

# SISTEMA INTEGRAL PARA LA PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS PARA LAS PYMES DE CONSTRUCCIÓN

*Fecha de aceptación: 01/07/2024*

**González F., José A**

**Zaragoza G., Nicolás**

**Álvarez R., Sergio O.**

**Alcudia V., Carlos**

**Díaz R., José**

**RESUMEN:** Este estudio se enfoca a las PyMES de construcción porque constituyen una gran fuerza constructora en México, pero que por su tamaño y recursos, no invierten en investigación y desarrollo de sus procesos técnico – administrativos. Se diseñó para ser llevado a cabo en tres grandes etapas. Primero se planteó la elaboración de un diagnóstico para identificar problemas, necesidades y requerimientos de las PyMES y saber de esta manera el estado actual de la práctica en relación con la planeación y control de proyectos. Los resultados llevaron a considerar que las PyMES tienen que implementar varias modificaciones y ajustes a su práctica actual, para lograr que las fases de planeación y control sean más completas e integrales. Aún más, se dedujo que no cuentan con un sistema integral

de cómputo para manejar la gran cantidad de información que se genera durante los procesos de administración, indispensable para una buena toma de decisiones. En la segunda etapa, con base en el diagnóstico, se propuso desarrollar un modelo conceptual que enmarcara integralmente las funciones de planeación y control de proyectos y que pudiera adaptarse a las diferentes PyMES que lo adoptaran. En la siguiente etapa se desarrollaron las herramientas computacionales con base en el modelo conceptual, para apoyar la eficiencia y eficacia de las empresas. El desarrollo de software resulta indispensable para maximizar el impacto en la práctica.

## INTRODUCCIÓN

Existe evidencia que las pequeñas y medianas empresas (PyMES) de la industria de la construcción en México dedican un gran esfuerzo al estimado de los costos de construcción, poniendo poca atención en los aspectos de la planeación de sus proyectos. Lo anterior es probablemente impulsado por los propios contratantes, quienes toman sus

decisiones para asignar los proyectos con base principalmente en los aspectos económicos de las licitaciones de obra, minimizando la importancia de los aspectos administrativos y técnicos que conlleva la construcción de un proyecto. Sin embargo, sin una planeación detallada es poco probable que el proyecto se pueda controlar adecuada e integralmente, lo que reduce sustancialmente sus probabilidades de éxito. Sin estos elementos los constructores no pueden tomar decisiones acertadas y oportunas, lo que hace muy difícil que puedan alcanzar sus objetivos de tiempo y costo que los propios contratantes les exigen y cuya capacidad de lograrlos determina el prestigio y viabilidad de la propia constructora.

Las empresas abordadas en este estudio son las PyMES de la construcción, pues constituyen una gran fuerza constructora en México y que, por su tamaño y recursos, no invierten en investigación y desarrollo de sus procesos técnico – administrativos. El estudio tuvo la intención de apoyar las mejoras tecnológicas de las PYMES en la práctica de la gestión de proyectos.

Muchas investigaciones han abordado problemas similares en el ámbito internacional y han concluido que es conveniente integrar el costo y el tiempo durante la elaboración de los planes para la ejecución de los proyectos de construcción. Esta meta podría lograrse si también se lleva a cabo integralmente las fases de planeación y control. Por ejemplo, Syal *et al.*, (1992) propusieron en “Construction Project Planning Process Model for Small – Medium Builders” un enfoque integral como el que se menciona. Sin embargo, aunque otros modelos han sido desarrollados en apoyo a las PYMES (Syal *et al.*, 1992), el contexto y los objetivos considerados distan mucho de las condiciones enfrentadas por las PYMES en los países en desarrollo.

En la FIUADY se ha abordado el problema en el ámbito de una región mexicana. González y Domínguez (1998) reportan un “Sistema integral automatizado de control de costos de construcción para empresas medianas” y González y Tirado (1998) lo hacen sobre un “Prototipo de un sistema para la administración de materiales en proyectos de construcción masiva de vivienda”. Éstos y otros estudios llevados a cabo en la región comparten dos aspectos notables: a) la realización de encuestas administradas a empresas constructoras enfocadas a conocer el estado actual de la práctica de la administración de proyectos en diferentes campos, así como sus necesidades y requerimientos al respecto y b) propuesta de modelos de sistemas para apoyar en la resolución de los problemas encontrados.

En la primera fase del presente estudio, la información previa con respecto a las PyMES con que se contaba fue actualizada y enfocada más específicamente a diagnosticar algunos importantes aspectos de las funciones administrativas de planeación y control; asimismo, se actualizó los problemas, necesidades y requerimientos de estas empresas en relación a esta temática. En esta ocasión, una muestra de 23 empresas de la Delegación Yucatán de la CMIC fue encuestada. El diagnóstico reveló, entre otros puntos que:

- 22% de las empresas no planean en absoluto.
- 86% de las empresas que planean utilizan el diagrama de barras de Gantt como su única herramienta de planeación. Esos diagramas, sin embargo, no son obtenidos de procedimientos más completos como la programación a través de redes (CPM, PDM, o similares).
- La planeación de recursos es realizada sólo por el 64% de las empresas y el propósito principal es sólo para cumplir los requerimientos para las licitaciones de obra. Una vez que las empresas son contratadas, solo el 26% de ellas revisa sus planes originales antes de iniciar la fase de ejecución del proyecto, y sólo el 10% durante la fase de construcción.
- De las empresas que sí planean el 68%, es decir el 43.5% de la población encuestada, usan programas de cómputo con ese propósito. Sin embargo, la mayoría utilizan programas que fueron diseñados principalmente para el análisis de precios unitarios y elaboración de presupuestos, en los que sus herramientas para llevar a cabo una planeación detallada y un posterior control integral son muy pobres.

Esto lleva a considerar que las PyMES tienen que implementar varias modificaciones y ajustes a su práctica actual de administración de proyectos de construcción para lograr que las fases de planeación y control sean más completas e integrales. Aún más, del hecho de que menos de la mitad de las empresas usen buenos programas de cómputo para la función de planeación se deduce que no cuentan con un sistema integral de cómputo para manejar la gran cantidad de información que usualmente se genera durante los procesos de administración y que es indispensable para una buena toma de decisiones.

Para apoyar a las PyMES a resolver los problemas mencionados, primero fue necesario desarrollar un modelo conceptual que enmarcara integralmente las funciones de planeación y control. Luego se desarrollaron las herramientas computacionales con base en el modelo conceptual, para coadyuvar a incrementar la eficiencia y eficacia de las empresas. Como sugiere Liberatore *et al.* (2001), para maximizar el impacto en la práctica, la integración de nuevos métodos de planeación y control en la administración de proyectos debe incluir el desarrollo de software.

## **METODOLOGÍA. ENCUESTA**

La primera parte de esta investigación se concentró en el “qué”, es decir ¿de qué maneras las empresas administran sus proyectos?, ¿cuáles son las herramientas que las empresas utilizan para administrar sus proyectos? Debido a que el objetivo es desarrollar hipótesis pertinentes y propuestas de solución, este tipo de preguntas proporcionan el fundamento para conducir un diagnóstico (Yin, 1994). De acuerdo a Yin (1994), este caso reúne las condiciones para seleccionar una encuesta como estrategia de investigación.

Estrategia	Tipo de pregunta de investigación	¿Requiere control sobre los eventos conductuales?	¿Se enfoca en eventos contemporáneos?
Encuesta	Quién, qué, dónde, cuánto, cuáles	No	Sí

Tabla 1. Situaciones relevantes para escoger la encuesta como estrategia.

Por lo tanto se escogió la encuesta como herramienta, por lo que se diseñó un cuestionario personal estructurado para identificar problemas, necesidades y requerimientos relacionados a la práctica de administración de proyectos de las PYMES de la construcción que tuvieran su base en el estado de Yucatán, México. Este tipo de instrumento permitió la interacción directa con los entrevistados, lo que facilitó la aclaración de dudas que surgieron durante las entrevistas. Adicionalmente, fue posible observar las reacciones de los entrevistados mientras respondían las preguntas, como una manera de validar sus respuestas.

La unidad de análisis fue el conjunto de las empresas constructoras medianas y pequeñas cuya base fuera la ciudad de Mérida, Yucatán, y que estuvieran registradas en la CMIC. En el momento de la realización del estudio 291 empresas estaban registradas en esta cámara empresarial. La muestra fue calculada considerando; a) población, b) grado de certeza deseable, c) restricciones de tiempo y d) recursos disponibles para la investigación. El procedimiento consistió de los siguientes pasos:

- Revisión de literatura en relación a las funciones administrativas de planeación y control de proyectos
- Diseño del cuestionario
- Prueba piloto del cuestionario
- Identificación de deficiencias en el cuestionario y ajustes consecuentes
- Administración del cuestionario final
- Análisis e interpretación de resultados
- Conclusiones

El tamaño de la muestra se determinó de acuerdo a la guía proporcionada por Cochran (1996), quien considera adecuada la expresión mostrada a continuación, ya que a) es apropiada para diagnósticos, b) permite establecer límites al error permisible con base en la disponibilidad de recursos y c) permite ajustes para pequeñas muestras.

$$n_o = t^2 PQ / d^2$$

Donde:

$n_o$  = Tamaño de la muestra (Número de empresas a ser entrevistadas)

$t$  = Abscisa de la función de distribución normal estandarizada para el porcentaje de error aceptable ( $t = 1.645$  para un error admisible de 10%)

$P$  = Porcentaje de la población en clase C

$Q = 100 - P$  (porcentaje )

$d$  = Porcentaje de error admisible

El valor de P se dedujo con el siguiente razonamiento: aproximadamente el 10% de las empresas cuentan y usan las herramientas adecuadas para llevar a cabo la planeación y control de sus proyectos. El valor de d, 10%, se escogió considerando dos factores: 1) la magnitud del estudio (diagnóstico en este caso) y 2) los recursos disponibles para llevar a cabo el estudio, en este caso principalmente los encuestadores. Como sugiere Cochran, el número resultante de 24.4 tuvo que ser ajustado utilizando la fórmula siguiente, debido a que se tenía una condición de pequeñas muestras:

$$n = n_o / (1 + (n_o / N))$$

Donde:

$n$  = Tamaño de muestra final

$N$  = Tamaño de la población

Esto resultó en un tamaño de muestra final de 23 empresas, que fueron seleccionadas aleatoriamente de entre las 291 registradas en la CMIC.

Para poder obtener información valiosa, el cuestionario para la encuesta se diseñó consultando literatura relacionada con la planeación y control de los proyectos de construcción. Se desarrolló un diagrama de árbol para apoyar el desglose o la estructuración de la información importante, llegándose a un cuestionario preliminar con 140 preguntas. La versión final consistió de 65 preguntas seleccionadas como las más importantes para obtener información relevante para el estudio. Éstas 65 preguntas se agruparon en cuatro áreas principales: 1) información general de las empresas – 4 preguntas, 2) planeación de la construcción – 31 preguntas, 3) control de la construcción – 28 preguntas y 4) deseo de colaborar en el desarrollo de una propuesta – 2 preguntas.

En la prueba piloto para calibrar el cuestionario participaron 4 profesores de la FIUADY, seleccionados entre aquellos que contaban con experiencia gerencial en la industria de la construcción, así como el ejecutivo de una empresa constructora.

A la llegada a la empresa, el entrevistador solicitaba la colaboración de alguna persona con el conocimiento para responder el cuestionario. A los entrevistados se les

entregaba una copia del instrumento para hacer más expedito el proceso y evitar cansarlos. La mayoría de los participantes fueron los propios dueños o gerentes generales de las empresas, quienes en todo momento se mostraron amables y cooperativos. Las entrevistas se desarrollaron a lo largo de 4 semanas.

A grandes rasgos se puede esquematizar un análisis de los resultados de la encuesta, en relación con la práctica actual en la administración de los proyectos, que se resume en la figura 1. Esto se puede comparar con un esquema teórico derivado de la literatura, que se muestra en la figura 2.

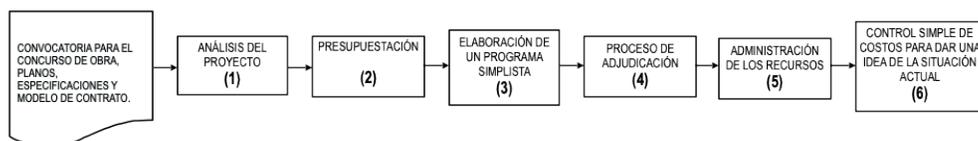


Figura 1. Práctica actual en la administración de la ejecución de los proyectos de construcción.

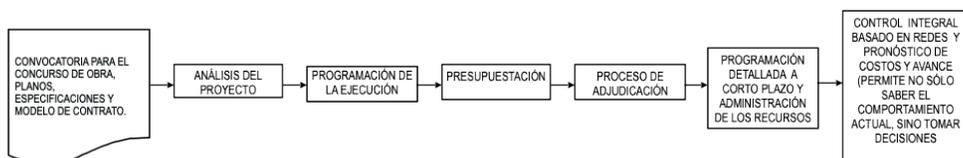


Figura 2. Esquema Teórico de la planeación y control de proyectos de construcción.

## ESCENARIO BÁSICO

Del diagnóstico se pueden deducir varios aspectos que llevan a un escenario común para la mayoría de la PyMES que están a punto de iniciar la fase de ejecución de un proyecto de construcción. Algunos de estos aspectos son los siguientes:

- El sistema de precios unitarios es el más común para la contratación de los proyectos de construcción en México.
- Las propuestas para la asignación de los contratos son principalmente evaluadas en términos económicos, dando muy poca importancia a otros aspectos importantes tales como una planeación adecuada.
- Como resultado de la práctica inmediata anterior, los contratistas concentran sus esfuerzos en la integración de una propuesta para licitar basada en principalmente en términos económicos. Este esfuerzo, así como la experiencia de la empresa se pueden resumir en un solo documento: el presupuesto de obra.
- Este documento no contiene suficiente información para administrar adecuadamente la obra (o proyecto de construcción).

Así, una vez que a una empresa se le ha asignado un contrato, se encuentra que sólo cuenta con los siguientes documentos para administrar el proyecto: a) el *contrato de obra* obtenido principalmente a través de una licitación o concurso de obra; b) un *presupuesto detallado* en base a precios unitarios para ejecutar la obra asignada; c) un conjunto de *planos y especificaciones* del proyecto y d) un *programa de obra* muy simple, generalmente en la forma de un diagrama de barras o de Gantt. Debido a que este escenario ocurre en el tiempo comprendido entre la asignación del contrato y el inicio de la ejecución, alrededor de una semana, se recomienda muy enfáticamente a las PYMES llevar a cabo una planeación detallada y diseñar un esquema de pre – control en este corto periodo; esta sería la única manera de implementar un control integral y eficiente que lleve a una adecuada y oportuna toma de decisiones.

Queda claro que el modelo a diseñar tenía que: a) estar basado en el sistema de precios unitarios, b) incluir la planeación a detalle que debe ser realizada en un período muy corto y c) facilitar el uso de la información que ya se incluyó extensivamente en el presupuesto detallado, tal como el rendimiento de la mano de obra y del equipo y los recursos resultantes de las cuantificaciones.

## Esquema de Partida

Debido a que el propósito de este trabajo era mejorar en la práctica los procesos de administración de proyectos, se parte entonces del esquema que se muestra en la figura 2, en el cual se propone sustituir los procesos 5 y 6 de la figura 1 por los procesos generales A, B, C y D, de la figura 3.

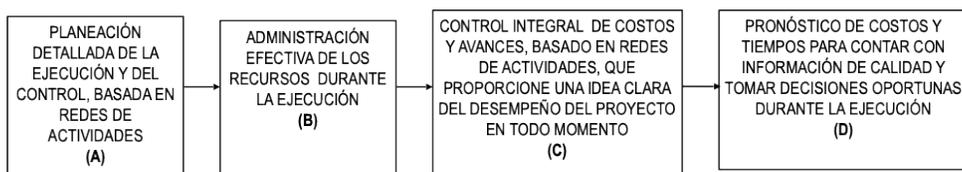


Figura 3. Propuesta general esquematizada para mejorar la administración de la ejecución de los proyectos de construcción.

## DESARROLLO DEL MODELO

Los resultados de la investigación claramente muestran a los autores cuatro importantes áreas (o fases) que deben ser mejoradas en la práctica actual y que por lo tanto deben ser incluidas en la propuesta: a) Planeación detallada de la fase de ejecución, b) Administración efectiva de recursos, c) Control integral de costos y tiempos, en tiempo real y c) Pronóstico de costos y tiempos. De lo anterior se deriva el primer esquema para abordar el problema, el cual se muestra en la figura 4.

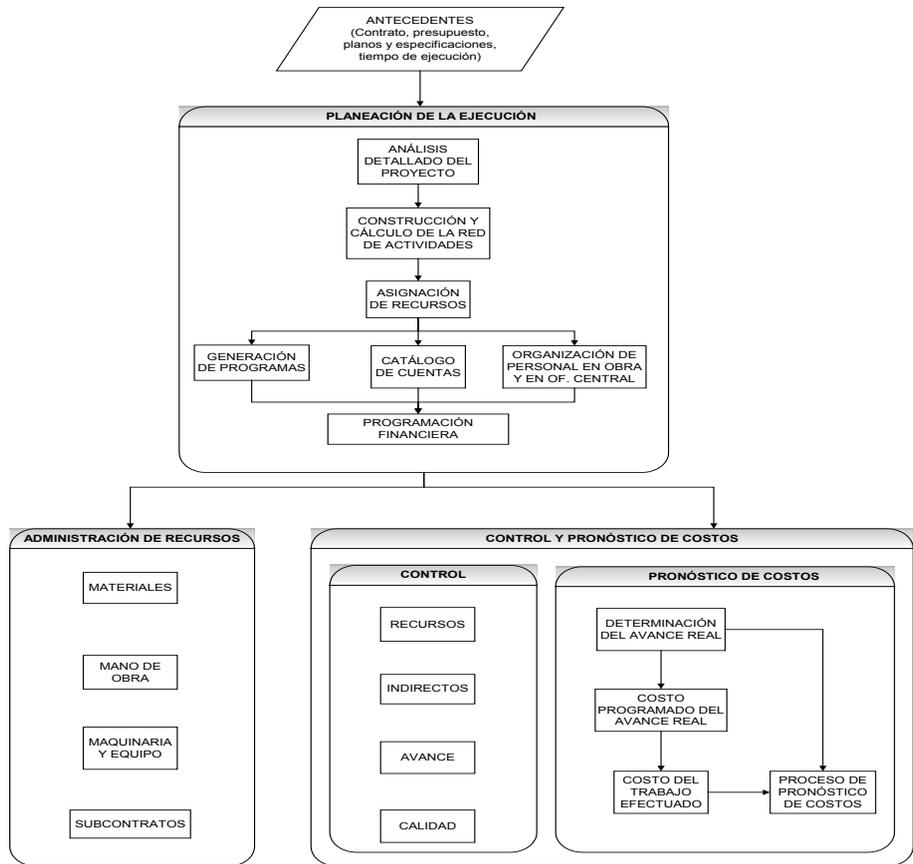


Figura 4. Esquema general del modelo de sistema propuesto.

## Planeación detallada de la fase de ejecución

Una premisa básica para el desarrollo del sistema es que la mayoría de las PyMES no elaboran una planeación detallada basada en la programación por medio de redes. Por lo tanto, esto necesita ser el punto de partida, del que dos aspectos adicionales se deben abordar: 1) la administración de los recursos y 2) el control del desempeño del proyecto. La encuesta de Alcuía revela que los constructores realmente sí controlan sus proyectos, pero dicho control no se deriva de un proceso de planeación exhaustivo. Esta consideración lleva a la siguiente pregunta: ¿cómo se puede implementar un control efectivo si durante la planeación el tiempo y el costo son tratados separadamente? Esta característica ha sido identificada también por Syal *et al.* (1992) en estudios similares. Por lo tanto, otra importante meta del modelo sería la integración del costo y el tiempo necesaria para una administración más integral y efectiva.

Se propone que esta primera fase se integre con cinco etapas diferentes que se pueden observar en la figura 5a y 5b; cada etapa se compone de varios pasos que requieren

una explicación un tanto prolongada, por lo que sólo se incluye una breve explicación en los próximos párrafos. La propuesta responde a las necesidades y requerimientos encontrados en la encuesta y confrontados con la teoría y la práctica aceptada de administración de proyectos.

La primera y más importante tarea que las PyMES tienen que llevar a cabo es elaborar un *programa detallado de actividades* basado en *diagramas de redes* siendo por lo tanto, uno de los primeros pasos, definir las actividades. Y ya que las PyMES tienen escasamente una semana desde la fecha de asignación del contrato hasta el inicio de los trabajos en campo, es indispensable contar con las herramientas adecuadas para preparar el programa detallado de una manera expedita. Las PyMES también deben tomar ventaja de la información reunida durante la preparación del presupuesto de obra, y por lo tanto necesitan también herramientas para realizar consultas rápidas a este documento, suponiendo que está en un medio digital, mientras preparan el programa detallado paralelamente. Los resultados de esta etapa son *la lista de actividades* y sus *duraciones*.

En la segunda etapa, una vez que se cuenta con la lista de actividades, las PyMES tienen que *establecer las relaciones* entre ellas, *dibujar la red* de actividades y realizar *los cálculos de los tiempos*. A continuación, tienen que realizar los ajustes necesarios a “la red” para cumplir con la fecha de terminación establecida en el contrato, llegando finalmente al “programa general de obra”, conocido también como “programa maestro”.

A continuación, es muy importante distribuir los recursos de los *conceptos de costo* del presupuesto de obra en las actividades del programa. La definición de los conceptos de costo del presupuesto de obra en el esquema de *precios unitarios* es, en muchas ocasiones, muy diferente de la definición de las *actividades* del programa, sin embargo la misma cantidad y costo de los recursos del presupuesto tienen que ser distribuidos. Para este paso, las PyMES tienen que hacer uso de las tecnologías actuales; esta propuesta recomienda el uso de una hoja electrónica que integre los *recursos presupuestados* con el *tiempo programado*. A esta hoja electrónica se le denominó HEIAP en esta propuesta. Los resultados de esta tercera etapa es la integración del costo y el tiempo en un medio digital (HEIAP) y los *programas de consumo de recursos*.

La siguiente etapa consiste en calcular y analizar el flujo de caja del proyecto, combinando el programa de obra, las condiciones contractuales y las condiciones de los proveedores, con el objeto de contar con las opciones de financiamiento para el proyecto; la HEIAP tiene el potencial de facilitar esta tarea.

La última etapa de esta fase consiste en definir el *catálogo de cuentas de costo*, que será utilizada durante la fase del Control, para lo cual la HEIAP puede ser también de gran utilidad. La organización de la información en esta HEIAP tiene, al menos, tres categorías: *grupo de actividades*, *actividades* y *recursos de las actividades*, pudiendo entonces el catálogo tener la misma organización. La cantidad y costo unitario de cada recurso de cada actividad serán la información básica para cada *cuenta de costo*.

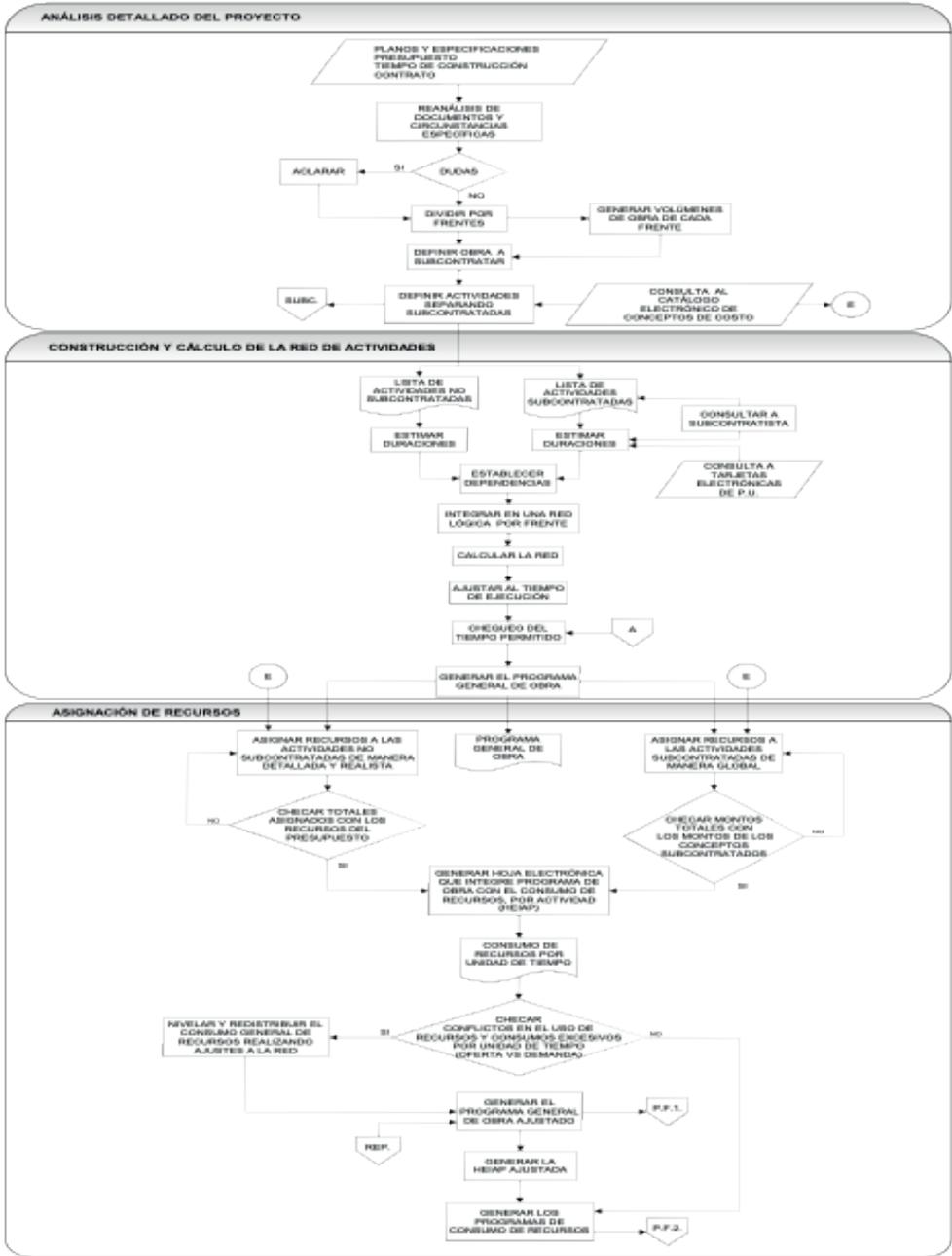


Figura 5a. La planeación de la ejecución

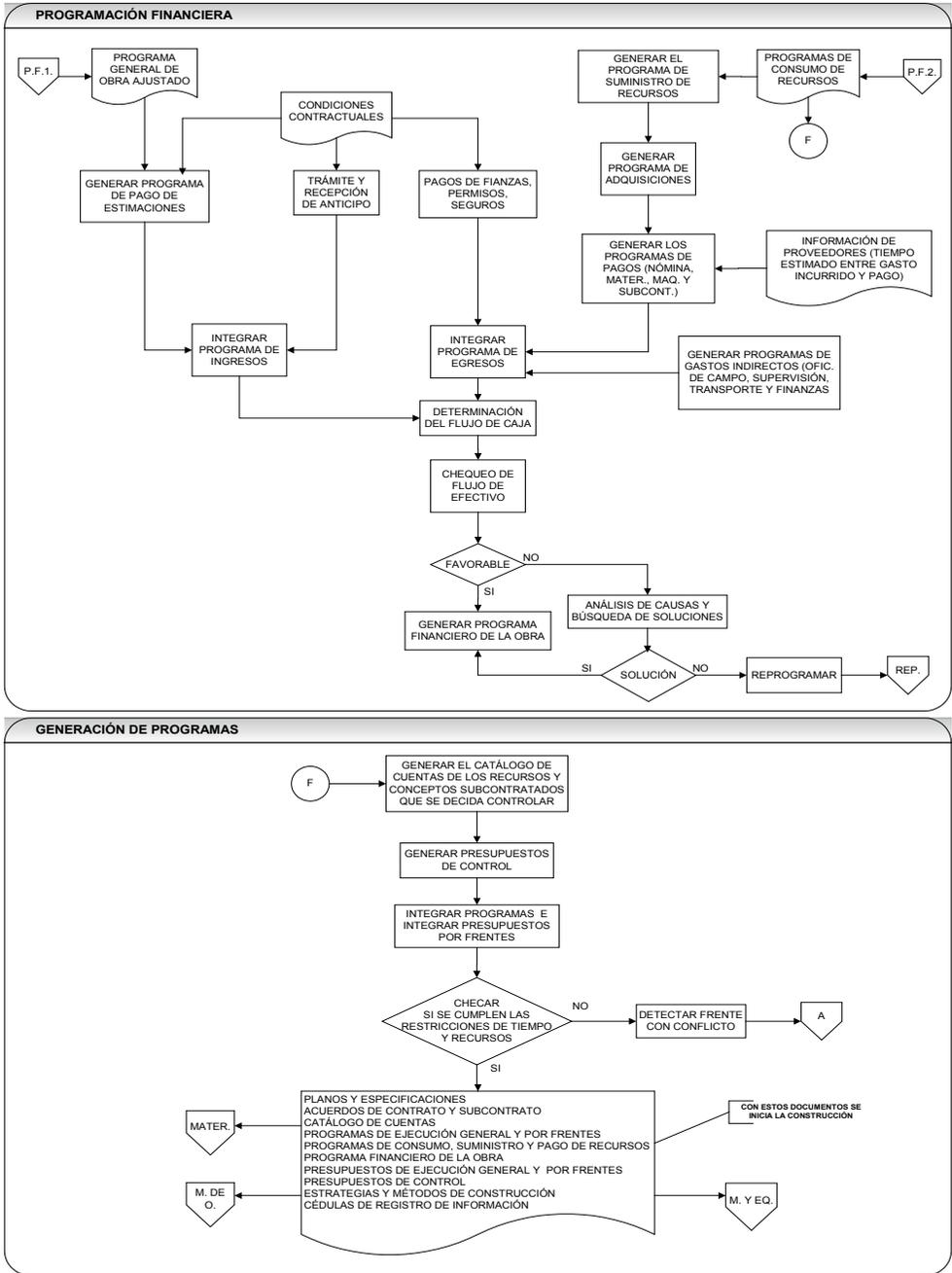


Figura 5b. La planeación de la ejecución (continuación).

El propósito general de esta fase es lograr tener todos los documentos necesarios para administrar efectivamente el proyecto, justo antes de iniciar su ejecución. Estos documentos (de preferencia en medios electrónicos) van del contrato, los planos y las especificaciones, hasta el catálogo de cuentas, los procedimientos y estrategias constructivas y los controles para recabar la información de campo, incluyendo toda clase de planes, programas y calendarios. Sólo a través de una estrategia de planeación integral, las PyMES estarán en la posición de manejar efectivamente sus recursos durante la ejecución, diseñar y llevar a cabo un control integral y tomar las mejores decisiones posibles importantes para el buen desempeño del proyecto (Russel *et al.*, 1997).

## Administración efectiva de los recursos

Para satisfacer algunos de los requerimientos identificados en la encuesta, se consideró conveniente que el modelo debería facilitar: a) la obtención y manejo de los datos generados en campo para análisis y toma de decisiones y b) la generación de programas y documentos de consumo, adquisición y pago de los recursos. En otras palabras era necesario establecer una administración efectiva de los “*recursos directos*” y debería estar basada en un proceso de planeación a partir del procedimiento de programación por medio de redes.

Los recursos que esta propuesta recomienda para una administración efectiva son: *materiales, fuerza de trabajo, maquinaria y equipo, subcontratos e indirectos*. Además se consideró que tanto los aspectos administrativos como los técnicos tendrían que ser mejorados. Los aspectos administrativos se refieren a lograr la disponibilidad de los recursos en la obra con las características de “puntualidad”, “cantidad adecuada” y “de acuerdo con las especificaciones”. Los aspectos técnicos se refieren a lo que también se conoce como *control del desempeño o ingeniería de costos*, y se trata de lograr que los “costos reales” y el “avance real” sean lo más cercano posible a los “planes” (programas, calendarios, presupuestos, flujo de efectivo, etc.).

El modelo propuesto incluye un esquema para cada uno de los recursos mencionados, pero sólo se muestra y se explica el de los materiales en este documento, por razones de espacio.

## Administración de Materiales

En la encuesta los entrevistados mencionaron que, con respecto a los materiales, ellos buscan “calidad”, “precios competitivos” y “suministrados a tiempo”. Esto parece ser contradictorio con la práctica, pues para lograr lo anterior es indispensable realizar algunas tareas que normalmente se pasan por alto, o cuando menos no se les da la importancia debida, tales como la preparación de un *programa de adquisición de materiales*

que considere la capacidad y confiabilidad de los proveedores y los recursos financieros disponibles en la empresa. Aún más, dicho programa debiera ser lo suficientemente flexible para tomar en consideración posibles contingencias.

En la figura 6 se observa que el punto de partida es la información que proviene de de los siguientes programas: “de necesidades semanales”, “de consumo y suministro” y “de adquisición y pago”. El residente de obra tiene un papel muy importante en esta fase, con la función adicional de revisar y reportar el *consumo real de materiales*. El almacenista debe coadyuvar con esta tarea enlistando cada material entregado a los obreros (*vale de salida* de almacén). Es importante considerar que en cada vale de salida se debe especificar la actividad o grupo de actividades en los que el material será usado. Esta información es muy importante para el modelo, porque el material consignado en los vales forma parte de la información *costos reales* que corresponden al *avance real*, lo que tiene que ser comparado con *costos programados* y *avance programado* para la evaluación del desempeño del proyecto.

El residente puede generar y administrar esta información con facilidad a través de la HEIAP que ya se mencionó. Esto debería hacerse semanalmente de preferencia (quincenalmente a lo mucho), con el objeto de detectar desviaciones al programa y tomar decisiones oportunas.



## Control y pronóstico de costos

De acuerdo con la encuesta las PyMES tienen una clara idea del objetivo final de un buen *sistema de control*, cuya implementación es una respuesta no sólo a requisitos probablemente impuestos por el cliente, sino también a sus propios intereses. Sin embargo, con respecto a los recursos, no existe un consenso general acerca de “que debe ser controlado”. Por ejemplo, algunos se enfocan a la “administración de todos los recursos” (todos deben ser administrados), mientras que otros prefieren el “control de los recursos” (utilizando la Ley de Pareto).

El *control de costos* es un proceso que permite saber el desempeño real de un proyecto con respecto al costo y al tiempo. Durante la administración de los recursos, se genera una gran cantidad de información que tiene que ser recabada, organizada y analizada para ser comparada con los planes. Sólo entonces será posible identificar el origen de la variabilidad, evaluar los riesgos y tomar las decisiones pertinentes para mejorar el desempeño del proyecto (Isidore y Back, 2002). El *pronóstico de costos* es una herramienta fundamental para conocer las “tendencias en el desempeño” (costos futuros, por ejemplo). Ya que el pronóstico utiliza una gran cantidad de información generada durante la fase de control de los recursos, el modelo aborda ambas fases simultáneamente.

En esta propuesta se recomienda cinco diferentes etapas para llevar a cabo el control y el pronóstico de costos, como se muestra en la figura 7:

- a. Determinación del *avance real*. De aquí es relativamente fácil obtener el trabajo real terminado. Se aconseja efectuar esta tarea semanalmente.
- b. Determinación de los *costos programados* de acuerdo al avance real (valor real del proyecto). Es fácil de obtener ingresando el avance real en la HEIAP. Esta tarea debe ser realizada semanalmente o quincenalmente cuando mucho.
- c. Obtención de los *costos reales* correspondientes al trabajo real efectuado. El ingreso de los costos reales en el sistema debe realizarse diariamente, pero no más de una vez por semana dependiendo del tipo de recurso.
- d. Preparación del *reporte y evaluación del control de costos*. Estos reportes deben prepararse con una periodicidad no mayor a las dos semanas con el objeto de poder tomar decisiones oportunas.
- e. Elaboración del *pronóstico de costos*. Aquí la idea es determinar las tendencias de costos futuros e inferir el costo final, ganancia y precio de venta finales, contingencias reales y fecha final de terminación de los trabajos.

## DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

El objetivo de esta etapa del estudio fue desarrollar un sistema computacional que automatizara el manejo de información que se genera durante la administración de los proyectos de las PyMES, auxiliando específicamente durante los procesos de planeación de la ejecución, el control de costos y la toma de decisiones.

El desarrollo se dividió en tres etapas, considerando que ya se contaba con los requerimientos de los sistemas, obtenidos a través de la encuesta, y con el modelo conceptual. La primera etapa fue la estructuración del sistema utilizando la ayuda de una herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering) la cual permitió establecer las clases y superclases que conforman la estructura interna del sistema así como sus relaciones entre ellas. Durante esta etapa, llamada también *arquitectura del software*, se decidió la creación de dos sistemas computacionales que luego se le denominaron TitanWfi y ControlWfi, los cuales a su vez fueron divididos en módulos y submódulos. Fueron diseñados utilizando el desarrollo multicapa. El diseño se hizo con base en la identificación de las entidades de negocio para los casos de uso principales detectados durante la fase de obtención de requerimientos. También fueron identificadas las relaciones entre las entidades y las reglas de negocio que son pertinentes de acuerdo a las necesidades de los usuarios en cuanto a los procesos que deben efectuar estos sistemas.

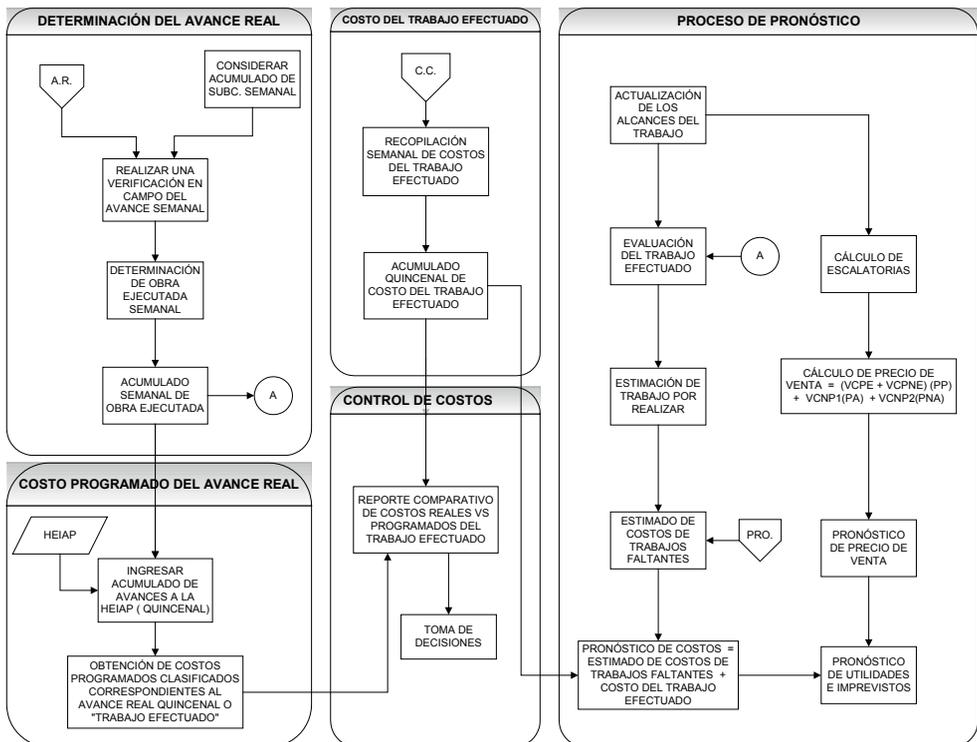


Figura 7. Control y pronóstico de costos.

En esta etapa también se definió cuales entidades dentro del sistema serían persistentes en el tiempo y se definió la base de datos con todos sus atributos y relaciones. Se eligió Microsoft Access Jet 4.0 como manejador de las Bases de Datos. En la figura 8 se muestra un ejemplo de una porción del diagrama E-R (Entidad – Relación) que muestra cuales entidades se relacionan entre sí y como lo hacen. En este caso se muestra una orden de compra del sistema de ControlWfi.

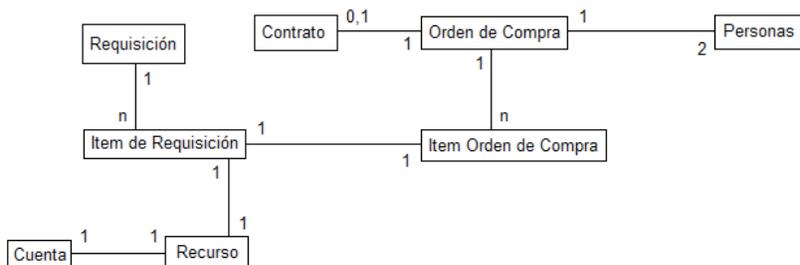


Figura 8. Diagrama E-R (Entidad – Relación).

En la segunda etapa se definió la interfase de usuario la cual permitió manejar las entidades y la base de datos, desde el punto de vista del usuario final. Se escogió Visual Basic como herramienta para desarrollar los dos sistemas.

En la última etapa se procedió a probar la implementación de todas las funciones de los dos sistemas, se elaboraron manuales y tutoriales guías para su utilización y para la capacitación de futuros usuarios del mismo.

El programa TitanWfi, se encuentra totalmente concluido y ha sido probado y evaluado en proyectos reales. Los submódulos que lo integran son los siguientes:

- Creación “manual” de actividades.
- Creación “automática” de una estructura de actividades (que puede ser ajustada), a partir de la importación de un presupuesto creado en software existente para la elaboración de precios unitarios y desplegado en forma gráfica mediante un diagrama de árbol.
- Establecimiento de las relaciones entre actividades, utilizando el método de programación conocido como PDM (Método del Diagrama de Precedencias) del cual el CPM (Método de la Ruta Crítica) sería una derivación. Moder y Phillips (1997).
- Asignación de duraciones a las actividades, con ayudas para estimarlas a través de consultas al software de precios unitarios.
- Cálculo de la red de actividades, elaboración de diagramas y calendarización.
- Asignación de recursos por actividad, transfiriendo los recursos del software de precios unitarios y llevando el record de que operaciones ha realizado y la

contabilidad de los recursos del presupuesto que han sido asignados.

- Distribución de los recursos por actividad y cálculo de los programas de consumo, adquisición y pago de los recursos, permitiendo una organización estructurada de la información
- Creación del catálogo de cuentas a partir de la organización estructurada de los recursos.

El programa ControlWfi no ha sido concluido en su totalidad, pero varios de sus módulos ya han sido probados y evaluados en proyectos reales. Los módulos de que consta son los siguientes:

- Módulo para la administración de los materiales, que puede realizar la siguientes acciones:
  - Programar los materiales.
  - Crear reportes de necesidades de materiales.
  - Crear requisiciones de material.
  - Elaborar órdenes de compra de materiales.
  - Crear registros de las entradas de material a almacén.
  - Crear registros de las salidas de material de almacén.
  - Crear gráficas de existencias en almacén.
  - Crear reportes del manejo de los materiales.
- Módulo para la administración de la mano de obra, que puede realizar las siguientes acciones:
  - Programar la mano de obra.
  - Crear reportes de reclutamiento.
  - Crear estimaciones de destajos.
  - Crear reporte de estimaciones.
- Módulo para la administración de la maquinaria y equipo, que puede realizar las siguientes acciones:
  - Programar la maquinaria y equipo.
  - Controlar el uso de horas máquina.

Módulo para la administración de los subcontratos, que puede realizar las siguientes acciones:

- Programar los subcontratos.
- Crear las estimaciones del avance de los subcontratos.
  
- Módulo para la administración de los indirectos, que puede realizar las siguientes acciones:
  - Crear registros de los gastos indirectos.
  
- Módulo para el control de los costos, que puede realizar las siguientes acciones:
  - Determinar el avance real de las actividades.
  - Crear curvas de costos acumulados.
  - Crear reportes detallados sobre el desempeño del proyecto.

Adicionalmente, ambos programas cuentan con submódulos o herramientas que permiten:

- Manejar la base de datos.
- Manejar el catálogo de personas y proveedores.
- Manejar el catálogo de almacenes.
- Manejar las cuentas de costos.
- Manejar el catálogo de materiales.
- Manejar el catálogo de mano de obra.
- Manejar el catálogo de maquinaria y equipo.
- Manejar el catálogo de subcontratos.
- Manejar el catálogo de indirectos.
- Importar registros de recursos de un presupuesto.

En las Figura 9 y 10 se muestran pantallas de los programas TitanWfi y ControlWfi.

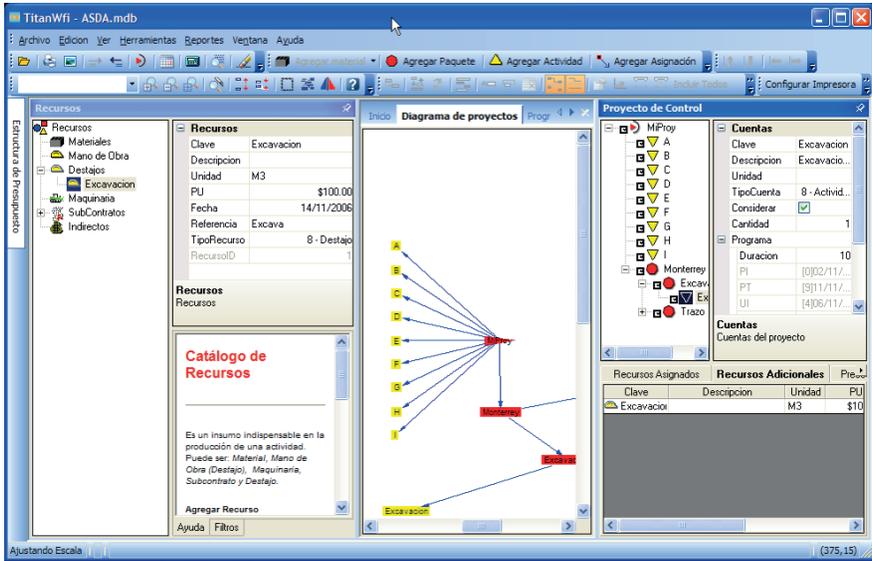


Figura 9. Pantalla de TitanWfi.

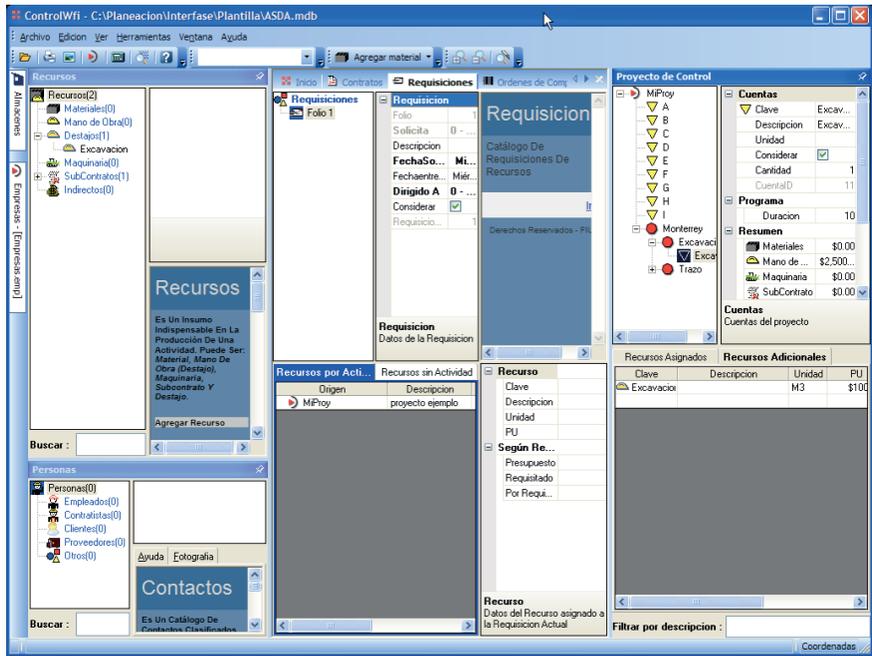


Figura 10. Pantalla de ControlWfi.

## CONCLUSIONES

- La planeación de proyectos es abordada de una manera muy superficial por las PyMES de construcción. Se basa principalmente en experiencias pasadas, escasamente documentadas y un análisis riguroso de información se hace sólo de manera ocasional.
- Después de que un contrato es asignado, las PyMES no se dedican a preparar un plan detallado de la ejecución del proyecto, el cual es indispensable para poder realizar un control integral.
- En consecuencia se propone un modelo sistema integral para la planeación y control de proyectos, que entre otras cosas integra el costo y el tiempo y fue diseñado para responder a las necesidades de un escenario común que se presenta en las empresas antes de iniciar la ejecución de sus proyectos de construcción. El modelo incorpora la valiosa opinión de expertos y administradores de proyectos. Su objetivo fue hacer las veces de guía para que las PyMES puedan llevar a cabo de manera expedita sus procesos de planeación detallada y precontrol; debe ser la base también para una administración efectiva de los recursos, del costo y del tiempo.
- Se desarrollaron también las herramientas para facilitar las tareas incluidas en el modelo propuesto, consistentes en dos programas de cómputo denominados TitanWfi y ControlWfi. El primero se encarga de la fase de planeación detallada y el segundo de la administración de los recursos y el control de costos y tiempo.
- El modelo conceptual propuesto y el software desarrollado constituyen el prototipo de un sistema integral para la planeación y control de los proyectos de construcción de la PyMES, debiendo tener la característica de ser lo suficientemente flexible para que sea adaptado a los requerimientos específicos de las empresas.

## REFERENCIAS

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción – CMIC (2004). “Information provided by Lic. Víctor Lozano García in a Excell file”, *Head of CMIC’s Economics and Statistics*, November, 2004.

Syal, M G, Grobler, F, Willenbrock, J H, and Parfitt, M K (1992) Construction Project Planning Process Model for Small-Medium Builders. *Journal of Construction Engineering and Management*, (New York), Vol. 118, No. 4, p. 651-666.

González F, J A y Domínguez L, J A (1998) Sistema integral automatizado de control de costos de construcción para empresas medianas. *Revista Ingeniería de Construcción*, (Chile), No. 18, pp. 16-32.

González F, J A y Tirado N, I (1998) Prototipo de un sistema para la administración de materiales en proyectos de construcción masiva de viviendas. *Ingeniería, Revista académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, (México), Vol. 2, No. 3, pp. 21-42.

Liberatore, M J, Pollack-Johnson, B, and Smith, C A (2001) Project Management in Construction: Software Use and Research Directions. *Journal of Construction Engineering Management* (Reston), Vol. 127, No. 2, pp. 101-107.

Yin, R K (1994) *Case Study Research: Design and Methods*, Sage Publications, California, 170 pp.

Cochran, W G (1986) *Técnicas de muestreo*, CECSA, México, 513 pp.

Russel, J S, Jaselskis, E J and Lawrence, S P (1997) Continuous Assessment of Project Performance. *Journal of Construction Engineering Management* (Reston), Vol. 123, No. 1, pp. 64-71.

Isidore, L J and Back, W E (2002) Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration. *Journal of Construction Engineering Management*,t (Reston), Vol. 128, 2002, No. 3, pp. 211-219.

Moder, J. J., Phillips, C. R., and Davis, E. W. (1995) *Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming*, Blitz Pub Co, EEUU, 1995.