLLH9	Computos Métricos	2d	13/01/98	15/01/98	Arq. Sandor Rebecsak			0%		2d	ALAP
15	3RVLLF6	REVISION Y APROBACION DE PLA	3w	15/12/97	05/01/98	Equipo Propio			0%		3w	ALAP
16	3RVLLF7	OTORGAMIENTOS DE PERMISOS	3d	05/01/98	08/01/98	Equipo Propio			0%		3d	ALAP
17	3RVLLF8	CONSTRUCCION	236,5d	08/01/98	04/12/98				0%		236,5d	ASAP
18	3RVLLF9	CIVIL	176,5d	08/01/98	11/09/98				0%		176,5d	ASAP
19	3RVLLFA	Solicitud de Presupuestos y Cont	1w	15/01/98	22/01/98	Equipo Propio			0%		1w	ALAP
20	3RVLLHI	Feeding Buffer	7d	06/02/98	17/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
21	3RVLLHG	Feeding Buffer	7d	26/01/98	04/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
22	3RVLLHD	Feeding Buffer	7d	22/01/98	02/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
23	3RVLLFE	Solicitud de Presupuestos para M	1w	08/01/98	15/01/98	Equipo Propio			0%		1w	ALAP
24	3RVLLFF	Solicitud de Presupuestos para P	1,6w	12/01/98	22/01/98	Equipo Propio			0%		1,6w	ALAP
25	3RVLLHE	Feeding Buffer	7d	22/01/98	02/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
26	3RVLLFG	Dotación y Obras de Servicios Bá	14d	13/01/98	02/02/98				0%		14d	ASAP
27	3RVLLFH	Solicitud de Servicio Eléctrico (	1,4w	14/01/98	23/01/98	Equipo Propio			0%		1,4w	ALAP
28	3RVLLFI	Solicitud de Medidor de Hidroc	1,4w	13/01/98	22/01/98	Equipo Propio			0%		1,4w	ALAP
29	3RVLLHF	Feeding Buffer	7d	22/01/98	02/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
30	3RVLLFJ	MOVIMIENTO DE TIERRA	1,2w	15/01/98	23/01/98	Inv. Jose Lopéz C.A.			0%		1,2w	ALAP
31	3RVLLFK	INSTALACIONES PROVISIONAL	10d	23/01/98	06/02/98				0%		10d	ASAP
32	3RVLLFL	Instalación Provisionales Eléctr	1d	23/01/98	26/01/98	Constructora Vifer C.A.			0%		1d	ALAP
33	3RVLLHH	Feeding Buffer	7d	26/01/98	04/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
34	3RVLLFM	Baños provisionales y duchas.	2d	02/02/98	04/02/98	Inv. Selivi C.A.			0%		2d	ALAP
35	3RVLLFN	Fabricación de Barracas para g	2d	04/02/98	06/02/98	Inv. Selivi C.A.			0%		2d	ALAP
36	3RVLLHJ	Feeding Buffer	7d	06/02/98	17/02/98				0%		7d	FEEDING BUFFER
37	3RVLLFO	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCT	76d	17/02/98	03/06/98				0%		76d	ASAP
38	3RVLLFP	FUNDACIONES (planteamiento,	1,4w	17/02/98	26/02/98	Inv. Selivi C.A.			0%		1,4w	ALAP
39	3RVLLFQ	Tuberias de aguas blancas, neg	4d	26/02/98	04/03/98	Constructora Vifer C.A.			0%		4d	ALAP
40	3RVLLFR	Tuberias para Cableado Eléctric	3d	27/02/98	04/03/98	Constructora Vifer C.A.			0%		3d	ALAP
41	3RVLLFS	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL	3w	04/03/98	25/03/98	Inv. Selivi C.A.			0%		3w	ALAP
42	3RVLLFT	ESTRUCTURA NIVEL PLANTA	2,2w	25/03/98	09/04/98	Inv. Selivi C.A.			0%		2,2w	ALAP
43	3RVLLFU	Colocación en losa de tuberias	2d	09/04/98	13/04/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
45	3RVLLFV	Colocación de Tuberias eléctric	2d	09/04/98	13/04/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
46	3RVLLFW	Vaciado estructura planta Baja	1d	13/04/98	14/04/98	Inv. Selivi C.A.			0%		1d	ALAP
47	3RVLLFX	ESTRUCTURA PLANTA ALTA (I	2w	14/04/98	28/04/98	Inv. Selivi C.A.			0%		2w	ALAP
48	3RVLLFY	Colocación en losa de Tuberias	2d	28/04/98	30/04/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
49	3RVLLFZ	Colocación de Tuberias eléctric	2d	28/04/98	30/04/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
50	3RVLLG0	Vaciado estructura planta alta	1d	30/04/98	01/05/98	Inv. Selivi C.A.			0%		1d	ALAP
51	3RVLLG1	ESTRUCTURA EN TERRAZA	1,6w	01/05/98	13/05/98	Inv. Selivi C.A.			0%		1,6w	ALAP
52	3RVLLG2	Colocación en losa de tuberias	2d	21/05/98	25/05/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
53	3RVLLG3	Colocación de Tuberias eléctric	2d	25/05/98	27/05/98	Constructora Vifer C.A.			0%		2d	ALAP
54	3RVLLG4	Presupuesto, Contratación y re	3w	13/05/98	03/06/98	Equipo Propio;Herreria mo			0%		3w	ALAP
55	3RVLLG5	Vaciado de losa en terraza	1d	27/05/98	28/05/98	Inv. Selivi C.A.			0%		1d	ALAP
56	3RVLLG8	ARMADO EN PAREDES DE RED	4d	28/05/98	03/06/98	Constructora Vifer C.A.			0%		4d	ALAP
57	3RVLLGH	CONTRATACION Y REALIZACIO	4w	05/08/98	01/09/98	Carpintería Elias 96, C.A.			0%		4w	ALAP
58	3RVLLHM	Feeding Buffer	8d	02/09/98	11/09/98				0%		8d	FEEDING BUFFER
59	3RVLLH7	CONTRATACION Y REALIZACIO	2,2w	28/08/98	11/09/98	Graniteria 1994, C.A.			0%		2,2w	ALAP
60	3RVLLG6	ALBAÑILERIA	87,5d	03/06/98	02/10/98				0%		87,5d	ASAP
61	3RVLLG7	Albañilería en planta nivel avenid	17d	03/06/98	26/06/98	Miguel Gomes y Equipo			0%		17d	ALAP
62	3RVLLG9	Albañileria en Primer Piso incluy	10d	26/06/98	10/07/98	Miguel Gomes y Equipo			0%		10d	ALAP
63	3RVLLHL	Feeding Buffer	9d	26/06/98	09/07/98				0%		9d	FEEDING BUFFER
64	3RVLLGA	Albañileria en Planta Alta incluye	10d	09/07/98	23/07/98	Miguel Gomes y Equipo			0%		10d	ALAP
65	3RVLLGB	Albañilería en planta de la terraza	4d	17/07/98	23/07/98	Miguel Gomes y Equipo			0%		4d	ALAP
66	3RVLLGC	Friso de Fachadas y áreas extern	2w	23/07/98	06/08/98	Umbeco S.R.L			0%		2w	ALAP
67	3RVLLGD	Colocación de céramica en pisos	3,5w	06/08/98	31/08/98	José Gigirey			0%		3,5w	ALAP
68	3RVLLGX	Colocación de Peldaños en Escal	4d	14/09/98	17/09/98	Graniteria 1994, C.A.			0%		4d	ALAP
69	3RVLLGE	Herreria en Ventanas e instalacio	4d	26/08/98	31/08/98	Herreria montecalvo C.A.			0%		4d	ALAP
70	3RVLLHN	Feeding Buffer	9d	01/09/98	11/09/98				0%		9d	FEEDING BUFFER
71	3RVLLGF	Instalaciones sanitarias y eléctric	4d	14/09/98	17/09/98	Constructora Vifer C.A.			0%		4d	ALAP
72	3RVLLGG	Instalación de Carpinteria de puer	3w	14/09/98	02/10/98	Carpintería Elias 96, C.A.			0%		3w	ALAP
73	3RVLLGI	PINTURA Y REMATES EN GENERA	56d	18/09/98	04/12/98				0%		56d	ASAP
74	3RVLLGJ	Remates de Albañileria	0,4w	18/09/98	21/09/98	Norvis Muñoz			0%		0,4w	ALAP
75	3RVLLGK	Colocación de Canto rodado en á	1w	22/09/98	28/09/98	José Gigirey			0%		1w	ALAP
76	3RVLLGL	Granito Proyectado en fachada	7d	29/09/98	07/10/98	Umbeco S.R.L			0%		7d	ALAP
77	3RVLLGM	Encamisado de Paredes	1,5w	28/09/98	07/10/98	Equipo Propio;Norvis Muñ			0%		1,5w	ALAP
78	3RVLLGN	Lijado de Puertas y Closets	0,6w	05/10/98	07/10/98	Norvis Muñoz;Francisco S			0%		0,6w	ALAP
79	3RVLLGO	Pinturas General	5,2w	08/10/98	12/11/98	Francisco Setaro			0%		5,2w	ALAP
80	3RVLLGP	Contratación e instalación del sis	16d	13/11/98	04/12/98	HOBA			0%		16d	ALAP
82	3RVLLGQ	Siembra de Grama y colocación d	2d	03/12/98	04/12/98	Norvis Muñoz			0%		2d	ALAP
83	3RVLLGR	TRAMITACION DE PERMISOS PARA	45d	07/12/98	05/02/99				0%		45d	ASAP
84	3RVLLGS	Solicitud de conformidad sanitaria	4w	07/12/98	01/01/99	Equipo Propio			0%		4w	ALAP
85	3RVLLGT	Solicitud de inspección	2w	04/01/99	15/01/99	Equipo Propio			0%		2w	ALAP
86	3RVLLGU	Emisión de certificación de termina	3w	18/01/99	05/02/99	Equipo Propio			0%		3w	ALAP
87	3RVLLHA	Project Buffer	27d	08/02/99	16/03/99				0%		27d	PROJECT BUFFER

GANNT CADENA CRITICA AL 50% DEL TIEMPO

Task #	Task Name	Duration	Safe Duration	Critical Ch
1	CASA EN LOS NARANJOS	51,3w	81,8w	No
2	Permisología	57d	0d	No
3	Solicitud de Variables	0,5w	1w	No
4	Estudio de Suelos y Estudios Topográficos	1w	2w	No
5	Actualización de Catastros(Cambio de Propietario)	2w	4w	Yes
6	Solicitud de Solvencias de Catastro	1d	1d	Yes
7	Factibilidad de Servicios de Aguas Blancas y Negras	2w	4w	No
8	Elaboración de Anteproyecto	1,5w	3w	No
9	Feeding Buffer	10d	0d	No
10	Aprobación de Anteproyecto por Ingeniería Municipal	2w	4w	Yes
11	PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	25,75d	40d	No
12	Planos de Arquitectura, Instalaciones, Losas y Fundacion	2,5w	5w	Yes
13	Computos Métricos	1,5d	3d	No
14	REVISION Y APROBACION DE PLANOS EN INGENIERÍA M	1,5w	3w	Yes
15	OTORGAMIENTOS DE PERMISOS DE CONSTRUCCION P	1,5d	3d	Yes
16	CONSTRUCCION	202,5d	0d	No
17	CIVIL	178d	0d	No
18	Solicitud de Presupuestos y Contratación de Compañía	0,75w	1,5w	No
19	Solicitud de Presupuestos para Movimiento de Tierra	0,6w	1,2w	Yes
20	Solicitud de Presupuestos para Plomería y Electricidad	1w	2w	No
21	Dotación y Obras de Servicios Básicos	5d	0d	No
22	Solicitud de Servicio Eléctrico (Proyecto) e instalación	1w	2w	No
23	Solicitud de Medidor de Hidrocapital	1w	2w	No
24	MOVIMIENTO DE TIERRA	1w	2w	Yes
25	INSTALACIONES PROVISIONALES (Electricidad, Aguas	14d	0d	No
31	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	66,5d	0d	No
32	FUNDACIONES (planteamiento,excavación, envigado	1w	2w	Yes
33	Tuberias de aguas blancas, negras, de lluvia y ventilac	2,5d	5d	Yes
34	Tuberias para Cableado Eléctrico y Tablero Principal, t	2d	4d	Yes
35	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL AVENIDA (realización d	2,5w	5w	Yes
36	ESTRUCTURA NIVEL PLANTA BAJA (levantamiento d	1,5w	3w	Yes
37	Colocación en losa de tuberias para aguas blancas y n	1,5d	3d	No
38	Feeding Buffer	2d	0d	No
39	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	1,5d	3d	Yes
40	Vaciado estructura planta Baja	1d	1d	Yes
41	ESTRUCTURA PLANTA ALTA (levantamientos de colu	1,5w	3w	Yes
42	Colocación en losa de Tuberias para aguas blancas y	1d	2d	Yes
43	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	1d	2d	Yes
44	Vaciado estructura planta alta	1d	1d	Yes

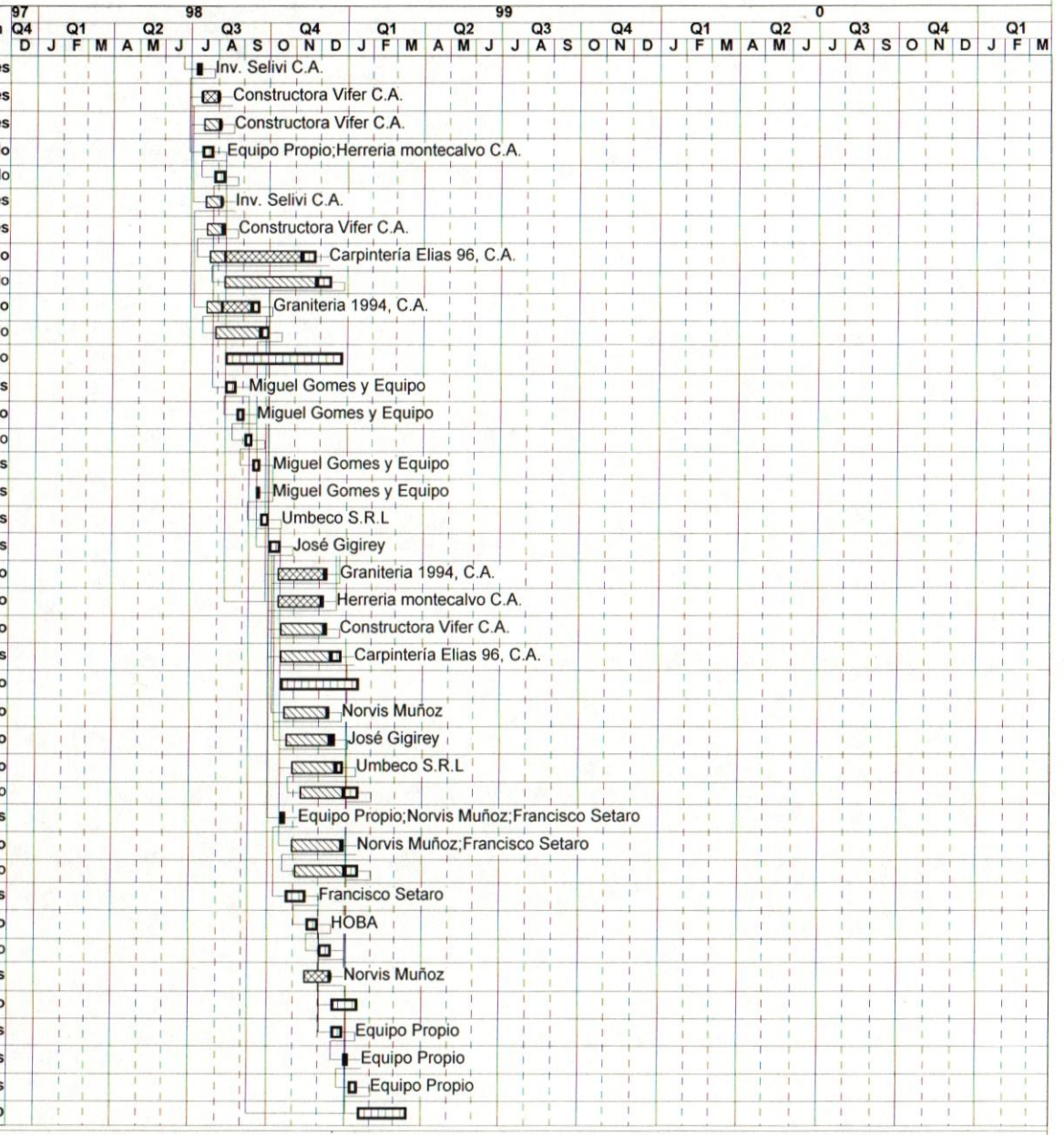


Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

GANNT CADENA CRITICA AL 50% DEL TIEMPO

Task #	Task Name	Duration	Safe Duration	Critical Ch
45	ESTRUCTURA EN TERRAZA	1w	2w	Yes
46	Colocación en losa de tuberias para aguas negras, tub	1,5d	3d	Yes
47	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	1,5d	3d	Yes
48	Presupuesto, Contratación y realización Herreria	2w	4w	No
49	Feeding Buffer	10d	0d	No
50	Vaciado de losa en terraza	1d	1d	Yes
51	ARMADO EN PAREDES DE RED DE TUBERIAS DE AGU	2,5d	5d	Yes
52	CONTRATACION Y REALIZACION DE CARPINTERIA	2,5w	5w	No
53	Feeding Buffer	13d	0d	No
54	CONTRATACION Y REALIZACION DE ESCALONES EN	1,5w	3w	No
55	Feeding Buffer	8d	0d	No
56	ALBAÑILERIA	99,5d	0d	No
57	Albañilería en planta nivel avenida incluyendo colocació	10d	20d	Yes
58	Albañileria en Primer Piso incluyendo colocación de mar	6,5d	13d	No
59	Feeding Buffer	7d	0d	No
60	Albañileria en Planta Alta incluyendo la colocación de m	6,5d	13d	Yes
61	Albañilería en planta de la terraza	3,5d	7d	Yes
62	Friso de Fachadas y áreas externas	1,5w	3w	Yes
63	Colocación de céramica en pisos y paredes	2w	4w	Yes
64	Colocación de Peldaños en Escaleras en Granito	2,5d	5d	No
65	Herreria en Ventanas e instalaciones en general	2,5d	5d	No
66	Instalaciones sanitarias y eléctricas en Paredes y Pisos (	3d	6d	No
67	Instalación de Carpinteria de puertas y closets	2w	4w	Yes
68	PINTURA Y REMATES EN GENERAL	66,5d	0d	No
69	Remates de Albañileria	0,4w	1w	No
70	Colocación de Canto rodado en áreas de circulación ext	1w	2w	No
71	Granito Proyectado en fachada	7d	10d	No
72	Feeding Buffer	13d	0d	No
73	Encamisado de Paredes	1w	2w	Yes
74	Lijado de Puertas y Closets	0,5w	1w	No
75	Feeding Buffer	12d	0d	No
76	Pinturas General	3,5w	7w	Yes
77	Contratación e instalación del sistema hidroneumático	10,5d	21d	No
78	Feeding Buffer	11d	0d	No
79	Siembra de Grama y colocación de matas en jardineras	1,5d	3d	Yes
80	TRAMITACION DE PERMISOS PARA HABITABILIDAD	22,5d	0d	No
81	Solicitud de conformidad sanitaria	2w	4w	Yes
82	Solicitud de inspección	1w	2w	Yes
83	Emisión de certificación de terminación de obras	1,5w	3w	Yes
84	Project Buffer	42d	0d	No



Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

DIAGRAMA DE RED CADENA CRITICA

Network Diagram Legend

Filter	Shape
Buffers	
Critical Chain	
<No Filter>	

Filter	Border	Fill
Parent		
Buffers		
Critical Chain		
<No Filter>		

Filter	Border
Critical Chain	
Buffers	
<No Filter>	

Task # WBS Code
Task Name
Task Name
Schedule Start Schedule Finish
Duration % Buffer Used

Task # Task Nam
Task Name
Task Name
Schedule Schedule
Duration % Buffer

Task #
Task Name
Task Name

DIAGRAMA DE RED CADENA CRITICA

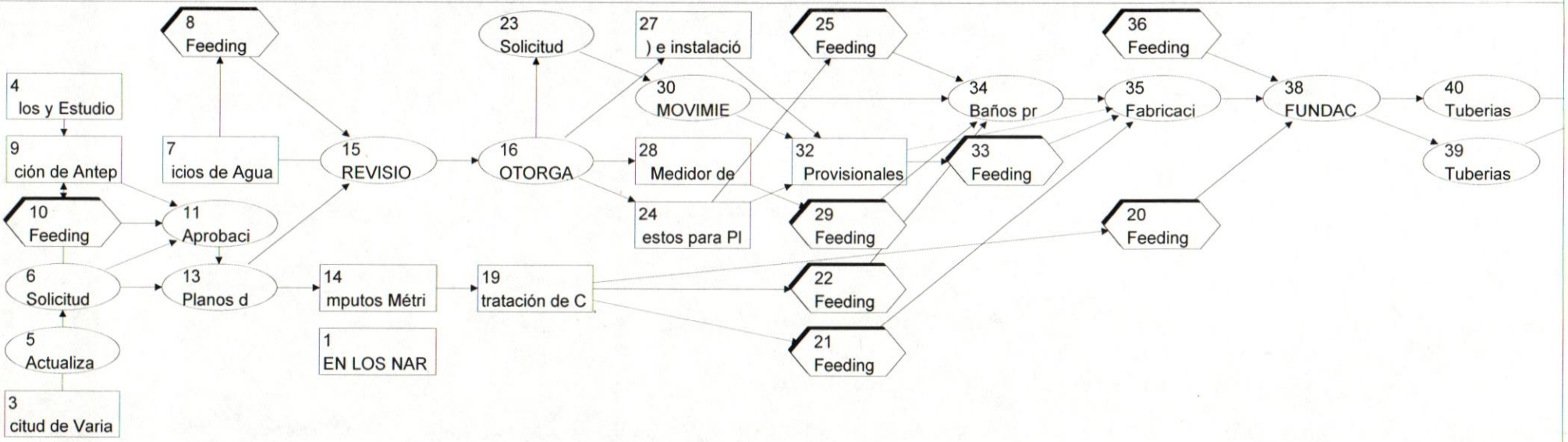


DIAGRAMA DE RED CADENA CRITICA

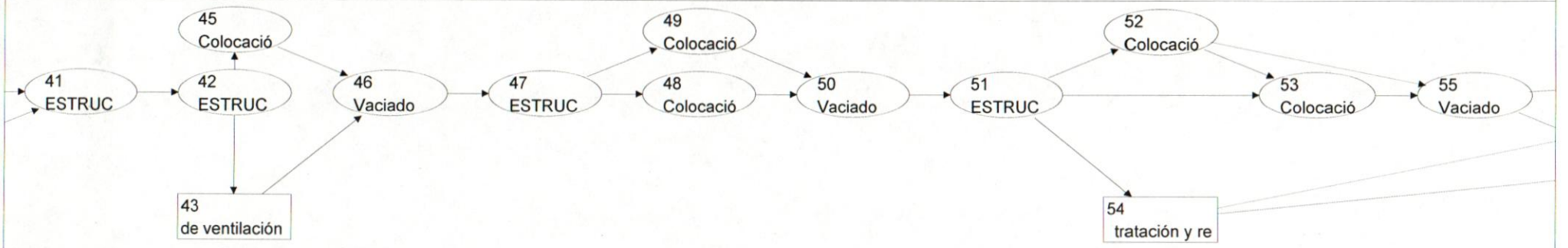


DIAGRAMA DE RED CADENA CRITICA

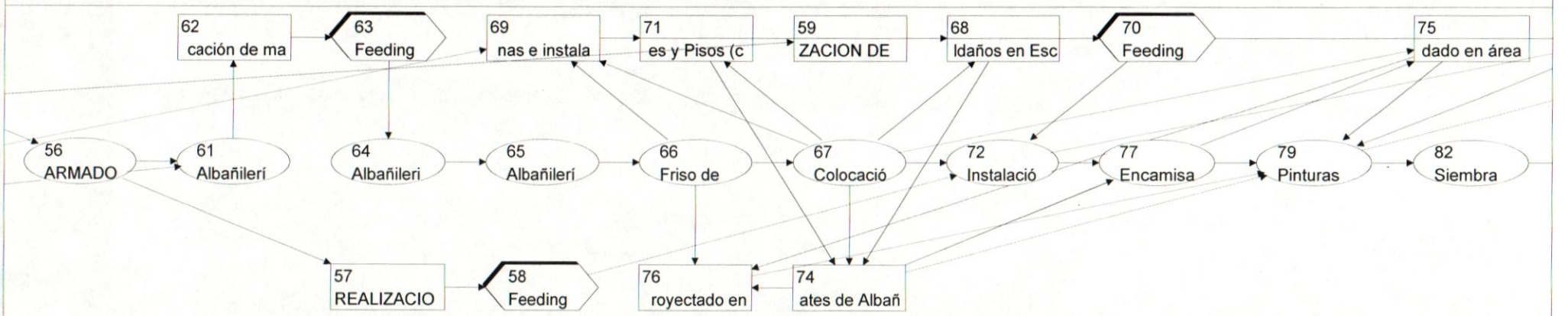
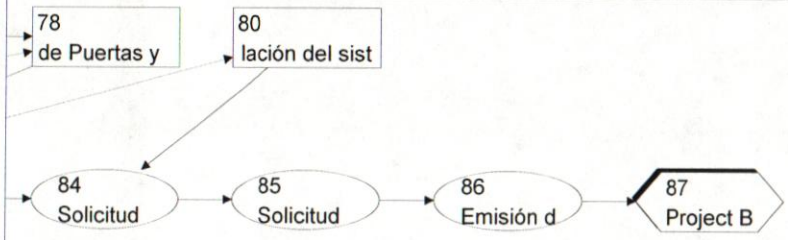
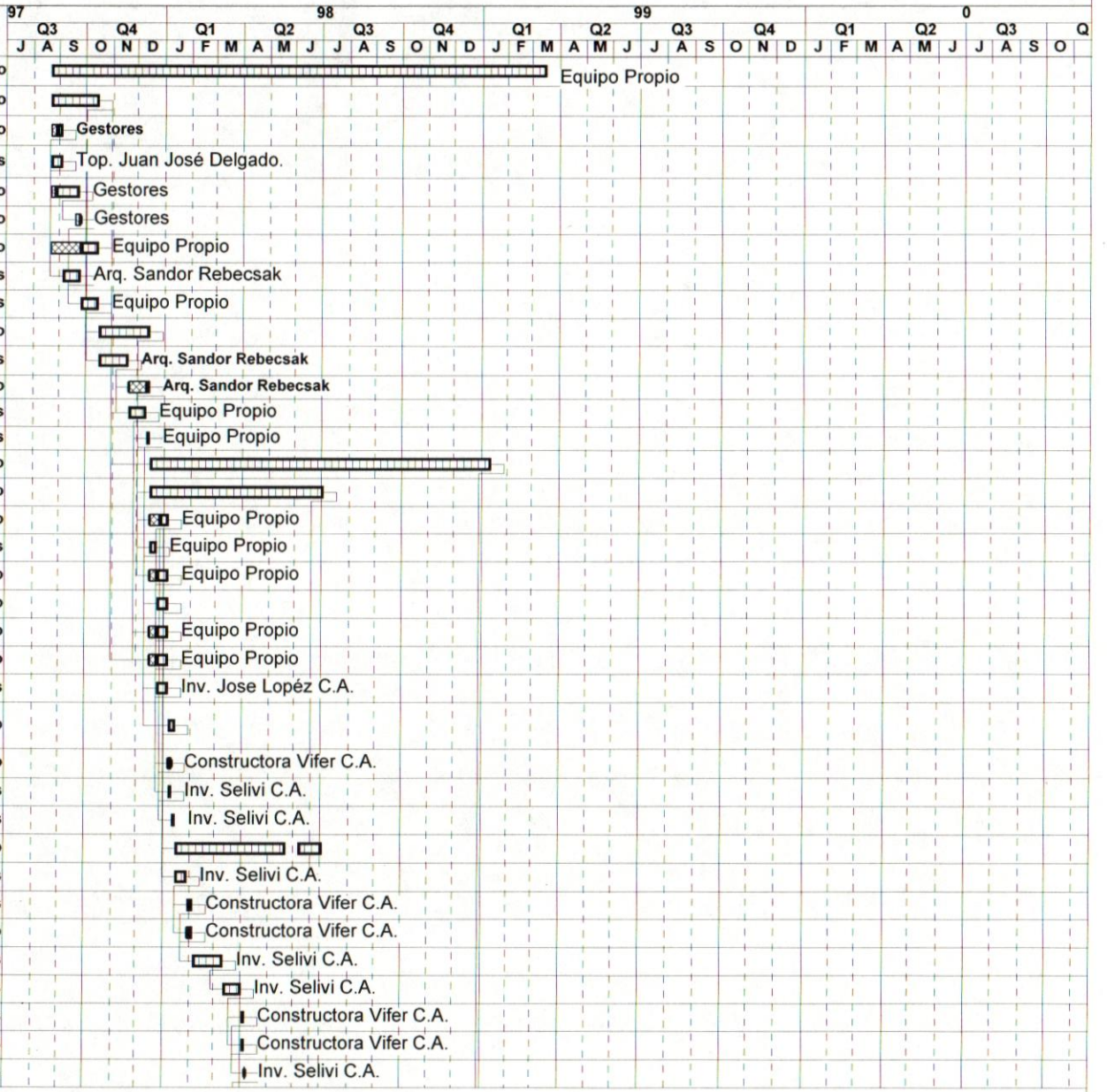


DIAGRAMA DE RED CADENA CRITICA



GANNT PROYECTO

Task #	Task Name	Duration	Critical
1	CASA EN LOS NARANJOS	81,8w	No
2	Permisología	40d	No
3	Solicitud de Variables	1w	No
4	Estudio de Suelos y Estudios Topográficos	2w	Yes
5	Actualización de Catastros(Cambio de Propietario)	4w	No
6	Solicitud de Solvencias de Catastro	1d	No
7	Factibilidad de Servicios de Aguas Blancas y Negras	3w	No
8	Elaboración de Anteproyecto	3w	Yes
9	Aprobación de Anteproyecto por Ingeniería Municipal	3w	Yes
10	PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	43d	No
11	Planos de Arquitectura, Instalaciones, Losas y Fundacione	5w	Yes
12	Computos Métricos	3d	No
13	REVISION Y APROBACION DE PLANOS EN INGENIERÍA M	3w	Yes
14	OTORGAMIENTOS DE PERMISOS DE CONSTRUCCION PA	3d	Yes
15	CONSTRUCCION	281d	No
16	CIVIL	143d	No
17	Solicitud de Presupuestos y Contratación de Compañía p	1,5w	No
18	Solicitud de Presupuestos para Movimiento de Tierra	1,2w	Yes
19	Solicitud de Presupuestos para Plomería y Electricidad	2w	No
20	Dotación y Obras de Servicios Básicos	10d	No
21	Solicitud de Servicio Eléctrico (Proyecto) e instalación	2w	No
22	Solicitud de Medidor de Hidrocapital	2w	No
23	MOVIMIENTO DE TIERRA	2w	Yes
24	INSTALACIONES PROVISIONALES (Electricidad, Aguas	6d	No
25	Instalación Provisionales Eléctricas	1d	No
26	Baños provisionales y duchas.	3d	Yes
27	Fabricación de Barracas para guachiman y deposito de	3d	Yes
28	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	121d	No
29	FUNDACIONES (planteamiento,excavación, envigado y	2w	Yes
30	Tuberias de aguas blancas, negras, de lluvia y ventilaci	5d	Yes
31	Tuberias para Cableado Eléctrico y Tablero Principal, t	4d	No
32	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL AVENIDA (realización de	5w	Yes
33	ESTRUCTURA NIVEL PLANTA BAJA (levantamiento de	3w	Yes
34	Colocación en losa de tuberias para aguas blancas y n	3d	Yes
35	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	3d	Yes
36	Vaciado estructura planta Baja	1d	Yes

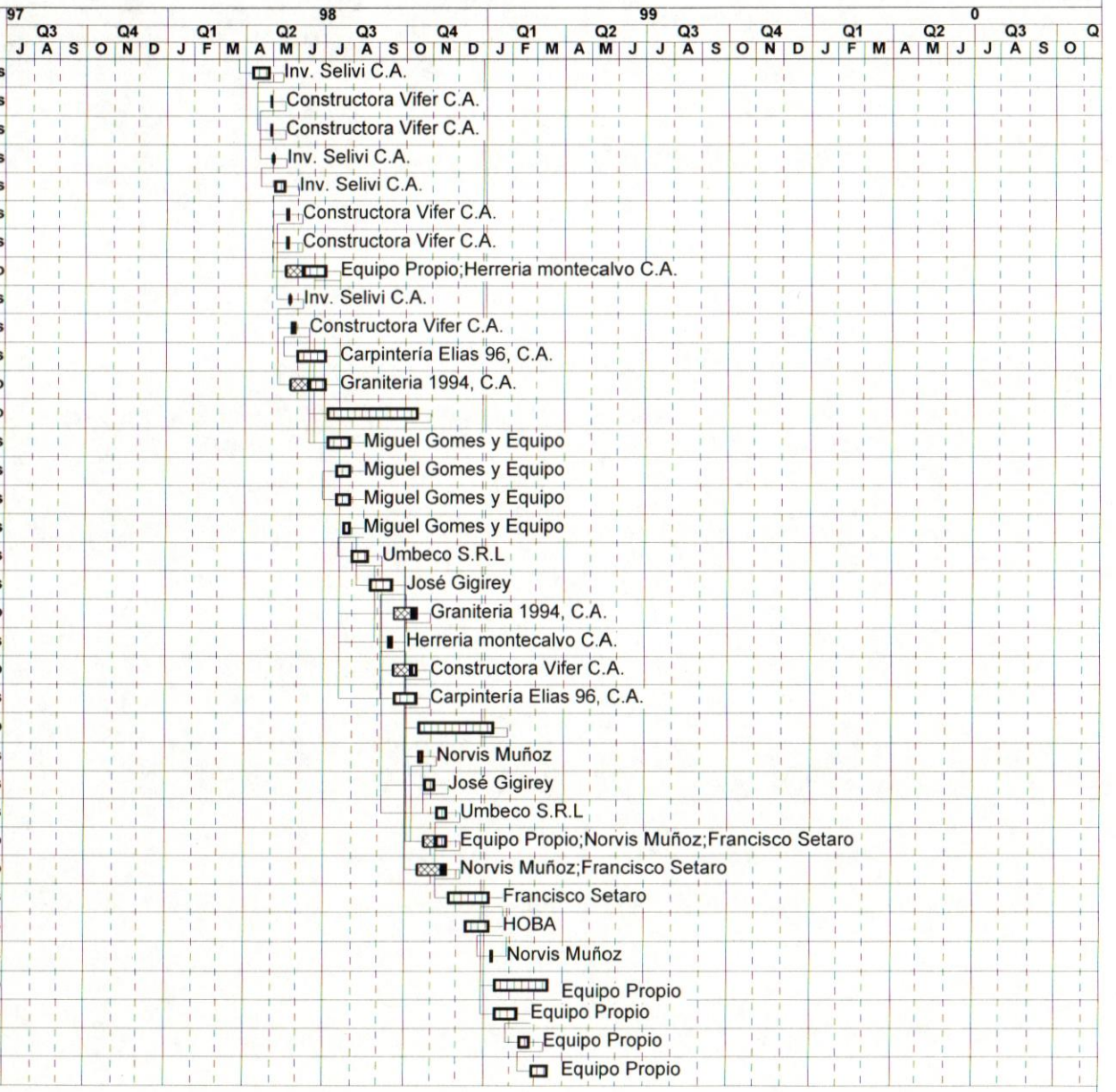


Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

GANNT PROYECTO

Task #	Task Name	Duration	Critical
37	ESTRUCTURA PLANTA ALTA (levantamientos de colu	3w	Yes
38	Colocación en losa de Tuberias para aguas blancas y n	2d	Yes
39	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	2d	Yes
40	Vaciado estructura planta alta	1d	Yes
41	ESTRUCTURA EN TERRAZA	2w	Yes
42	Colocación en losa de tuberias para aguas negras, tub	3d	Yes
43	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	3d	Yes
44	Presupuesto, Contratación y realización Herreria	4w	No
45	Vaciado de losa en terraza	1d	Yes
46	ARMADO EN PAREDES DE RED DE TUBERIAS DE AGUA	5d	Yes
47	CONTRATACION Y REALIZACION DE CARPINTERIA	5w	Yes
48	CONTRATACION Y REALIZACION DE ESCALONES EN G	3w	No
49	ALBAÑILERIA	75d	No
50	Albañileria en planta nivel avenida incluyendo colocació	20d	Yes
51	Albañileria en Primer Piso incluyendo colocación de mar	13d	Yes
52	Albañileria en Planta Alta incluyendo la colocación de m	13d	Yes
53	Albañileria en planta de la terraza	7d	Yes
54	Friso de Fachadas y áreas externas	3w	Yes
55	Colocación de céramica en pisos y paredes	4w	Yes
56	Colocación de Peldaños en Escaleras en Granito	5d	No
57	Herreria en Ventanas e instalaciones en general	5d	Yes
58	Instalaciones sanitarias y eléctricas en Paredes y Pisos (	6d	No
59	Instalación de Carpinteria de puertas y closets	4w	Yes
60	PINTURA Y REMATES EN GENERAL	63d	No
61	Remates de Albañileria	1w	Yes
62	Colocación de Canto rodado en áreas de circulación exte	2w	Yes
63	Granito Proyectado en fachada	10d	Yes
64	Encamisado de Paredes	2w	No
65	Lijado de Puertas y Closets	1w	No
66	Pinturas General	7w	Yes
67	Contratación e instalación del sistema hidroneumático	21d	Yes
68	Siembra de Grama y colocación de matas en jardineras	3d	Yes
69	TRAMITACION DE PERMISOS PARA HABITABILIDAD	45d	No
70	Solicitud de conformidad sanitaria	4w	Yes
71	Solicitud de inspección	2w	Yes
72	Emisión de certificación de terminación de obras	3w	Yes

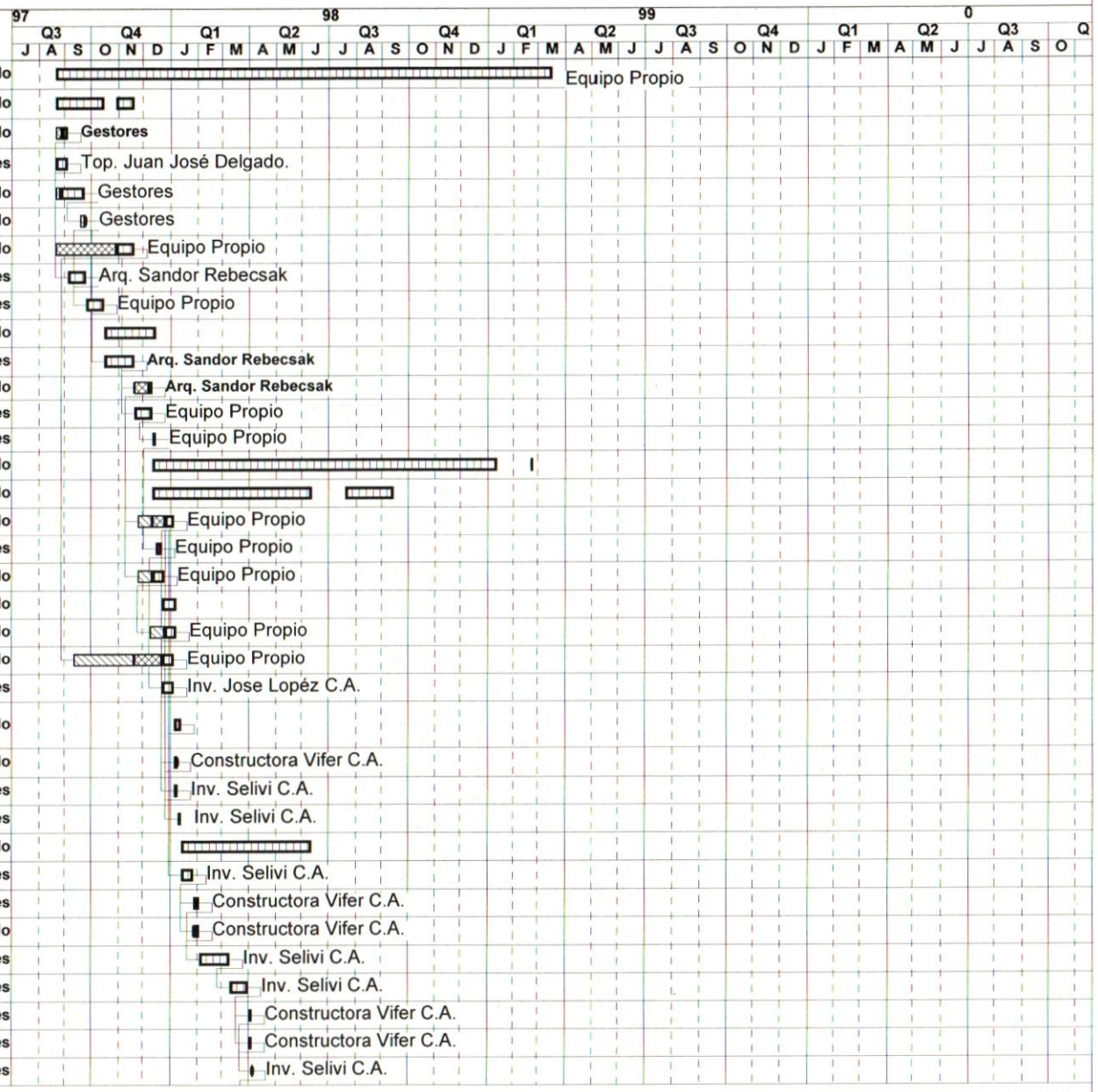


Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

GANNT PROYECTO

Task #	Task Name	Duration	Critical
1	CASA EN LOS NARANJOS	81,8w	No
2	Permisología	65d	No
3	Solicitud de Variables	1w	No
4	Estudio de Suelos y Estudios Topográficos	2w	Yes
5	Actualización de Catastros(Cambio de Propietario)	4w	No
6	Solicitud de Solvencias de Catastro	1d	No
7	Factibilidad de Servicios de Aguas Blancas y Negras	3w	No
8	Elaboración de Anteproyecto	3w	Yes
9	Aprobación de Anteproyecto por Ingeniería Municipal	3w	Yes
10	PLANOS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	43d	No
11	Planos de Arquitectura, Instalaciones, Losas y Fundacione	5w	Yes
12	Computos Métricos	3d	No
13	REVISION Y APROBACION DE PLANOS EN INGENIERÍA M	3w	Yes
14	OTORGAMIENTOS DE PERMISOS DE CONSTRUCCION PA	3d	Yes
15	CONSTRUCCION	313,42d	No
16	CIVIL	198d	No
17	Solicitud de Presupuestos y Contratación de Compañía p	1,5w	No
18	Solicitud de Presupuestos para Movimiento de Tierra	1w	Yes
19	Solicitud de Presupuestos para Plomería y Electricidad	2w	No
20	Dotación y Obras de Servicios Básicos	12d	No
21	Solicitud de Servicio Eléctrico (Proyecto) e instalación	2w	No
22	Solicitud de Medidor de Hidrocapital	2w	No
23	MOVIMIENTO DE TIERRA	2w	Yes
24	INSTALACIONES PROVISIONALES (Electricidad, Aguas	6d	No
25	Instalación Provisionales Eléctricas	1d	No
26	Baños provisionales y duchas.	3d	Yes
27	Fabricación de Barracas para guachiman y deposito de	3d	Yes
28	ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	106,5d	No
29	FUNDACIONES (planteamiento,excavación, envigado y	2w	Yes
30	Tuberias de aguas blancas, negras, de lluvia y ventilaci	5d	Yes
31	Tuberias para Cableado Eléctrico y Tablero Principal, t	4d	No
32	ESTRUCTURA PLANTA NIVEL AVENIDA (realización de	5w	Yes
33	ESTRUCTURA NIVEL PLANTA BAJA (levantamiento de	3w	Yes
34	Colocación en losa de tuberias para aguas blancas y n	3d	Yes
35	Colocación de Tuberias eléctricas para puntos electric	3d	Yes
36	Vaciado estructura planta Baja	1d	Yes



Default Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone | Required Date

Parent Complete | Complete Milestone | Remaining | Remaining Milestone

INDICE DE PRECIOS DE INSUMOS DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICADO SEGUN NIVELES PRODUCTOR Y MAYORISTA
Serie desde Octubre 1993

(Base: 1984 = 100)

		Productor	Mayorista
2001	(*)		
Mayo		12.151,3	13.994,0
Abril		12.109,5	13.951,9
Marzo		12.048,1	13.880,8
Febrero		11.980,2	13.807,1
Enero		11.883,5	13.671,3
2000		**11.452,0**	**13.062,7**
Diciembre		11.861,7	13.597,5
Noviembre		11.852,5	13.546,6
Octubre		11.817,4	13.431,1
Septiembre		11.753,7	13.296,1
Agosto		11.628,3	13.163,8
Julio		11.476,3	13.239,7
Junio		11.385,6	13.036,8
Mayo		11.359,7	12.999,9
Abril		11.264,2	12.909,5
Marzo		11.217,9	12.665,6
Febrero		11.058,7	12.534,0
Enero		10.748,1	12.331,8
1999		**10.147,4**	**11.545,5**
Diciembre		10.601,8	12.102,2
Noviembre		10.539,6	12.021,7
Octubre		10.474,7	11.870,9
Septiembre		10.381,3	11.813,0
Agosto		10.205,8	11.589,3
Julio		10.132,8	11.528,2
Junio		10.083,4	11.367,9
Mayo		10.145,3	11.413,6
Abril		10.008,2	11.333,1
Marzo		9.960,4	11.317,3
Febrero		9.757,4	11.175,4
Enero		9.477,8	11.013,5
1998		**8.875,2**	**10.222,8**
Diciembre		9.448,5	10.907,7
Noviembre		9.415,5	10.853,4
Octubre		9.372,4	10.810,2
Septiembre		9.331,3	10.719,1
Agosto		9.213,4	10.593,0

INDICE DE PRECIOS DE INSUMOS DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICADO SEGUN NIVELES PRODUCTOR Y MAYORISTA
Serie desde Octubre 1993

(Base: 1984 = 100)

	Productor	Mayorista
Julio	9.037,2	10.470,5
Junio	8.732,4	10.142,9
Mayo	8.629,7	10.056,4
Abril	8.523,2	9.853,4
Marzo	8.452,2	9.673,5
Febrero	8.255,7	9.347,3
Enero	8.091,5	9.245,6
1997	**7.365,2**	**8.517,0**
Diciembre	7.911,9	9.086,6
Noviembre	7.871,7	9.030,6
Octubre	7.764,6	8.950,9
Septiembre	7.650,6	8.857,9
Agosto	7.569,6	8.798,1
Julio	7.445,3	8.571,0
Junio	7.313,7	8.459,3
Mayo	7.210,6	8.329,4
Abril	7.029,2	8.156,5
Marzo	6.972,0	8.087,7
Febrero	6.902,3	8.002,1
Enero	6.740,5	7.873,8
1996	**5.473,8**	**6.526,6**
Diciembre	6.543,5	7.671,3
Noviembre	6.434,8	7.598,4
Octubre	6.383,7	7.542,6
Septiembre	6.294,3	7.473,1
Agosto	6.254,3	7.424,1
Julio	5.974,4	7.125,0
Junio	5.867,0	7.010,0
Mayo	5.723,9	6.817,7
Abril	4.484,4	5.482,7
Marzo	4.121,7	4.963,5
Febrero	3.939,7	4.775,8
Enero	3.663,5	4.434,8
1995	**2.436,5**	**2.849,4**
Diciembre	2.823,5	3.405,1
Noviembre	2.636,3	3.077,6
Octubre	2.553,6	2.983,6
Septiembre	2.500,6	2.905,4