

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
CONSTRUCTIVOS, PROGRAMA DE
ACTIVIDADES, CONTROL DE PERSONAL Y
TIEMPOS DE EJECUCIÓN EN PROYECTOS
RESIDENCIAL DE SAN JORGE MUXBAL

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
CONSTRUCTIVOS, PROGRAMA DE
ACTIVIDADES, CONTROL DE PERSONAL Y
TIEMPOS DE EJECUCIÓN EN PROYECTOS
RESIDENCIAL DE SAN JORGE MUXBAL

Trabajo de investigación presentado por Oscar Armando Guerra Arriaga
para optar el grado académico de Ingeniero Civil

Guatemala

2007

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
CONSTRUCTIVOS, PROGRAMA DE
ACTIVIDADES, CONTROL DE PERSONAL Y
TIEMPOS DE EJECUCIÓN EN PROYECTOS
RESIDENCIAL DE SAN JORGE MUXBAL

Trabajo de investigación presentado por Oscar Armando Guerra Arriaga
para optar el grado académico de Ingeniero Civil

Guatemala

2007

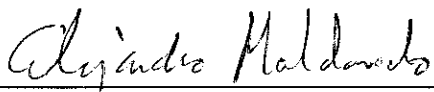
BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Vo. Bo.:

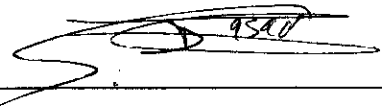
(f) 

Ing. Carlos Rafael Gramajo Álvarez

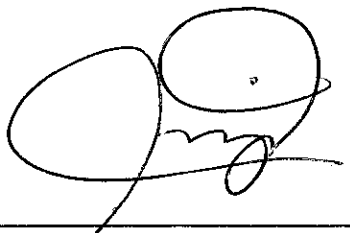
Tribunal Examinador:

(f) 

Ing. Alejandro Maldonado Lutomirsky

(f) 

Ing. Sergio Danilo Casado Hernández

(f) 

Ing. Carlos Rafael Gramajo Álvarez

Guatemala, 08 de noviembre 2007

Prefacio

Debido a la gran cantidad de actividades que se realizan dentro de la construcción, se escogió un proyecto residencial que presenta varios factores importantes en la ejecución. Existen actividades que estaban programadas para realizarse y otras que surgieron debido a algunos inconvenientes.

El programa de actividades, los procedimientos que se realizaron, las mediciones, y demás información pertenecen a la administración del proyecto. Se agradece de antemano al Ingeniero Luis Fernando Montenegro de la empresa Corporación Dinámica, a la empresa constructora CCGroup y a los Ingenieros Roberto Arango y Roberto Quiñónez por su asesoría durante la administración de este proyecto.

El autor agradece también al Ingeniero Carlos Gramajo y por su asesoría en este trabajo de graduación.

Tabla de contenido

Prefacio	v
Índice de Ilustraciones	vii
Resumen	viii
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Administración de proyectos	4
4. Herramienta utilizada para la programación de actividades	17
5. Resultados de la buena administración	18
6. Descripción general del proyecto Muxbal	21
7. Conclusiones	39
8. Recomendaciones	41
Bibliografía	45

Índice de ilustraciones

Figura 1. Créditos bancarios para diferentes actividades (en millones de quetzales).....	1
Figura 2. Créditos por actividades económicas en porcentajes.....	1
Figura 3. Herramientas de la administración (Koontz & Weihrich, 2004).....	4
Figura 4. Formato de boleta de requisiciones.....	10
Figura 5. Medición del desempeño en la construcción. (EAFIT).....	13
Figura 6. Formato de cuantificación de mano de obra.....	18
Figura 7. Proceso de control de diseño. (CYPE Ingenieros, S. A.).....	20
Figura 8. Fragmento de programa de actividades.....	23
Figura 9. Resultados del estudio de suelos (Leon, 2007).....	25
Figura 10. Variables a considerar para extracción de material.....	25
Figura 11. Caso 1. Alquiler por día de retroexcavadora y pago de camiones.....	26
Figura 12. Caso 2. Alquileres por día de retroexcavadora y pago de camiones.....	27
Figura 13. Colocación de geotextil para drenaje francés.....	29
Figura 14. Fragmento de ruta crítica.....	30
Figura 15. Programa de actividades para acabados.....	34
Figura 16. Programa real de acabados.....	35

Resumen

El propósito de realizar este trabajo es considerar algunas herramientas de la administración de proyectos y adecuarlas a la administración de una obra de construcción. Hay algunas diferencias entre la administración de una empresa de producción y una empresa constructora. Por ejemplo, una diferencia singular es que con el propósito de reducir tiempos de entrega y disminuir al máximo el desperdicio cuando se fabrica un producto, las empresas optan por procedimientos mecánicos; el producto se desplaza por diferentes procesos para luego ser empacado y listo para su distribución. Este procedimiento simplifica mediciones de material y mano de obra necesarios, ya que se determina el número exacto de actividades y la cantidad de insumos que interviene en éstas.

En una obra en construcción el producto es estático y es el personal que se desplaza dentro de la obra para efectuar sus actividades. No son procesos mecánicos que se llevan a cabo por el personal de la obra, sino que todo trabajo de construcción está afecto a condiciones climáticas, permisos municipales, participación de empresas subcontratadas, conservación del medio ambiente, etc.

Por lo tanto, es interés de las empresas constructoras crear una administración adecuada para lograr programas eficaces y eficientes, y como resultado de esto ser competitivos en un mercado amplio. Y es el interés de este trabajo exponer herramientas para optimizar los procesos constructivos, mejorar el control de personal en las obras de construcción de viviendas y administrar mejor los insumos.

1. Introducción

En Guatemala ha aumentado considerablemente la industria de la construcción. Actualmente la construcción de viviendas, centros comerciales, edificios de oficinas y apartamentos, ocupan una de las mayores fuerzas laborales del país.

El crédito monetario que los bancos están proporcionando ha aumentado en el sector de la construcción. Estas son las estadísticas según *Prensa Libre* hasta el día 17 de septiembre de 2007:

Figura 2. Crédito por principales actividades económicas (en millones de quetzales)

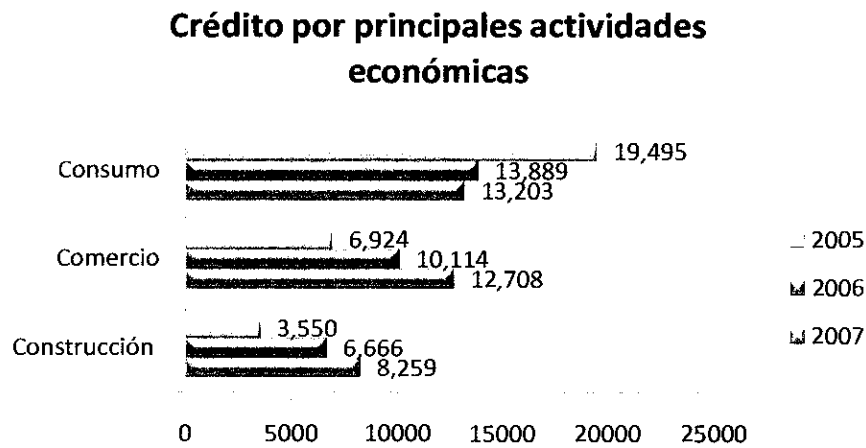
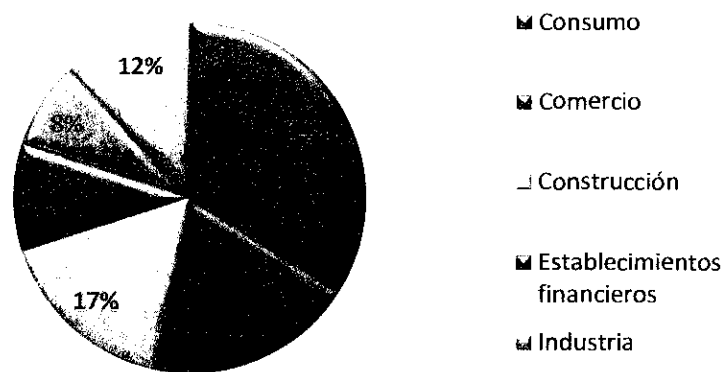


Figura 3. Crédito por actividad económica del 2007

Crédito por actividad económica del 2007



Es interesante notar que los créditos en el sector de construcción sobrepasan al sector de industria. Y ha tenido un alza significativa en los últimos tres años. La ventaja que tiene el sector de la construcción para el alza de la economía de un país es que mucha gente se ve involucrada en el proceso. No sólo en el proceso constructivo sino también mucho después de terminado éste. La constructora termina la obra gris y muy probable que le corresponda administrar a las empresas involucradas en los acabados finales. Pero luego de esto quedan las empresas a las que el cliente acude para compra de muebles, lámparas, alfombras, cortinas, espejos, adornos, etc. Todo lo que necesiten para equipar su vivienda u oficina.

Aunque este aspecto es esencial para el desarrollo, surgen algunas cuestiones que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar un proyecto. Los costos y el tiempo son dos factores primordiales en la administración; y una empresa debe optimizar estos dos para conseguir la mayor utilidad posible y mantenerse dentro del mercado.

Desde el inicio hasta la entrega del proyecto hay factores determinantes para el cumplimiento del tiempo estipulado en un contrato. En este trabajo se consideraran factores internos que pueden afectar el cumplimiento de metas en una obra en construcción así como también factores externos que pueden surgir durante el transcurso de la ejecución. El cumplimiento de metas y la entrega del proyecto a tiempo es el resultado de una excelente administración. Para lograr administrar el proyecto con excelencia se necesita tener muy presentes las actividades críticas dentro de la ejecución de éste. Algunos de los factores internos a considerar son el personal que actúa directamente dentro de la obra: albañiles, ayudantes, bodeguero, planillero, ingeniero residente e ingeniero supervisor. Dentro de los factores externos están los siguientes: contratistas, cambios climáticos, permisos y renta de maquinaria y equipo.

Se tomará como ejemplo un proyecto residencial en un sector de alta plusvalía. Para este proyecto las actividades críticas en la construcción de las viviendas serían: Preparar armadura, levantado de muros, armado y fundición de losas. Se entiende que para realizar estas actividades se deben cumplir algunas otras de menos importancia, pero que influyen en el número de obreros y el tiempo de ejecución.

El propósito de este trabajo es explicar las diferentes fases en la construcción y cómo se puede cambiar los procedimientos que se estén utilizando para optimizar los procesos. Teniendo en mente la filosofía que toda actividad tiene una forma distinta de realizarse y estar en búsqueda continua de mejorar.

2. Objetivos

2.1. Objetivos generales

- Cumplir metas y tiempos de ejecución en un proyecto utilizando los parámetros encontrados en este trabajo escrito.
- Disminuir los errores que se puedan incurrir cuando se administra un proyecto.
- Facilitar herramientas la administración de un proyecto en construcción.

2.2. Objetivos específicos

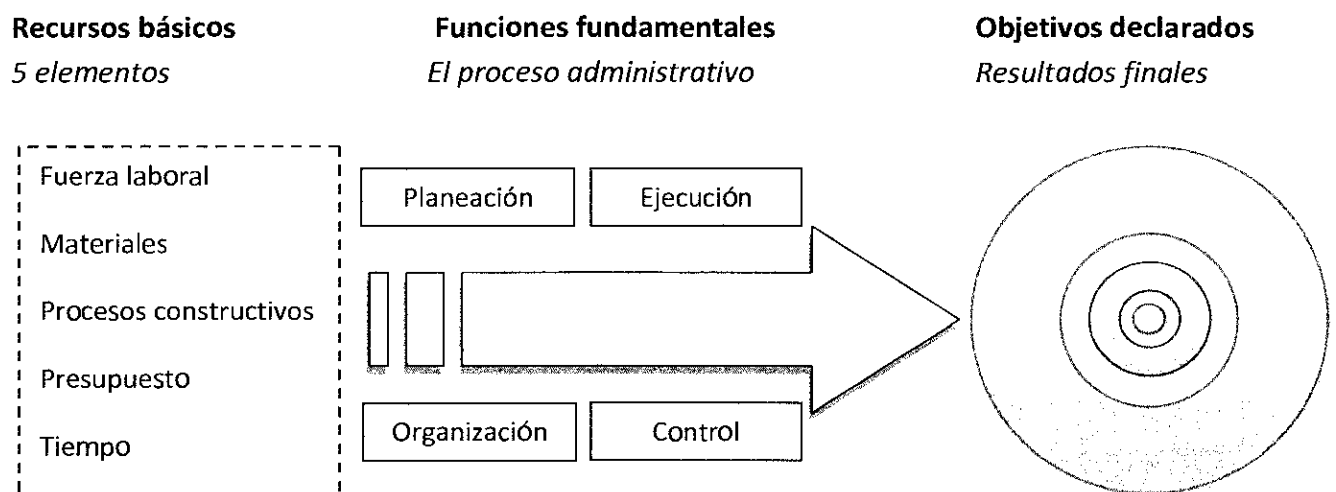
- Crear capacidad para analizar los diferentes procesos de construcción, visualizar cada paso para poder conseguir el resultado deseado.
- Especificar las actividades constructivas e indicar procedimientos indispensables; programación de pedidos de material, cuantificación de material y que esté a tiempo en la obra.
- Coordinar al personal de acuerdo a las actividades a realizar, así como precio de mano de obra, relación con subcontratistas, optimizar procedimientos constructivos.

3. Administración de proyectos

3.1 Definición de administración

<<La administración es un proceso muy particular consistente en la actividades de planeación, organización, ejecución y control desempeñadas para determinar y alcanzar los objetivos señalados con el uso de seres humanos y otros recursos>> (Terry, 1987). Existen otras herramientas que se utilizan para lograr una mejor administración. A continuación se muestran algunas de ellas en la Figura 3.

Figura 3. Herramientas de la administración (Koontz & Weihrich, 2004)



Con base a la figura anterior, se puede determinar que, el propósito de la administración es alcanzar un objetivo, tiene que existir una meta a la cual dirigirse. La meta que se tiene en un proyecto. Hay herramientas que se pueden utilizar para alcanzar este objetivo. En este trabajo se enfatizaran la administración por objetivos o administraciones por resultados, como se explica a continuación.

Para llevar a cabo la administración por objetivos o administraciones por resultados se debe primero, establecer los objetivos, esto es la base para cualquier proyecto. Luego, se deben enumerar las actividades y tareas necesarias a realizar, junto con los medios para ejecutarlas.

Adicionalmente, se debe intentar anticipar cualquier tipo de problema que pueda surgir en el transcurso de la ejecución del proyecto y lleva a cabo una buena suspensión.

3.2 Planificación

<<La planificación constituye un proceso mediador entre el futuro y el presente. [...] El futuro es incierto puesto que lo que ocurrirá mañana no es tan solo una consecuencia de muchas variables cambiantes, sino que fundamentalmente dependerá de la actitud que adopten los hombres en el presente, pues ellos son, en definitiva los que crean esas variables>>. (Sapag & Sapag, 2003).

Partiendo de esta definición, se deben planificar las actividades a realizar dentro de las siguientes semanas, buscando cumplir con los siguientes objetivos:

- **Eficacia en los procesos**

El ser eficaz conlleva cumplir a cabalidad con la fecha programa desde un inicio. Un programa de actividades puede ser eficaz más no eficiente, es decir, que se puede entregar en el tiempo acordado pero si se aumentan los costos, entonces no se obtiene la eficiencia. Por ejemplo que se necesite cancelar horas extras o contratar más personal del previsto.

- **Eficiencia en los procesos**

El ser eficiente significa optimizar las herramientas utilizadas para el desarrollo de una actividad, disminuir costos y aumentar productividad. El ser eficiente no precisamente conlleva a ser eficaz, es decir, puede controlar muy bien los costos y ser muy productivo pero no cumplir con la fecha de entrega.

- **Costo de la inversión**

Este renglón se refiere al costo que lleva el iniciar una actividad. Abarca mano de obra y materiales, se debe contar con este dinero para realizarlas.

- **Mano de obra**

Actuar anticipadamente es uno de los propósitos de la planificación y para llevar a cabo a cabo alguna actividad es necesario contar con el personal necesario.

- **Materiales**

Se debe realizar el pedido completo de materiales para iniciar cualquier actividad contractiva.

Luego de haber analizado los objetivos de la planificación, el siguiente paso es realizar un recorrido por cada actividad a efectuarse durante el proceso constructivo, imaginando que se estuviera llevando a cabo en este momento. A la vez, pueden repasar los objetivos al hacerse preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo esta actividad puede realizarse eficazmente cumpliendo con el tiempo estipulado en el programa?
- Aunque la actividad haya cumplido el tiempo del programa, ¿cómo se puede mejorar el rendimiento del personal a cargo al igual que el material que se utiliza en el proceso? ¿Cómo se puede optimizar el uso de herramienta y equipo?
- ¿Cuál es el costo de esta actividad? ¿Cómo se pueden controlar los costos de esta actividad? ¿Cómo puedo evitar el desperdicio y disminuir costos?
- ¿Qué cantidad de personal es necesario para esta actividad? A pesar que se han realizado actividades similares antes, ¿se puede reducir el personal? ¿Hay exceso de personal en la obra?
- ¿Qué materiales son necesarios para esta actividad? ¿Qué cantidad de material se debe solicitar? ¿Se necesita algún material de cierta marca o alguna especificación adicional?

Repasar estas preguntas en cada renglón debe tener como consecuencia un cambio positivo significativo dentro de la obra.

A continuación algunos ejemplos para explicar la importancia de realizar las preguntas anteriores.

- ¿Cómo esta actividad puede realizarse eficazmente, cumpliendo con el tiempo estipulado en el programa? Es muy importante cumplir el tiempo estipulado en el programa. Para ello se debe realizar un programa confiable y no sobre valorar el personal o las herramientas con las que se cuentan. Muchas veces, con el propósito de reducir el tiempo de entrega, se reduce demasiado el tiempo en cada actividad, sin embargo hay que tener cuidado y ser realistas al hacer el programa para cumplirlo a cabalidad. Una forma en la que se puede guiar una persona al contemplar tiempos de ejecución es considerar el presupuesto, por ejemplo, si existe una cantidad específica de dinero asignada para cierta actividad, en concepto de mano de obra, se puede medir el rendimiento que debería tener un albañil en realizarla, y con base a ello programarla adecuadamente.
- Aunque la actividad haya cumplido el tiempo del programa, ¿cómo se puede mejorar el rendimiento del personal a cargo al igual que el material que se utiliza en el proceso? ¿Cómo se puede optimizar el uso de herramienta y equipo? Si se cumple

con el tiempo estipulado en el programa, el siguiente paso es determinar si se continúa dentro del presupuesto. Es muy fácil asignar más personal del que se necesita para efectuar algunas actividades. Se puede tomar como ejemplo una actividad sencilla: el repello. Para el repello se pueden organizar grupos de 2 ó más albañiles y que cada pareja tenga un ayudante. Teniendo como referencia que un albañil es capaz de repellar más de 8 mts² diarios (debido a mediciones realizadas previamente dentro de la obra), se considera que un buen precio para incentivarlos es de Q. 16.00 el m². Pagándoles así Q. 128.00 diarios. De esta manera se llega a conseguir mejorar el rendimiento del personal en obra, queriendo completar más área de repello. Ahora, ¿cómo se puede optimizar el uso de herramienta y equipo? Se puede considerar el típico problema que surgen en las obras de construcción: el acarreo de material hacia un segundo nivel. Aquí es donde se consigue mejorar el uso de herramienta y equipo. Con el simple hecho de utilizar una carretilla para acarrear material se está simplificando una actividad. Pero, ¿qué sucede si el lugar es difícil de transitar con una carretilla de mano, o si no existen rampas para subir al segundo nivel? Facilitar estas cuestiones hace que se inste al personal a ser productivos.

- ¿Cuál es el costo de esta actividad? ¿Cómo se pueden controlar los costos de esta actividad? ¿Cómo puedo evitar el desperdicio y disminuir costos? Tener presente el costo de cada actividad es muy importante antes de llevarla a cabo. No se puede pretender realizar una actividad asumiendo que todo lo necesario está previsto. Si no se lleva control del presupuesto, lo más probable es que al final, cuando los números empiecen a cuadrar, estos reflejen cantidades negativas. El residente de obra es el responsable de administrar bien su capital, para esto debe realizar un presupuesto de cada actividad y verificar que cuadre con el presupuesto inicial. Luego de revisar este presupuesto debe planificar la cantidad de personal, material, herramienta y equipo necesario para cada actividad. Si el presupuesto resulta que es insuficiente para la actividad, es necesario considerar algunas actividades alternas: cambio de diseño estructural, cambio de materiales a utilizar, incluso considerar otros proveedores de material. Ya sea que se cuente con suficiente presupuesto o que éste sea restringido (como en la mayoría de los casos), se debe también evitar el desperdicio para lograr disminuir los costos. Remover material de un lugar a otro es una actividad común dentro de las obras en construcción. Esto acarrea pérdidas en material y mano de obra. Es importante que, cuando se necesita recibir material, se debe planificar colocarlo en un lugar accesible y cercano a donde se vaya a realizar la actividad siguiente. Si se tiene planificado fundir algún elemento estructural y se puede dejar previsto ese cemento cerca de donde se va a realizar la fundición, se

está economizando el acarreo de este material. Si se consideró tener la arena y el piedrín lejos de donde se va a fundir o en cierto momento estos montículos de material llegaran a estorbar, este acarreo se considera pérdida de material y mano de obra.

- ¿Qué cantidad de personal es necesario para esta actividad? A pesar que se han realizado actividades similares antes, ¿se puede reducir el personal? ¿Hay exceso de personal en la obra? Para calcular la cantidad de personal necesario en cada actividad, se puede considerar el hecho de haber efectuado esta actividad anteriormente (aunque en este caso también se considera el aspecto del aprendizaje, tema que se tratará más adelante). Si no se ha efectuado esta actividad con anterioridad, se puede determinar tiempos de ejecución mediante ensayo y error. Para lograr este objetivo se puede evaluar al personal que inició la actividad. Por ejemplo, si se desea levantar un muro de 20 m² en 5 días se puede iniciar con 2 albañiles y 1 ayudante. La velocidad de levantado puede variar por las dimensiones del block o ladrillo y del acabado en la pared. Al final del primer día se puede medir el área cubierta individualmente y ponerles de meta un 15% más para el día siguiente. Teniendo el área de levantado diario se calcula en cuánto tiempo levantan los 20 m² y si es necesario contratar más personal.

El exceso de personal en la obra es un problema común, sobre todo en grandes edificaciones. Esto sucede generalmente en el caso de los ayudantes ambulantes. Hay actividades que realizan ellos como acarrear material, mantener limpia el área de trabajo, ordenar, contar, distribuir material, etc. Para evitar el exceso de ayudantes ambulantes es importante determinar sus actividades durante la semana. De esta manera se puede evaluar si es necesario contar con ellos por el momento.

- ¿Qué materiales son necesarios para esta actividad? ¿Qué cantidad de material se debe solicitar? ¿Se necesita algún material de cierta marca o alguna especificación adicional? Al visualizar las actividades a realizar, se puede repasar mentalmente cada paso dentro de la actividad y así determinar el material necesario. Las especificaciones en cantidades de material generalmente las especifica el proveedor del producto, por lo cual es importante conocer el producto que se está utilizando para utilizarlo adecuadamente y no generar desperdicio. Para cuantificar la cantidad de material a solicitar se realiza partiendo de longitudes, áreas o volúmenes según sea el caso. Finalmente, se debe considerar las variantes entre elementos similares, por ejemplo, una losa de entepiso no requiere impermeabilizante, mientras que una losa de techo sí, por lo tanto, es importante considerar esta variante cuando se efectúe esta actividad, para no ocasionar atraso en las actividades.

1. Resultados de mala planificación. Basado en la experiencia en construcción de viviendas, se considera que la mayor cantidad de problemas en un obra proviene de dos actividades:

- Re-procesos
- Falta de Material

- **Re-procesos**

Re-procesos se refiere a la reparación o afinación de alguna actividad realizada anteriormente. La razón principal por la que se dan re-procesos en la obra es la falta de supervisión en todas las actividades que se están ejecutando al mismo tiempo. El ingeniero residente no puede participar en todos estos procesos y muchas veces sus encargados cometen equivocaciones en los procesos constructivos.

Ejemplos de re-procesos son los siguientes:

- Fisuras en acabados finales
- Humedad presente en paredes terminadas
- Fisuras en piso y azulejo
- Desprendimientos de piso instalado
- Resanar esquinas de paredes, etc.

Todos los re-procesos pueden ser evitados con la debida supervisión. Se debe tener en cuenta que al momento de presupuestar un proyecto no existe un renglón de “re-procesos”, por esta razón los re-procesos son considerados pérdida desde cualquier punto de vista.

- **Falta de material**

<<El propósito central de un sistema básico de planeación de requerimientos de materiales es controlar los niveles de los inventarios, asignar a los bienes prioridades en las operaciones y planear la capacidad para cagar el sistema de producción>>. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2005)

La finalidad de planeación de requerimiento de materiales es sencilla: tener los materiales a tiempo en el lugar correcto.

Una de las maneras en que se puede determinar la falta de planeación es cuando el material no esté en obra el día en que se vaya a utilizar. Se debe considerar la forma en la que está estructurada la empresa para evitar atrasos en la distribución de material a la obra. Si este es el caso, se debe determinar la razón por la cual existe falta de material. Se debe analizar de manera objetiva si el plazo en que se está solicitando material es el adecuado. Si existe un departamento de compras en la empresa se debe acordar con

qué tiempo de antelación se debe hacer una requisición. En la mayoría de casos existe un formato determinado, una boleta de requisición o pedido de materiales. Cuando se planifican las actividades que se van a realizar durante las siguientes dos semanas se debe prever qué material es necesario para llevarlas a cabo, así como también la herramienta y mano de obra (estos dos últimos se especificarán más adelante). Luego de determinar tiempos necesarios para pedir material y recibirlo en obra se debe revisar el formato de requisiciones.

El diseño puede cambiar de una empresa a otra, pero es recomendable que cuente con los siguientes apartados (Figura 4):

Figura 4. Formato de la solicitud de materiales

No. 00001				
Obra:		Fecha:		
Solicitado por:				
Cantidad	Unidad	Descripción	Fecha de entrega	Fecha de compra
200	sacos	Cemento UGC 4000 psi	10/12/07	
8000	U	Ladrillo Tubular Rustico 14x9x29	10/12/07	
16	M3	Arena de Rio	06/12/07	
8	M3	Piedrín 3/8"	06/12/07	

Solicitó	Autorizó
----------	----------

La solicitud de material debe ser llenada por el ingeniero residente de la obra, para tener mejor control de cantidades y materiales que se estén solicitando. Si se programa con tiempo cada actividad, se pueden especificar fechas de entrega en que el material será utilizado. Hay que recordar que es importante el flujo de caja en la obra, si se solicita material con mucho tiempo de anterioridad, este estará "estancado", almacenado dentro de la bodega, esto puede generar problemas de fluidez para la misma empresa. Y por otro lado, si se solicitara el material de manera tardía, esto provocará atrasos en la ejecución de actividades. Por lo tanto, hay que recalcar lo importante de planificar con antelación cada actividad.

Se debe ser lo más específico posible al llenar la solicitud de material, ya que el personal de compras generalmente no está familiarizado con unidades de medida ni rendimiento de los

materiales. Otro punto a tomar en cuenta es que, debido a que cada proveedor tiene logísticas diferentes de entrega de material, y las condiciones de pago son diferentes con cada uno, por lo tanto, el encargado de compras debe planificar con tiempo sus pedidos, no debe existir ningún problema en la entrega.

Después de realizar una requisición de materiales es importante que la persona encargada de bodega esté al tanto del uso de cada material y así prever el espacio necesario dentro de la obra.

3.3 Presupuesto y diseño estructural

<<El control presupuestario es el proceso de averiguar qué es lo que se está haciendo y de comparar resultados con los datos correspondientes del presupuesto para verificar los logros o para remediar las diferencias>> (Terry, 1987).

Todos los presupuestos deben tener una duración definida. Seleccionar el tiempo de ejecución es el principal propósito del presupuesto. Teniendo en cuenta la duración del proyecto se debe controlar el presupuesto en una obra; para lo cual se debe conocer de antemano el costo de la misma, luego de haber cuantificado la mano de obra y material necesarios para cada renglón. Adicionalmente, para cumplir con el presupuesto, se debe considerar la fluctuación de costos entre el momento en que se presupuestó el proyecto y la ejecución del mismo. Si se diera alguna alza en el costo del material durante la ejecución del proyecto o se decide comprar algún equipo necesario, este gasto no contemplado se debe llevar registrado para contrarrestarlo economizando en otros renglones.

El presupuesto y el diseño estructural son dos factores que normalmente las realizan personas diferentes, pero estas actividades están completamente ligadas a lo largo del desarrollo de un proyecto ya que el presupuesto puede ser determinado por el diseño estructural o viceversa.

Cuando surge el caso que el presupuesto es determinado por el diseño estructural generalmente se trata de proyectos complejos con especificaciones singulares. La variación en los cambios del diseño son mínimas para conseguir ser lo más conservador posible.

En la mayoría de casos, el diseño estructural puede ser determinado por el presupuesto. Existen parámetros que indican los precios que se manejan en el mercado, por lo tanto, acoplarse a estos precios es un deber para cualquier constructora que quiere permanecer dentro de la competencia. Y con el afán de mantenerse dentro del mercado los diseños varían, consiguiendo disminuir costos y optimizando recursos.

Algunas de las razones por las cuales el presupuesto y el diseño estructural logran una buena administración son:

- **Tiempo:** La complejidad del diseño puede afectar el tiempo en que se ejecute una actividad. Por ejemplo, el armado de una losa tradicional consume más tiempo que el de una losa prefabricada.
- **Costo:** Generalmente, al tener un diseño bastante conservador, se necesita mayor cantidad de material. A mayor cantidad de material, mayor costo. Por ejemplo, la separación de los estribos en una viga o definir la resistencia necesaria del concreto.

Teniendo el diseño estructural establecido, se procede a considerar el costo del proyecto como uno de los trabajos primordiales para el encargado de la obra.

<<La estimación de los costos futuros constituyen uno de los aspectos centrales del trabajo del evaluador, tanto por la importancia de ellos en la determinación de la rentabilidad del proyecto como la variedad de elementos sujetos a valoración como desembolsos del proyecto>> (Sapag & Sapag, 2003).

Es responsabilidad del supervisor de obra tomar decisiones inmediatas durante la ejecución del proyecto. Cualquier decisión que se tome puede afectar los resultados en el futuro. Al iniciar la obra hay una inversión inicial, esta se considera como un egreso al inicio. Luego están los ingresos y egresos durante la ejecución del proyecto, el flujo de caja. Los ingresos corresponden a adelanto o cobros dependiendo del avance de la obra y los egresos son el pago del material y mano de obra. Por lo tanto, es necesario que se cuente con el material necesario en obra, no excederse ya que esto puede causar que no haya dinero disponible para adquirir otro tipo de material o cancelar mano de obra. Así mismo, cancelar mano de obra justo el precio que se presupuestó en un inicio, no excederse.

Tener en cuenta que cualquier decisión que incurra en gastos innecesarios obliga a un administrador a planificar sus actividades con cautela y tiempo suficiente.

3.4 Productividad

<<La productividad de un insumo se define mediante la razón producción-insumos, de lo cual el ejemplo más común es la producción por hora-hombre de mano de obra>>.

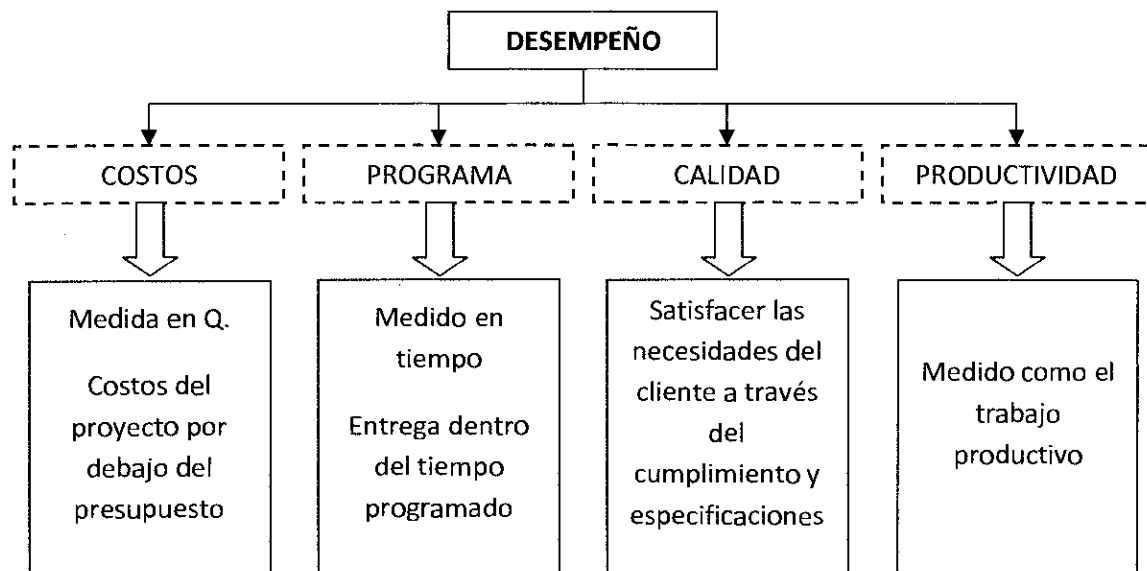
<< Se define como el aumento o disminución de los rendimientos, originado en la variación de cualquiera de los factores que intervienen en la producción: **trabajo, capital, técnica, etc.** Se relaciona con el rendimiento del proceso económico medido en unidades físicas o monetarias, por relación entre factores empleados y productos obtenidos. Es uno

de los términos que define el objetivo del subsistema técnico de la organización>> (Webb, 1981).

Es de interés observar “la razón producción-insumos”, la “producción por hora-hombre” y “la variedad de cualquiera de los trabajos que intervienen en la producción”. El control de material en obra, **insumos**, afecta la producción. El **trabajo** de un albañil o un ayudante influye directamente sobre el resultado de una obra. El **flujo de caja** que se maneja dentro de la empresa es indispensable para que no haya atrasos en la compra de materiales, el pago de planilla y alquiler o compra de equipo. La **técnica** en construcción utilizada igualmente influye en los costos del proyecto y la rapidez con que se efectúe. Son bastante las variables que influyen en que una obra se entregue a tiempo, es necesario repasar los procesos una y otra vez para determinar las causas de los atrasos y disminuir su participación.

El desempeño en la construcción se mide a partir de diferentes valores y segmentos. La figura 5 muestra lo anterior:

Figura 5. Medición del desempeño en la construcción (EAFIT).



La construcción es conocida por su mal desempeño e incumplimiento de fechas de entrega. A pesar que se una industria muy importante tiene muchas deficiencias. Para lograr aumentar la productividad dentro de la obra es necesario identificar algunos problemas persistentes:

- **Curva de aprendizaje limitada**

Cuando una empresa manufactura algún producto, el proceso es repetitivo hasta obtener los resultados ideales en tiempo y minimizar desperdicio. En la construcción los procesos varían en poco tiempo y eso influye a que no siempre se trabaje con una eficiencia ideal. Además, la rotación de personal es un problema que se vive en todas las obras.

- **Influencia de las condiciones Climáticas**

Cualquier tipo de construcción depende las condiciones climáticas en alguna etapa de su desarrollo. Es bueno tener en mente esto a la hora de planificar actividades para que el trabajo no se vea afectado por el clima.

- **Trabajo permanente bajo presión**

La mayor parte del tiempo se puede estar bajo presión ya que el cliente exige que la obra esté terminada a tiempo. Esta presión incluso la experimentan el maestro de obras y los albañiles ya que normalmente todas las actividades tienen fecha de entrega.

- **Fragmentación del proyecto e incentivos negativos**

Ciclo de vida del proyecto, normalmente los proyectos tienen poca duración, esto hace que el personal este pensando en su trabajo para los siguientes meses. Lo que provoca incentivo de carácter negativo en ellos.

Buscar el incremento de la productividad en una empresa es importante debido al constante cambio que se vive a nivel global. Cuando existe un mercado globalizado va a generar mayor competencia entre las empresas internacionales. Los proyectos van cambiando, su complejidad y estructura es diferente por lo que se debe innovar también la tecnología. Los usuarios finales y los inversionistas, que son los que financian los proyectos, exigen calidad en el trabajo entregado, y cada vez más los tiempos y los costos de construcción van siendo reducidos.

Teniendo en mente la importancia de mejorar constantemente se analizarán los factores que influyen en la productividad.

3.5. Factores que influyen en la productividad en construcción

- **Motivación e incentivos**

La mayoría de personas considera que para conseguir alta motivación únicamente se logra con aumento de salarios. Esto es cierto en parte, ya que si un trabajador está mal pagado su rendimiento puede ser menor. Si se logran buenos sueldos midiendo el trabajo que se realiza, se tiene la primera parte de la motivación.

Existe otra clase de motivación que se puede alcanzar dentro de la obra, esto es buenas instalaciones para uso del personal dentro de la obra. Cosas sencillas como tener mesas en donde puedan sentarse a almorzar, o baños limpios para su uso son algunas ideas que se pueden implementar.

Los incentivos se pueden dar de manera monetaria o proveyendo algún otro obsequio en su lugar. Por ejemplo, se puede organizar un almuerzo con los que alcanzaron el cumplimiento de metas sin problemas.

- **Buena supervisión**

La buena supervisión es difícil de alcanzar, más no imposible. Muchas veces se deben supervisar dos obras simultáneamente, dependiendo de la magnitud de ambas, en este caso resulta difícil estar presente en cada actividad que se lleva a cabo. Generalmente el maestro de obras supervisa la mayor cantidad de trabajo de los albañiles. En este caso es importante que esté al tanto de las actividades que se deben realizar y supervisar durante la semana. Se pueden programar reuniones semanales o diarias para aclarar dudas y realizar sugerencias.

- **Buena organización**

<<Organización es la parte de la administración que supone el establecimiento de una estructura intencionada de los papeles que los individuos deberían desempeñar en una empresa. La estructura es intencionada en el sentido que debe garantizar la asignación de todas las tareas necesarias para el cumplimiento de las metas, asignación que debe hacerse a las personas mejor capacitadas para realizar estas tareas>> (Koontz & Weihrich, 2004).

Para lograr una buena organización se debe identificar y clasificar las actividades a realizar. Asignar a un supervisor que tenga autoridad sobre el grupo de personas que ejecutan estas actividades. Y por último, una estructura organizacional que <<debe diseñarse para determinar quien realizará cuáles tareas y quien será el responsable de

qué resultados, para eliminar los obstáculos al desempeño que resultan de la confusión e incertidumbre respecto de la asignación de actividades, y para poder tener redes de toma de decisiones y comunicación que respondan y sirvan de apoyo a los objetos empresariales >> (Koontz & Weihrich, 2004).

- **Procedimientos apropiados**

Los procedimientos apropiados van de la mano con la supervisión y la retroalimentación en la asignación de tareas. Es muy importante que el maestro de obras y los albañiles tengan muy claro las actividades que deben realizar y las especificaciones para cada una. Igualmente tienen que tener presente la meta establecida para que al final cumplan con las mismas.

- **Eficientes grupos de apoyo**

En este ámbito entra cualquier persona o entidad que afecte el desempeño laboral dentro de la obra. Se debe calificar personal interno y externo para determinar si brinda el apoyo necesario para el cumplimiento de metas.

Hasta este momento se ha tratado el tema de la productividad del personal en obra que tiene a su cargo construir. Pero igualmente se debe mencionar la actitud que debe desempeñar un profesional en la construcción. Cuando se inicia una persona en la dirección de un proyecto constructivo debe relacionarse con los recursos con que cuenta. Tecnología, materiales, equipo, personal, transporte, proveedores, etc., para poder utilizarlos eficientemente. Si esta persona se esfuerza por mejorar sus procesos constructivos, esta misma persona hace que su forma de trabajar sea competitiva con otros. También debe mostrar continuo mejoramiento e incorporar nuevas formas de realizar actividades y consecuentemente mejorar el desempeño de la obra. Debe ser autocrítico para poder alcanzar la excelencia.

4. Herramienta utilizada para la programación de actividades

4.1 Microsoft Project™

El programa está realizado en Microsoft Project™. Mientras se van enumerando las actividades y se especifican la duración de cada una, el programa analiza las actividades que se van realizando intercaladas y las actividades que necesitan de alguna predecesora para continuar; estas últimas conforman la ruta crítica.

La ruta crítica es una herramienta bastante útil dentro de la administración de un proyecto. Forma parte de un proyecto diseñado <<para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores. El método se denomina PERT/CPM ('Evaluación de programa y técnica de revisión/Método de ruta crítica' por sus siglas en inglés), este método expone las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica debe realizarse pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programación. El PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos>> (La Prisma. Portal para Investigadores y Profesionales).

<<El PERT/CPM también considera los recursos necesarios para completar las actividades. En muchos proyectos, las limitaciones en mano de obra y equipos hacen la programación sea difícil. El PERT/CPM identifica los instantes del proyecto en que estas restricciones causaran problemas y de acuerdo a la flexibilidad permitida por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permite que el gerente manipule ciertas actividades para aliviar estos problemas. Finalmente, el PERT/CPM proporciona una herramienta para controlar y monitorear el proceso del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel en este y su importancia en la terminación del proyecto se manifiesta inmediatamente para el director del mismo. Las actividades de la ruta crítica, permiten por consiguiente, recibir la mayor parte de la atención, debido a que la terminación del proyecto, depende fuertemente de ellas. Las actividades no críticas se manipularan y remplazaran en respuesta a la disponibilidad de recursos>> (El prisma. Portal para Investigadores y Profesionales).

5. Resultados de buena administración

5.1. Cultura de medición

Toda actividad que se realiza dentro de la obra conlleva un costo. Costo que generalmente es muy difícil medir. Por lo tanto es importante identificar las actividades que traen pérdidas en tiempo y dinero al proyecto. Se debe desarrollar la cultura de medición en los proyectos que se estén ejecutando y que se vayan a ejecutar en un futuro. Si una empresa tiene a su cargo varios proyectos obtendrá mejores resultados al ir cuantificando actividades que se estén realizando. Debe irse formando una base de datos dentro de la empresa que incluya todos los renglones de actividades en cada obra, tiempos de ejecución y rendimiento de materiales. Esto es para que cuando alguien quiera hacer un presupuesto puede tomar como base estos datos e intentar mejorarlos. Tener puntos de comparación es una herramienta útil para el dirigente del proyecto al determinar la productividad de la empresa. El formato que se puede utilizar para iniciar a medir actividades en tiempo y dinero puede ser el que se muestra en la

Figura 5. Formato para medir actividades en tiempo y dinero

No.	RENGLONES	UNIDAD	MAYOR	MENOR	PROMEDIO	TIEMPO EJECUCIÓN
1	Hechura y colocación de formaleta para columnas cuadradas de # medida	M ²	Precio Q	Precio Q	Precio Q	# horas, días, semanas, etc.
2	Hechura y colocación de armadura para columna cuadrada de # varillas...	Octavo	Precio Q	Precio Q	Precio Q	# horas, días, semanas, etc.
3	Fundición de columnas de # medidas	M ³	Precio Q	Precio Q	Precio Q	# horas, días, semanas, etc.

Este trabajo puede resultar laborioso cuando se inicia y se van organizando los diferentes renglones, pero después de haberlo estructurado se notará la diferencia en rapidez para cuando se necesite presupuestar y exigir tiempos de entrega. Actualmente se cuenta con los datos proporcionados por la Cámara de Construcción de Guatemala, toda empresa que esté

afiliada puede obtenerlos, aunque tiempos de ejecución queda a discreción de cada quien, únicamente se consiguen precios de materiales y pago de mano de obra por actividad, algunas no aparecen. Si se puede integrar la cultura de medición se puede contralar la calidad de obra, no solo calidad en los procesos constructivos sino optimización de material y recurso humano.

5.2 Calidad en el proceso constructivo y la satisfacción del cliente.

Cuando se toca el tema de calidad en los procesos constructivos tenemos que tener presente el objetivo que queremos alcanzar. <<La satisfacción del cliente y su fidelización son componentes esenciales para incrementar la competitividad de las organizaciones. La identificación de las necesidades y expectativas de los distintos segmentos de clientes es fundamental para alcanzar su satisfacción>> (Sapag & Sapag, 2003). Partiendo desde esta definición se debe especificar las responsabilidades de cada uno dentro de la empresa.

Desde gerencia general se deben determinar los requerimientos del cliente y cumplirlos a cabalidad con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente. Toda la información que se maneje sobre el proyecto debe de ser comunicada con el cliente y documentar la retroalimentación, incluyendo sus quejas.

Es muy importante estar al tanto de la percepción del cliente. El ingeniero residente o el director de proyectos deben de ser claros en tiempos y calidad de los materiales a utilizar no crear falsas expectativas porque pueden llegar a perder su credibilidad con el cliente.

Estos son algunos aspectos que la gerencia debe ejercer: <<autoridad, responsabilidad y comunicación en todos los escalones dentro de la empresa. Provisión y gestión de los recursos, recursos humanos competentes, planificación, y realización del producto, diseño y desarrollo, proceso de compras, control de los dispositivos de seguimiento y medición, satisfacción del cliente, análisis de datos y mejoras continuas>> (Feu Construcciones).

5.3 El proceso de control de diseño

Todo proceso que se realiza antes, durante y después de terminada la obra es muy importante comunicarlo al cliente para lograr mantener una excelente relación. El propósito final de esta comunicación es demostrar <<una organización [...] perfectamente capaz de cumplir las necesidades y requisitos de sus clientes de manera planificada y controlada>> (Cienterfor).

- << Permite un mejora continua por un sistema de la cerrado
- Esta conducido en cada etapa por las necesidades del cliente
- Proporciona realimentación al cliente
- Registra por escrito y de manera formal la forma en la que se opera habitualmente
- Introducción de nuevas actividades y procesos, particularmente un control de documentos, las autorías internas y las intervenciones sistemáticas de corrección >> (CYPE Ingenieros, S.A).

Figura 7. Proceso de control de diseño. (CYPE Ingenieros, S.A)



6. Descripción general del proyecto Muxbal

El proyecto consiste en la construcción de 18 casas de 350 metros cuadrados aproximadamente. Está ubicado en el km. 12.5 Carretera antigua a El Salvador, Finca Muxbal. Las casas poseen acabados de lujo y espacios bien distribuidos, por lo que, este proyecto ha logrado captar la atención debido al diseño variado de las casas y a la topografía del terreno. La Fotografía 1 y la Fotografía 2 muestran algunas panorámicas del proyecto.

Fotografía 1. Panorámica del proyecto.



Fotografía 2. Panorámica del proyecto.



Actualmente el proyecto se encuentra con la primera fase completamente terminada y una segunda fase en proceso de construcción. El programa de actividades para cada casa tiene

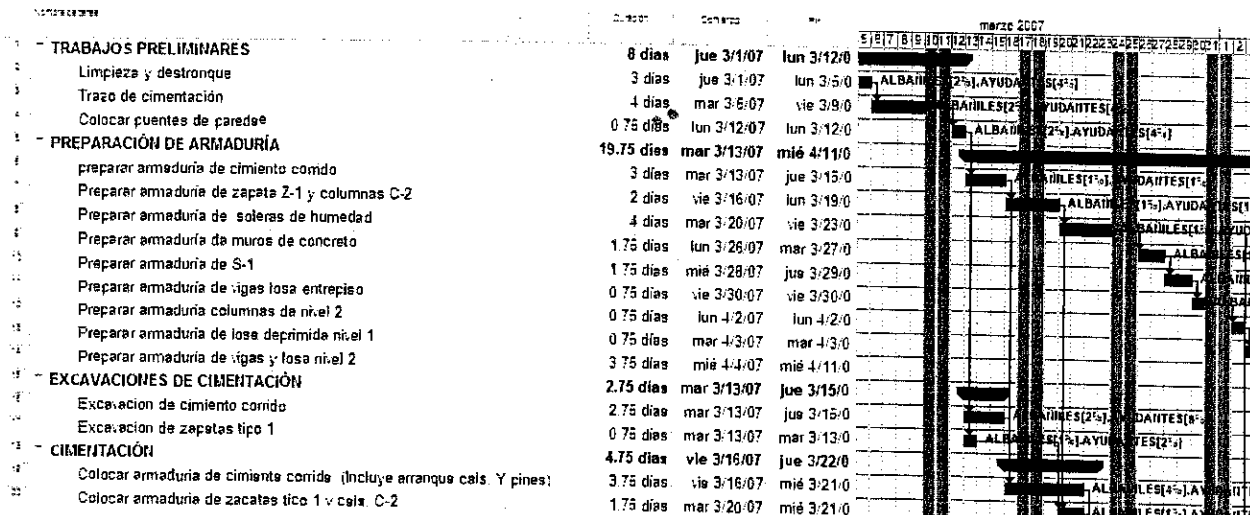
una duración aproximada de 6 meses; 3.5 meses en la fase de obra gris y 2.5 meses en los acabados. La obra gris se considera concluida en el momento de fundir la segunda losa. Hasta el momento se ha podido reducir el tiempo de obra gris a 3 meses cuando se cuenta con el mismo grupo de albañiles quien tiene a su cargo la siguiente casa. Más adelante se muestra un fragmento de este programa.

6.1. Inicio de actividades

A continuación se describen las distintas actividades o renglones explicando tiempo de ejecución, problemas suscitados, soluciones temporales o permanentes y recomendaciones.

- **Trabajos preliminares (duración: 8 días).**
 - *Limpieza y destronque:* En la mayoría de casas esta actividad estuvo a cargo de 2 ó más ayudantes, dependiendo del área y de las condiciones del terreno. Los problemas que se presentaron en algunas fueron, derribar árboles, remover ripio o basura, remover suelo orgánico, etc., esto sucedió porque no conformaron esta plataforma, de parte de la empresa desarrolladora, antes que se iniciara la construcción de la casa. Se puede optimizar la limpieza utilizando maquinaria (equipo adecuado). Por ejemplo, en el caso de la casa # 13 se necesitó conformar esta plataforma y se rentó una retroexcavadora para esta actividad, se pudo derribar arboles, remover escombros y material orgánico con ésta. Este gasto estuvo a cargo de la desarrolladora que exigía el pronto inicio de esta casa. El programa en esta casa cambió, tenía una duración inicial de 8 días y se duplicó a 16 días.
 - *Trazo de cimentación:* El trazo fue realizado por dos albañiles siguiendo las indicaciones del maestro de obras y la supervisión del ingeniero residente. Desde este momento es importante revisar longitudes de paredes, linderos, ubicación de puertas, dimensión y distribución de ambientes, etc., para no cometer errores cuando se inicie el levantado de paredes.
 - *Colocar puentes de paredes:* Al colocar los puentes de paredes se debe considerar que estos no lleguen a estorbar actividades que se deben llevar a cabo posteriormente. Por ejemplo, remover material que provenga de alguna excavación. Asimismo, debe revisarse muy bien el trazo para evitar mover posteriormente los puentes, esto conlleva a trabajo innecesario.

Figura 8. Fragmento de programa de actividades.



- Preparación de armadura (duración 20 días).
 - Preparar armadura de cimiento corrido
 - Preparar armadura de zapatas Z-1 y columnas C-2
 - Preparar armadura de soleras de humedad
 - Preparar armadura de muros de concreto, etc.

Estas actividades se pueden realizar intercaladas con otras, no es una actividad crítica y tiene tanta holgura como la fecha necesaria para colocarlas. Los armadores pueden empezar a armar vigas cuando todavía los albañiles estén fundiendo cimientos. A pesar de esto, sí se puede convertir en una actividad crítica cuando la armadura no esta lista a tiempo. En el caso de este proyecto, había un grupo de 4 armadores y 2 ayudantes. A estos grupos se les cancela por octavo de armadura, a continuación el cálculo de precio de mano de obra:

$$\text{Precio Q.} = \# \text{Varilla} * \text{Precio x octavo} * \text{Longitud armada (m)} * \# \text{ de elementos}$$

Por ejemplo, si se arman 10 estribos de 14x9 cts. Con varilla de 3/8"; el cálculo procedería de la siguiente manera:

$$\text{Precio Q.} = 3 * \text{Q.} 0.15 * 0.58 * 10$$

$$\text{Precio Q.} = 2.61$$

El número 3 corresponde al número de varilla, el 0.15 es el precio x octavo (este precio es en planilla, facturado puede ser de Q.0.21); para obtener la longitud armada se calcula el segmento necesario de hierro cortado: estibo de $0.14 \times 0.09 = 0.14 * 2 + 0.09 * 2 + 0.2$ (gancho de estibo), y por ultimo 10 es el numero de estribos.

Es importante que los armadores tengan conocimiento de este procedimiento para calcular el pago de mano de obra, el ingeniero residente debe aclarar dudas acerca de este procedimiento aunque no necesariamente deben conocer todas las actividades. Ellos mismos pueden fijarse metas diarias sabiendo que el trabajo que realizan será bien recompensado.

Como se mencionó anteriormente, el problema que se puede suscitar en la preparación de armadura es la falta de material. Para que esto no sucediera, los armadores debían asegurarse que tenían material para la siguiente semana. Por lo tanto, aparte del control que lleva el bodeguero, al armador se le puede delegar responsabilidad, notificando por ejemplo, cuando tenga en existencia 100 varillas.

Otro problema que se presenta es cuando se acumula mucho trabajo. Debido a que había 5 casas construyéndose al mismo tiempo, en ocasiones crecía la demanda de armadura, por ejemplo, al fundir losas en fechas muy cercanas. Para evitar problemas en este sentido se programaban las fechas de fundición 15 días antes y se tenían listos todos los estribos necesarios para la losa completa, así cuando llegaba el momento de armar las losas faltaba únicamente el hierro corrido.

- **Excavaciones de cimentación (duración: 3 días).**

- *Excavación de cimiento corrido:* La duración de 3 días se cumplió en la mayoría de casos, exceptuando la casa #14. Al iniciar la excavación de la casa #14, se encontró material heterogéneo no apto para la cimentación: basura, ripio y material orgánico. Inicialmente se propuso seguir excavando hasta 2 metros de profundidad buscando material adecuado para cimentar, luego se debía rellenar con material selecto, compactar adecuadamente y posteriormente fundir cimientos sobre este material. A continuación la Fotografía 3 muestra la excavación efectuada.

o Fotografía 3. Excavación de cimiento corrido en casa #14, con 3 metros



Lamentablemente no fue posible realizar esta propuesta ya que el material encontrado al profundizar la excavación era demasiado inestable, empezó a mostrar grietas, que en un futuro se reflejarían en el piso de la casa. En virtud a lo anterior, se procedió a contratar un especialista para realizar un estudio de suelos y determinar la solución al problema. A continuación, la Figura 9 presenta un cuadro de resumen con los resultados del estudio.

Figura 9. Resultados del estudios de suelos (Leon, 2007).

Profundidad de excavación	Descripción de resultados
0.00 – 2.00	Relleno de muy mala calidad
2.00 – 3.00	Limo arcillo arenoso, café, medio compacto a compacto, medio plástico
3.00 – 4.00	Limo arenoso con trazas de arcilla, café amarillento, medio compacto, ligeramente a poco plástico.

Con base en los resultados anteriores, se estableció que el material de la casa # 14 debía ser removido en su totalidad, hasta una profundidad de 3.00 metros. Luego se procedería a realizar un relleno controlado con material selecto y compactado en capas no mayores a 0.25 metros de espesor. La actividad inicialmente tenía una duración de 2 días, finalmente demoro 5 semanas.

Actividades prontas a realizar:

- Registrar en bitácora de obra el resultado del estudio de suelos y la solución a ejecutar
- Cubicar el material a remover
- Enumerar las diferentes alternativas para la solución del problema
- Calcular el tiempo de ejecución
- Solicitar material o equipo necesario

Teniendo esto en mente se procede a identificar las variables:

Figura 10. Variables a considerar para extracción de material.

Volumen in situ (m ³)	464
Factor de expansión ¹	1.4
Total volumen a extraer (m ³)	649.6

¹<<Es difícil predecir cuantitativamente la retracción y el entumecimiento (expansión) porque dependen del carácter del suelo y los cambios de humedad>> (Sowers & Sowers, 1972). Pero en este caso se considero 1.4 veces el volumen del suelo compactado.

Alternativas para extraer el material:

- Sub contratar a empresa extractora de material
- Administrar la extracción de material contratando maquinaria

Esta actividad tiene como limitante el presupuesto, no estaba contemplada ni en costos ni en tiempo. Por lo tanto, se considera que la solución óptima debería ser la de mayor costo-beneficio.

Alternativa 1. Subcontrato con empresa extractora de material.

Precio por metro cubico extraído (Q.): 40.00

Costo total (Q.): $649.6 \text{ m}^3 \times 40 \text{ Q/m}^3 = \text{Q. } 25,984.00.$

Tiempo estimado de extracción: 1 – 2 días.

Alternativa 2. Administrar la extracción de material contratando maquinaria.

Se cuantifican los gastos para la segunda alternativa, se tiene que tomar en cuenta los dos casos:

Tabla 1. Gastos para la extracción de material, según la alternativa seleccionada para el estudio de caso.

Flete para retro-excavadora	u	1	Q1,600.00	Q1,600.00
Renta de retro-excavadora	hora	16	Q285.00	Q4,560.00
Precio de extracción de ripio	m3	648	Q29.00	Q18,792.00
Total				Q24,952.00

Alternativa 2 – Caso 1. Rentar una retroexcavadora por 2 días para extraer material y 27 viajes de 12 m^3 cada uno diarios. El riesgo que existe es cuando los camiones no están a tiempo en la obra para extraer material. Hay que recordar aumentan los costos por tener a la retroexcavadora sin trabajar (Q. 285.00/hora).

Figura 12. Caso 2. Alquiler por día de retroexcavadora y pago de camiones por metro cubico. 54 viajes diarios en 1 día.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Flete para retro-excavadora	u	1	Q. 1,600.00	Q. 1,600.00
Renta de retro-excavadora	hora	8	Q. 285.00	Q. 2,280.00
Precio de extracción de ripio	m ³	648	Q. 29.00	Q. 18,792.00
Total				Q. 22.672.00

Alternativa 2 – Caso 2. Rentar un retroexcavadora por 1 día para extraer material y realizar 54 viajes de 12 m³ cada uno. El riesgo que existe es cuando los camiones no están a tiempo en la obra para extraer el material. Hay que recordar aumentar los costos por tener a la retroexcavadora sin trabajar (Q 285.00/ hora).

Para ambas opciones hay diferentes factores a tomar a en consideración:

- Disponibilidad y distancia hacia los botaderos.
- La restricción que existe del tránsito pesado dentro de la ciudad. Se debe ser realista al considerar la cantidad de viajes que puede realizar cada camión al día.
- Tránsito vehicular en el recorrido.
- Desperfectos mecánicos o accidentes de tránsito

Después de analizar amabas opciones, se determinó que aunque se puede economizar desde Q 1,032.00 hasta Q 3, 312.00 optando por administrar la maquina y el transporte, el riesgo que existe al administrar la extracción de material contratado maquinaria era mayor al de subcontratar a una empresa extractora de material. Por lo tanto, se decidió contratar a una empresa que extrajera el material completo y se estimó la duración de esta actividad.

Luego de terminar con la excavación se procede a rellenar con material selecto para poder conformar la plataforma. Nuevamente hay que estimar el material y equipo necesario. <<La selección del método adecuado para compactar, el espesor de las capas, la presión de contacto y la humedad, son de la responsabilidad conjunta del ingeniero y del constructor, pues afectan la calidad y la uniformidad de la obra de la obra de suelo y la velocidad y costo de la construcción>> (Sowers & Sowers, 1972).

Tomando en cuenta lo anterior se decidió rentar un rodo vibratorio para realizar el relleno controlado. Es importante conocer algunas especificaciones del equipo, <<los rodillos vibratorios se han desarrollado para producir al mismo tiempo mayor peso y mayor intensidad de vibración. Una forma consistente de cilindro de acero de 1.20 a 1.50 metros de diámetro que pesa varias toneladas. La unidad vibratoria, movida por un

motor de gasolina, se monta sobre el cilindro y comunica los impulsos de éste [rodillo] y puede compactar suelos en capas de 10 cm de espesor, a un peso específico que se aproxima al máximo Proctor estándar y con humedad óptima, en tres o cuatro pasadas. Con los rodillos pesados se pueden obtener pesos específicos mucho mayores que el máximo Proctor estándar (tan altos como 105 por ciento del máximo Proctor modificado, en un caso) con capas hasta de 45 cm de espesor, con cuatro o seis pasadas y con humedad ligeramente menor que la óptima>> (Sowers & Sowers, 1972).

Además, considerando las especificaciones del control de humedad y la época de lluvias, se determinó necesario mezclar el selecto con cemento. La relación para el suelo – cemento fue de 20:1, es decir, 20 carretillas de selecto por 1 saco de cemento.

Por último, previendo anegaciones se debía crear un desnivel en la plataforma que se estaba compactando. <<La humedad óptima es una condición en la que hay suficiente agua para permitir que los granos se deformen y tomen nuevas posiciones, pero no tanta como para llenar los poros>> (Sowers & Sowers, 1972).

Mientras se iba alcanzando la altura del relleno deseada, se debe chequear el desnivel provocado en un inicio. Después de nivelar la plataforma y realizar el trazo de cimentación se colocó formaleta para armar y fundir el cimiento. Esta acción se tomó queriendo disminuir el tiempo de rellenar a altura de piso terminado y luego excavar nuevamente para los cimientos.

Además, esta actividad tuvo costo y tiempo adicional que no se había previsto y surgió otro problema. Cuando se excavó a la profundidad necesaria, se encontró agua. Por lo tanto, se debió construir un drenaje francés para desviar el agua que podría socavar el suelo debajo de la cimentación. Para solucionar esto, se procedió a utilizar un drenaje francés, ya que <<El conducto francés o el dren francés se hace con grava o piedra triturada. Donde la cantidad de agua sea pequeña, puede ser barato y efectivo; pero no es un sustituto de un filtro, y si se emplea como tal pronto se tupirá>> (Sowers & Sowers, 1972). Debido a estas especificaciones se combina el principio del dren francés y el filtro. <<Un dren completo tiene tres componentes: el filtro, el conducto o colector y el sistema de eliminación. El filtro es esencial para mantener la eficiencia del dren y para impedir la erosión por filtración cuando el gradiente hidráulico es alto>> (Sowers & Sowers, 1972).

Se aprovechó la retroexcavadora para realizar la zanja del drenaje francés, mientras se realizaba la excavación. Para el drenaje francés se tuvo que cuantificar la cantidad de malla geotextil a utilizar (filtro). La profundidad del drenaje francés fue de 3 metros, y se utilizó grava de diferentes diámetros, desde ½" hasta 1". Este geotextil evita que el suelo arcilloso contamine el material que drena, colocado en la zanja excavada, lo cual permitirá drenar el agua subterránea. Luego se llena la zanja con grava de diferentes

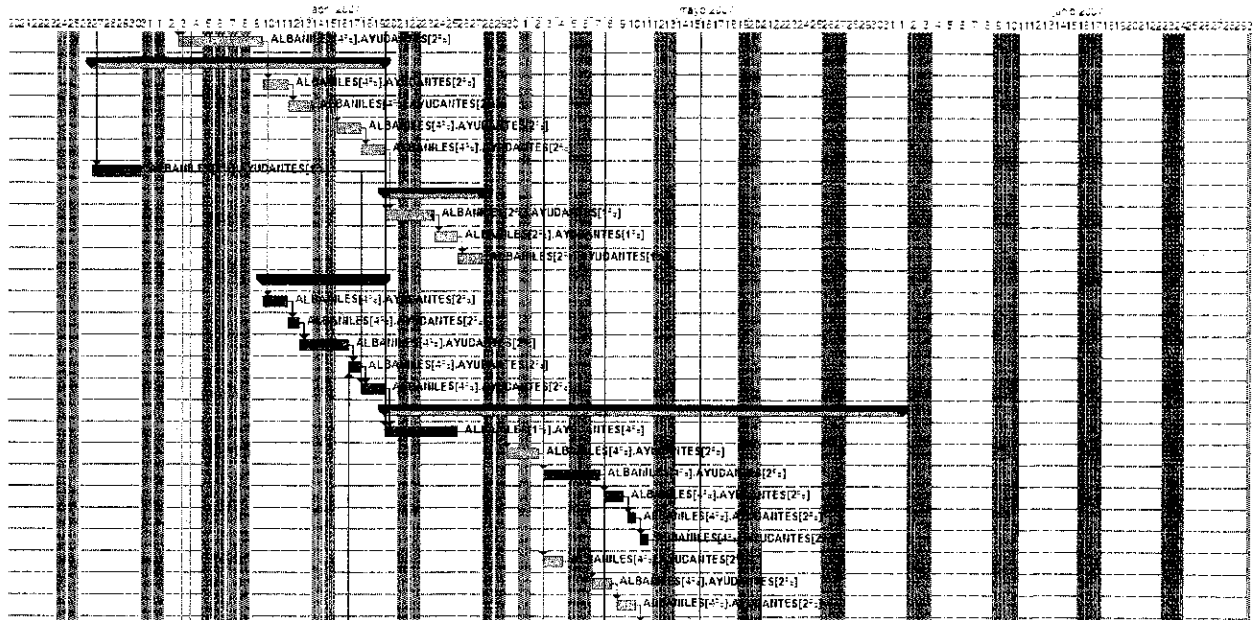
proporciones, se compacta el material y es aquí donde el agua corre fácilmente. Ver detalle en Figura 13.

Figura 13. Colocación de la armadura de cimiento



Después de terminar las actividades de cimentación se procedió a centrar armadura y continuar con el proceso constructivo.

- **Cimentación (duración: 5 días):**
 - *Colocar armadura de cimientos y fundición:* Para optimizar este procedimiento es necesario que los armadores tengan lista la armadura completa (armadura de columnas, mochetas, cimiento, vigas de amarre, zapatas), incluso se deben tener los pines con sus corte y gancho listos para centrarlos.
- **Levantados muros exteriores e interiores (duración: 22 días):**
 - *Levantado de muros interiores y exteriores:* A continuación, la Figura 14 muestra dentro del programa la ruta crítica en color rojo. En el caso de este proyecto, la ruta crítica empieza con el levantado de muros. Por lo tanto, a esta actividad se le debe dar especial atención para optimizar el proceso constructivo. Para lograr optimizar este proceso se tomaron algunas medidas:
 - Garantizar el material en obra
 - Medir desempeño de mano de obra constantemente
 - Eliminar pérdidas:
 - ✓ Tiempo: Agilizar el acarreo de material, los albañiles NO deben acarrear su material para trabajar.
 - Incentivos: El precio que se estaba pagando por metro cuadrado era de Q.32.00 para el muro exterior con una cara limpia y Q. 22.00 para el muro interior. Los albañiles debían levantar más de 3 metros cuadrados diarios para conseguir un sueldo de aproximadamente Q.100.00 diarios.



El levantado de ladrillo tubular rústico en la parte exterior de la casa desde solera de humedad hasta altura de primera losa tenía una duración de 22 días. Por lo tanto, para mejorar el tiempo de ejecución se decidió ofrecer a los albañiles que los días que ellos adelantaran se les pagarían igualmente como días trabajados. De esta manera se logró incentivarlos, con lo cual se redujo el tiempo a 18 días. Como resultado, recibiendo Q. 100.00 diarios en 22 días obtendrían Q. 2,200.00, pero se les pagaba esos Q.2, 200.00 en 18 días, incrementando su sueldo a Q. 122.00 diarios y ellos aprovechaban a iniciar la siguiente actividad (se considera un grupo de 8 albañiles).

- **Losa de entepiso (duración: 20 días):**
 - Colocar armadura de solera de remate y vigas de losa entepiso.
 - Colocar block de relleno de losa prefabricada
 - Colocar armadura de losa entepiso
 - Colocar faldones de losa entepiso
 - Fundición de losa entepiso

Factores que influyeron en optimizar tiempo y recursos de esta actividad:

- Curva de aprendizaje: Es importante tener registro de los tiempos de ejecución de todas las actividades para mejorar los rendimientos. Gracias a esto, en la primera losa se redujo el tiempo de armado y fundición de 20 días a 17 días.
- Adicionalmente, para optimizar esta actividad se programaban las fundiciones antes de las 7 de la mañana con el proveedor de concreto.

Debido a que en esta losa se fundían 25 m³, se podía terminar en 3 horas, por lo cual se aprovechaba el resto del día en otras actividades.

- **Levantado de muros exteriores e interiores segundo nivel (duración: 12 días):**
 - *Emplantillado de muros segundo nivel*
 - *Levantado de muros exteriores e interiores:* Inicialmente, el programa de actividades consideraba 12 días para la duración de esta actividad, 10 días menos que el levantado del primer nivel. Esto se asumió originalmente porque en el segundo nivel ya no existirían muros de concreto y las paredes divisorias disminuían en metraje lineal. Lamentablemente durante el proceso constructivo de esta actividad surgieron los siguientes problemas:
 - Acarreo de material a un segundo nivel: Por ningún motivo, bajo ningún punto de vista es recomendable que un albañil acarree su material para poder trabajar. El costo por hora del trabajo de un albañil es de Q. 12.00 promedio. Por lo tanto, a un ayudante que se le paga Q.8.00 la hora le corresponde esta actividad. Si un ayudante no se da a vasto acarreando material y preparando mezcla para levantado se debe asignar a uno de los ayudantes ambulantes que ayude en la labor de acarreo. El mover material de un lado a otro es una actividad contributiva, no es productiva pero es necesaria para poder avanzar en la obra, evitarla al máximo ayuda a mejorar la productividad en obra.
 - Tránsito y trabajo en andamios superando los 3 metros de altura: Generalmente, un andamio se construye con tablonces que tienen un ancho de 12 pulgadas, por lo tanto, es difícil caminar libremente sobre esta superficie y, debido a que una cara del ladrillo del muro exterior es cizada y limpia, los andamios deben ser armados por el lado exterior. De acuerdo a lo observado en obra, el trabajar a 3 metros de altura disminuye la productividad de un albañil. Por lo tanto, lo importante es poder medir qué tanto baja su rendimiento y así, trazar nuevas metas. Por ejemplo, el rendimiento diario de levantado de muro es de 3 metros cuadrados diarios en el primer nivel, entonces se debe calcular cuánto disminuye el rendimiento al trabajar en el levantado de muros del segundo nivel, y a partir de este momento se deben crear nuevamente las metas para que los trabajadores puedan cumplir.
 - El riesgo a tropezar, caer y lastimarse gravemente aumenta considerablemente: Teniendo esto en cuenta se debe trabajar en pro de la seguridad de los albañiles. Informando y exigiendo el uso de equipo

adecuado (cascos, arneses, botas de hule, guantes, gafas, etc.) según sea el caso.

Si sucede un accidente, se puede determinar las causas del mismo con el propósito de prevenirlo nuevamente. Aunque no haya ninguna lesión grave o mortal se debe tomar en cuenta el incidente para futuras referencias, aunque sea como documento interno de la empresa.

Debido a lo anteriormente descrito se reprogramó esta actividad aumentando 3 días en el programa, siendo así de 15 días de duración, por lo tanto, no se pudo cumplir con el tiempo estipulado inicialmente.

Al reorganizar las actividades en el programa, ingresando los diferentes tiempos, disminuidos o aumentados, la fecha de entrega no fue alterada. Este atraso se vio compensado con el adelanto de algunas actividades.

- **Losa de nivel 2 (duración: 22 días):**

- Colocar armadura de solera de remate y vigas de losa techo
- Colocar block de relleno de losa prefabricada
- Colocar armadura de losa techo
- Colocar faldones de losa techo
- Fundición de losa techo: El armado y fundición de la losa inclinada es un proceso bastante complejo. Además, cada casa tiene 3 tragaluces y 1 domo y posee un canal fundido en todo el derredor para la captación de agua de lluvias. El programa de trabajo tenía contemplado 22 días para el armado y fundición de losa inclinada. Este tiempo se ha cumplido hasta la fecha y, aunque ha sido muy difícil mejorarlo, sí se logró dejar la superficie de la losa lo mas nivelado posible, para que al colocar teja, no se desperdicie mucho tiempo y material corrigiendo áreas que hayan quedado desniveladas.

- **Acabados (duración: 73 días):**

- Repella y cernido nivel 1
- Colocar piso nivel 1
- Colocar azulejo nivel 1
- Colocar cielo falso nivel 1
- Pintura de cielo nivel 1
- Colocar muebles de baños nivel 1
- Colocar ventanas nivel 1

Se reorganizaron las actividades, ya que todas estas fueron subcontratadas y cada empresa tenía especificaciones y lineamientos que se deben obedecer. Es importante mantener buena comunicación con la empresa subcontratada porque deben informar los requisitos necesarios para que puedan efectuar su trabajo excelentemente y a tiempo. Además, a partir del tiempo que especifiquen en su contrato se debe programar las actividades siguientes. A continuación se presenta el programa inicial de actividades en la figura 15 y el programa real de acabados en la figura 16.

Figura 15. Programa de actividades para acabados.

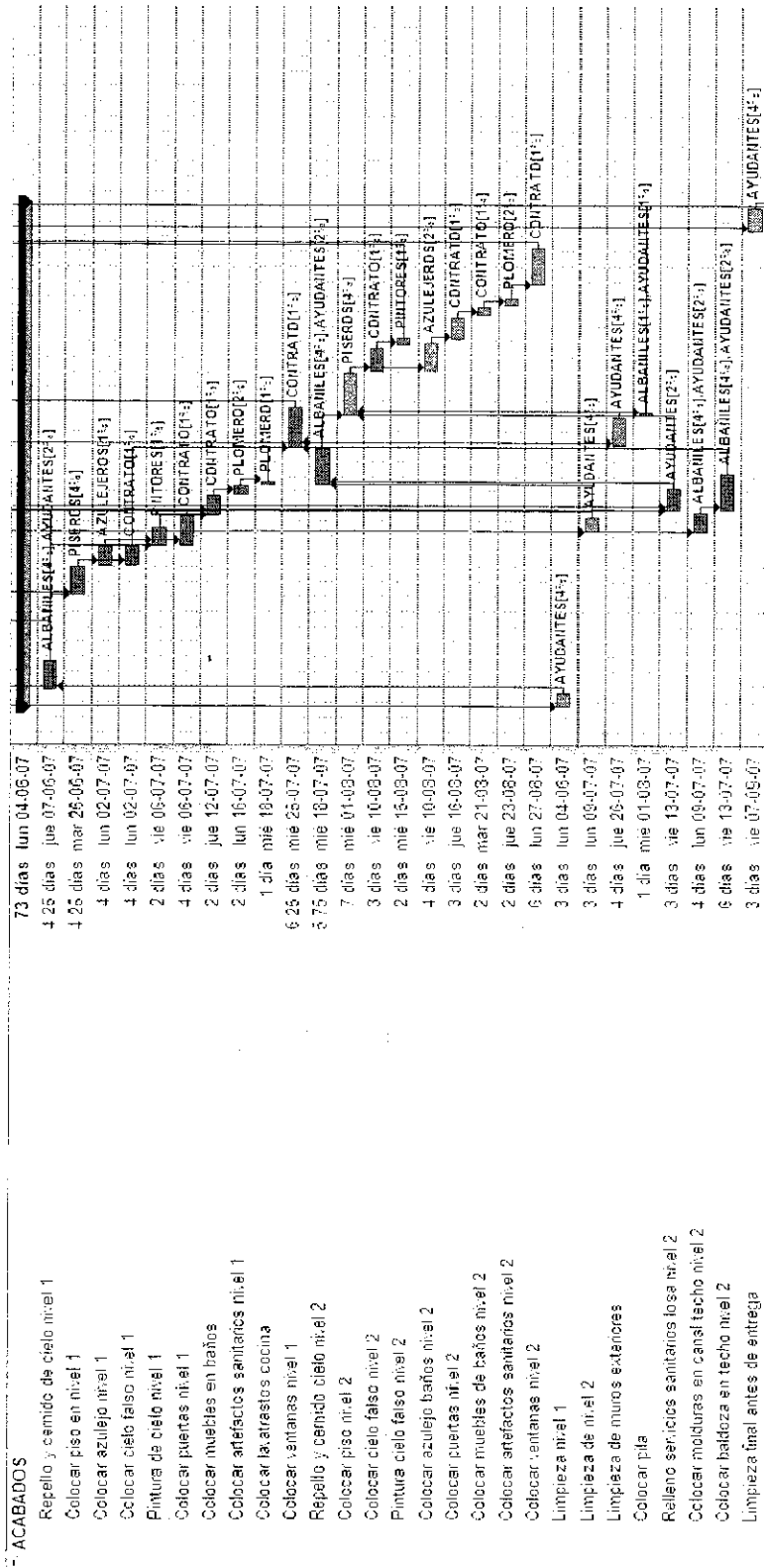
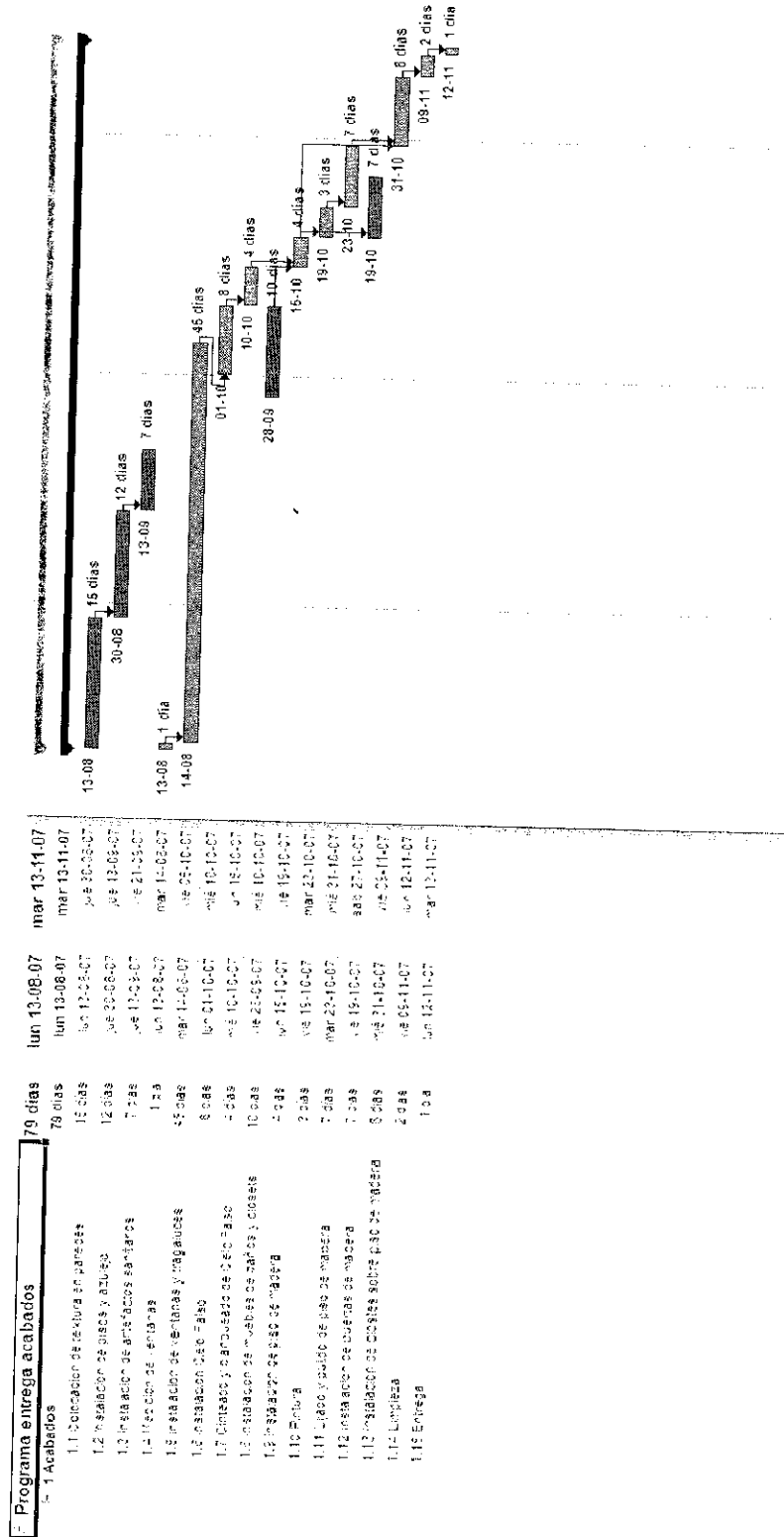


Figura 16. Programa real de acabados



- **Acabados (duración: 79 días, re-programación):**

- *Repello y contra piso:* Esta actividad está dentro del renglón de “acabados grises” y no entra dentro de las actividades de empresas subcontratadas. Cuando se desencofró la primera losa se iniciaron los trabajos de acabados grises; lo cual incluye el repello porque es requisito para iniciar con la instalación de azulejo en baños y textura en paredes, y el contra piso, que es requisito para la instalación de piso cerámico o parquet.
- *Colocación de textura en paredes:* Esta actividad tiene un requisito singular: el repello debe estar seco para poderlo aplicar la textura. El repello que se consideró dentro de las actividades de acabados grises, se realizó con suficiente tiempo de anticipación para que no obstruyera esta actividad.
- *Instalación de pisos y azulejos:* Esta actividad puede intercalarse con la aplicación de textura, no interviene de ninguna manera en este proceso. Las desventajas son:
 - Deben quedar pendientes las uniones entre el piso y alguna puerta de ingreso corrediza.
 - Deben quedar pendientes las uniones entre el azulejo y los marcos de las puertas de los baños.
 - El piso y/o azulejo ya instalado puede ser golpeado por herramientas, andamios o maquinaria
 - El piso y/o azulejo puede ser manchado por pintura u otra sustancia.

En este caso, la instalación del piso y del azulejo se inició después de la aplicación de la textura.

- *Instalación de artefactos sanitarios:* Los artefactos sanitarios se instalaron justo después de terminar con el azulejo. Los baños quedaron cerrados para evitar que alguien los utilizara mientras se continuaban haciendo trabajos dentro de la casa. El propósito de realizar esta actividad tan temprano es detectar cualquier fuga de agua que hubiera.
- *Medición de ventanas:* Esta actividad no estaba contemplada en un principio, pero algo tan simple debe realizarse con tiempo, porque el tiempo para fabricarlas es de 3 semanas, más 10 días de instalación.
- *Instalación de ventanas y tragaluces:* Las ventanas deben instalarse antes de continuar con las demás actividades, en el programa solo se pudo intercalar con la instalación de la estructura del cielo falso porque esta no se ve afectada por la humedad. Pero a partir de este momento, la casa debe permanecer cerrada para que las lluvias no afecten la instalación del siguiente material.
- *Instalación de cielo falso:* Esta actividad se compone de los siguientes procesos:
 - *Instalación de estructura de cielo falso:* Se puede intercalar con la instalación de las ventanas.
 - *Instalación de tabla yeso:* Debe realizarse en el menor tiempo posible ya que está dentro de la ruta crítica y cualquier atraso afecta la fecha de entrega.

- *Cintado y lijado:* Esta última actividad es corta, pero no se puede continuar con la instalación de piso de madera debido a la suciedad que provoca. El polvo de la pasta que se aplica a la tabla yeso es difícil de limpiar.
- *Instalación de muebles de baños y closets:* Hay que hacer una diferencia en la instalación de los muebles sobre piso cerámico y la instalación de muebles sobre piso de madera. El piso cerámico está instalado y se puede proceder a instalar los closets. El piso de madera está pendiente de instalar, por consiguiente, la instalación de los muebles es una de las últimas actividades.
- *Instalación de pisos de madera:* Según las especificaciones de la empresa subcontratada para la instalación de los pisos de madera, se debe respetar lo siguiente:
 - El contra piso debe estar completamente seco, se necesita aproximadamente 1 mes para que la humedad de la fundición del contra piso se evapore.
 - No debe circular gente en el momento de la instalación, ni tampoco 3 horas después de ésta.
 - El área queda exclusiva para la instalación del piso de madera, no deben estar otras empresas trabajando al mismo tiempo.
 - Luego de terminar con la instalación y esperar el tiempo recomendado, se puede transitar protegiendo con nylon o cartón.
- *Lijado y pulido del piso de madera:* Después de 8 días que se instalo el piso de madera, se procede a lijar y barnizar el piso. Las reglas deben ser lijadas para nivelar la superficie del piso.

Nuevamente se deben considerar las siguientes especificaciones:

- No transitar en el área donde se esté barnizando el piso, debido a que pequeñas partículas de polvo pueden quedar adheridas al barniz.
- Se debe dejar 1 día de por medio entre cada aplicación del barniz y la siguiente. Son 3 capas de barniz en total.
- Después de terminar con la instalación del piso de madera, se debe evitar que se continúe transitando por el área y proteger nuevamente con nylon o cartón.
- *Instalación de puertas de madera:* Esta actividad puede realizarse antes, durante o después de la instalación del piso de madera. Algunas de los aspectos a considerar en cada caso:
 - Antes: Se debe tener en cuenta el espacio entre el contra piso y la puerta, este espacio es ocupado por el piso de madera.
 - Durante: Cuando el piso de madera está completamente instalado y antes de lijar y barnizar, se pueden instalar las puertas de madera.
 - Después: Una vez terminado el piso de madera se puede instalar las puertas de madera, pero hay riesgo de golpear o ensuciar el piso.
- *Instalación de closets sobre piso de madera:* Esta actividad se debe realizar después de terminar la instalación del piso de madera, cualquier remodelación en un futuro debe permitir remover los closets y tener un piso uniforme.

- *Pintura:* Esta actividad se puede intercalar en algunas áreas donde se vaya terminando de trabajar, evitando que ingrese gente y pueda ensuciar. Aunque a la vez esta actividad induce a ensuciar el área circundante.

7. Conclusiones

Para alcanzar una excelente administración de un proyecto de construcción, optimizando recursos, controlando tiempos de ejecución, personal y materiales es necesario considerar los siguientes puntos:

7.1. Planeación

Dentro de la planeación se deben establecer claramente los objetivos, metas, procedimientos, reglas, programas y presupuestos para realizarlos de la mejor manera. El propósito de la planificación es reducir la incertidumbre que un proyecto se lleve al fracaso. Al establecer claramente los objetivos se logra fijar la mentalidad de un grupo de personas hacia una meta en conjunto. En el camino se consideran los procedimientos que se deben llevar a cabo buscando calidad y mejoramiento continuo en el ámbito laboral. Existen reglas dentro de la empresa que se deben definir y respetar para lograr un ambiente de trabajo saludable. El programa de actividades dentro de un proyecto en construcción es importante para el avance de la obra y para la buena administración de ésta. Y por último, toda actividad está regida por un presupuesto y determinarlo y ejecutarlo a cabalidad es lo que ayuda a ser un buen administrador de recursos.

7.2. Organización

En el caso de la organización es importante definir una serie de actividades requeridas, agrupar estas actividades para el cumplimiento de los objetivos y llegar a delegar a un grupo de personas contratadas para este fin. Dentro de un proyecto de construcción existen metas individuales y metas globales, y es deber de la persona que dirige el proyecto organizar al personal para cumplir ordenada, eficaz y eficientemente estas metas. Adicionalmente, se deben considerar los materiales y el equipo disponibles dentro de la obra y definir la mejor manera de utilizarlos dependiendo las circunstancias.

7.3. Ejecución

Para la ejecución de una serie de actividades contempladas es necesario considerar cuál es el medio para realizarlas. Se cuenta con un factor humano para ejecutar estas actividades, cada persona es diferente y no existe alguien promedio, pero todos tienen necesidades comunes, es importante conocer las necesidades generales del personal que se tiene a cargo. Si se conocen estas necesidades se puede conocer la forma de motivar al personal. Para motivar al personal se debe tener un sitio adecuado de sus condiciones de trabajo y el elogio por su desempeño, entre otras. La comunicación es una herramienta importante para lograr resultados excelentes dentro de la obra. Al explicar las actividades que se deben realizar, las

metas que se deben alcanzar se hacen de forma clara y precisa, no se debe dejar de cumplir un objetivo por falta de comunicación.

7.4. Control

Para poseer el control de la ejecución de actividades dentro de la obra, es necesario establecer estas actividades y luego medir el desempeño de las mismas. Si se tiene organizado al personal en grupos, se puede delegar autoridad a un jefe de grupo y definir las actividades que se deben realizar, diariamente se puede seguir el resultado del trabajo efectuado midiendo el avance de obra. Finalmente, se deben realizar las correcciones necesarias si las actividades no se llevaron a cabo con puntualidad o excelencia.

8. Recomendaciones

Para incrementar la productividad, mejorar la administración, planificar las actividades con antelación, cuantificar material y prever la fuerza laboral necesaria hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El material necesario para cualquier actividad va regido por un presupuesto hecho con anterioridad. Es responsabilidad del ingeniero residente ajustarse a este presupuesto, por lo tanto, es necesario tener conocimiento con antelación de las especificaciones de estas actividades. Muchas veces se debe retroceder hasta el momento en que se realizaron los planos. Hay casos de obras que debido a que los tiempos de entrega son muy cortos empiezan a ejecutar el proyecto sin siquiera tener un juego completo de planos. Incluso la persona que realiza el presupuesto no tiene contacto con la persona que está dirigiendo el proyecto. Por lo tanto, la forma ideal de proceder sería que mientras se va realizando el programa de obra se fuera especificando para cada actividad el material presupuestado. Se debe tener en cuenta que todas estas actividades se realizaron antes de iniciar la obra, porque no se puede presentar un presupuesto y una fecha de entrega sino se cuenta con un programa de obra.
- Si hay actividades fuera de programa, ya sea cambios realizados en obra o que al dueño del proyecto le surjan nuevas ideas, estos cambios deben ser presupuestados de inmediato. Al igual que se debe re-programar las actividades. En ocasiones es poco relevante cuántas veces se realicen cambios en el programa inicial, ya que lo que interesa es conocer a diario si el trabajo es confiable, si se va a cumplir con la fecha de entrega. Cuando surjan esos cambios se deben establecer nuevas fechas y re-programar actividades para no atrasar la entrega final. Se puede optar por determinar duración de actividades basándose el ingeniero residente en su experiencia. Otra opción, que es la más acertada, es dirigirse a una base de datos en donde especifique el trabajo promedio de un albañil para cierta actividad.
- La fuerza laboral es uno de los aspectos más importantes dentro de una obra y al planificar cierta actividad debe de tomarse en cuenta el número de albañiles y ayudantes que deben participar. Normalmente se utilizan dos ayudantes por cada albañil pero a veces el acarreo forma parte importante de la actividad y se necesita de dos ayudantes para que los albañiles puedan trabajar sin detenerse a acarrear material. Igualmente se debe monitorear diariamente el desempeño de los albañiles, porque si se percibe que no están avanzando con el trabajo y que la fecha de entrega está cerca, se deben hacer cambios inmediatos, ya sea que no se cuenta con la cantidad de personal ideal o que hay poco rendimiento. El rendimiento depende mucho de la experiencia.

- Maquinaria y equipo de construcción forman parte diaria en los proyectos. Cuando se desglosan las actividades se debe considerar el equipo necesario para ejecutarlas. Si se tiene pensando extraer ripio de la obra y se solicitan fletes para esto se debe pensar si es extracción de ripio a mano o se va a utilizar una retro-excavadora o un mini cargador. Debido a la demanda que hay en esta área se debe solicitar con suficiente tiempo de antelación. Otro equipo necesario son las compactadoras para conformar plataformas si se tiene planificado fundir contra piso o iniciar la excavación para cimientos.
- Es necesario realizar un estudio completo de suelos antes de iniciar el proyecto. Se pueden dar atrasos de gran magnitud cuando no se ha considerado este renglón.
- Cuando una actividad no se puede realizar en el tiempo que se estipulo en un inicio, es importante optimizar todos los procesos que están dentro de esta actividad e ingresar en el programa de actividades el tiempo necesario para ejecutarla. Luego se debe reestructurar la duración de algunas actividades siguientes para no afectar la fecha de entrega.
- Los acabados pueden ocupar un lugar crítico dentro de un programa de actividades. Los acabados son actividades que requieren mucho tiempo y dedicación para que no haya problemas en un futuro con un cliente insatisfecho. Es la última actividad en el programa, sin embargo, es lo primero que se percibe al hacer la entrega del proyecto. Por lo tanto, se debe dar suficiente tiempo de antelación a las empresas subcontratadas para tomar medidas, obtener materia prima, fabricar producto, etc.

A continuación se muestra un cuadro con las actividades principales que se lograron optimizar:

Actividad	Recomendación para optimización
Conformación de plataforma	Contratar la maquinaria y transporte necesario, establecer un precio por extracción de material (adecuado para la cimentación (ripió, basora, suelo orgánico, etc.)
Preparación de enmazona	El cálculo de pago de mano de obra debe realizarse por cantidad de unidades trabajadas, no se recomienda un sueldo por día ya que se va comprobando en obra que la productividad disminuye.
Excavación de cimentación	Considerar el tipo de suelo a excavar: suelo duro o blando, y la profundidad de excavación. Establecer un precio por m ³ de excavación de material a mano para reducir el tiempo de ejecución.
Levantados de muros	Medir el área de levantado diario y compararlo con la duración de la actividad completa en el programa. Verificar en el presupuesto el costo de esta actividad. Incrementar la cantidad de levantado queriendo reducir el tiempo de ejecución y aumentar el salario.
Armaño y fundición losas	Mismo procedimiento que el levantado de muros (reducir tiempo y aumentar salario). Adicionalmente, mejorar el acabado de las losas para no desperdiciar tiempo y material en nivelarla después.
Actividades fuera de programa	Realizar un presupuesto inmediato y programar el tiempo necesario para llevarlas a cabo. Considerar material, equipo y mano de obra que se requiere y viceversa.
Drenaje de agua subterránea	El drenaje francés es un método efectivo y económico, se realiza con grava o piedra triturada, pero para optimizar el funcionamiento de éste, es necesario colocar una geomalla alrededor impidiendo la erosión del material alrededor. Adicionalmente, el agua conducida por este drenaje debe desembocar en una caja de registro para luego canalizarla al drenaje de aguas pluviales.

Renta de equipo o herramienta

Andamios, plataformas, escaleras, torres y otros barrenos, mezcladores, compactadores, mezcladores, etc. como no se debe tener el equipo se debe llevar un registro de entrada y salida para controlar el costo en las actividades que lo requieren.

Bibliografía

Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México: McGraw Hill/Interamericana de Editores, S. A. de C. V.

Koontz, H., & Weihrich, H. (2004). *Administración. Una perspectiva global*. México: McGraw Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V. .

Sapag, N., & Sapag, R. (2003). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. México: McGraw Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V.

Terry, G. (1987). *Principios de Administración*. México: Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V.

Webb, S. (1981). *Economía de la empresa*. México: Editorial Limusa, S. A.

Otras referencias

Cinterfor. (s.f.). Recuperado el 15 de 02 de 2007, de http://www.cype.es/cypeingenieros/cype_ingenieros.htm

CYPE Ingenieros, S. A. (s.f.). Recuperado el 10 de 05 de 2007, de http://www.cype.es/cypeingenieros/cype_ingenieros.htm

EAFIT, U. *Administración y Control de Proyectos de Construcción*.

El Prisma. *Portal para Investigadores y Profesionales*. (s.f.). Recuperado el 10 de Octubre de 2007, de http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/pertcpm/

Feu Construcciones. (s.f.). Recuperado el 01 de 10 de 2007, de <http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/calidad/doc/index.htm>

León, W. d. (2007). *Resultodo de Estudio de Suelos*.

(s.f.). Obtenido de <http://www.cfeu.com/default.asp?idSeccion=financiera>